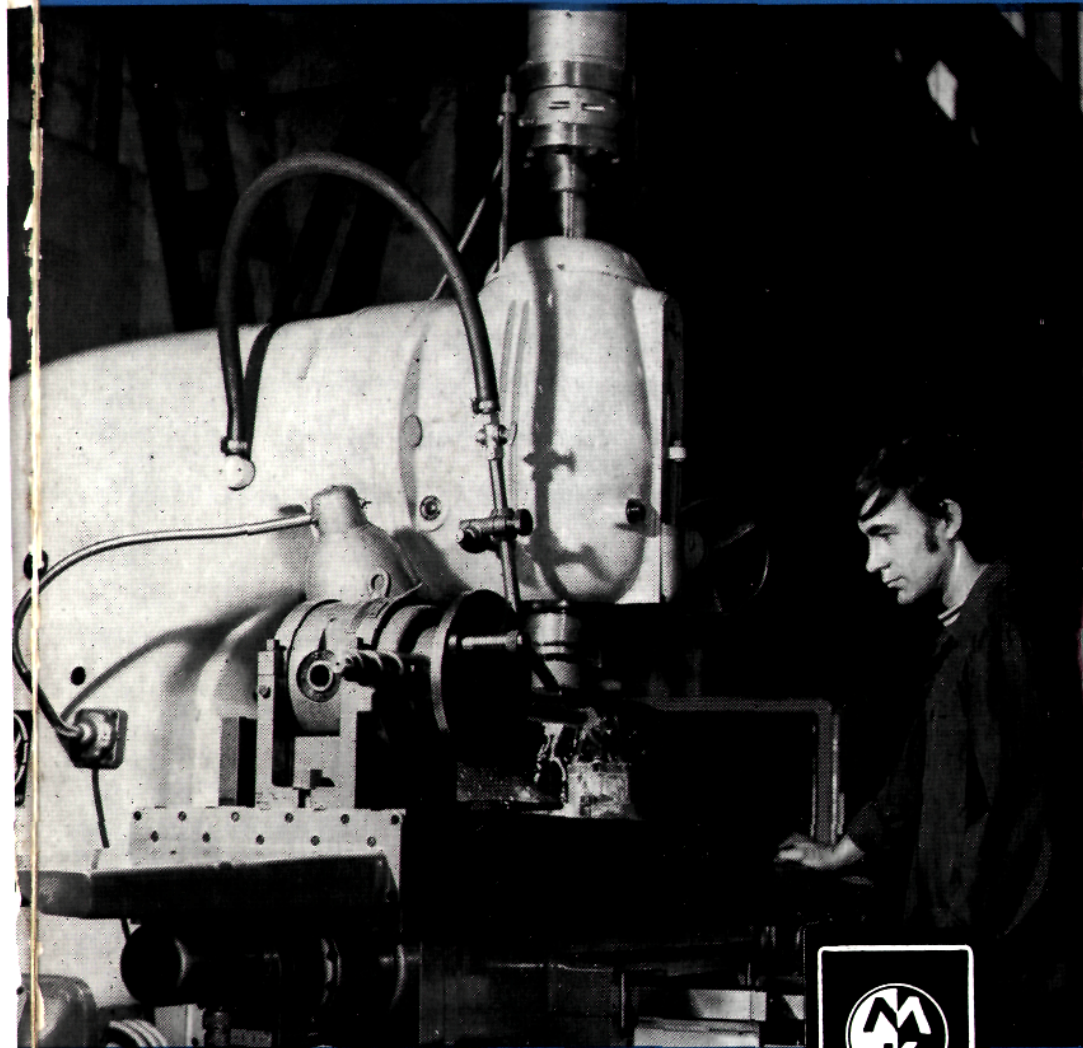


IPARI SZAKKÖNYVTÁR



Dr. Hornung Andor

MARÁS



DR. HORNING ANDOR

MARÁS

IPARI SZAKKÖNYVTÁR

SZERKESZTŐ BIZOTTSÁG

HONT LÁSZLÓ

IZSÁK SÁNDOR

MOLNÁR JÁNOS

SZENTKÚTI KÁROLY

MŰSZAKI KÖNYVKIADÓ, BUDAPEST, 1974

DR. HORNUNG ANDOR

OKL. GÉPÉSZMÉRNÖK,

C. EGYETEMI TANÁR,

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK DOKTORA

MARÁS



MŰSZAKI KÖNYVKIADÓ, BUDAPEST, 1974

Szakmailag ellenőrizte
SZENTKÚTI KÁROLY
okl. gépészmérnök



179752

© Dr. Hornung Andor, 1974

ETO: 621. 914

ISBN 963 10 0467 8

Felelős kiadó: Solt Sándor igazgató

Felelős szerkesztő: Makk Attila okl. gépészmérnök

TARTALOMJEGYZÉK

Előszó	9
1. Alapfogalmak	11
1.1. Bevezetés	11
1.2. A forgácsolás általános ismertetése	18
1.3. A forgácsolóerők, a teljesítmény és a lemunkált anyagterfogat összefüggései	20
1.4. Forgácsoláskor fellépő rezgések	40
2. Marószerszámok	42
2.1. A marószerszámok kialakítása	42
2.2. A marószerszámok anyagai	51
2.2.1. Keményfém mint betétkésanyag	53
2.2.2. Gyorsacélból készült marószerszámok	57
2.3. A marók élezése	65
3. Marógépek	73
3.1. A fő- és mellékmozgás szerepe	73
3.2. A szerszám és a munkadarab felfogása a marógépre	76
3.3. Konzolos marógépek	85
3.4. Hosszmarógépek	89
3.5. Szerszámmarógépek	93
3.6. Osztófej	97
3.7. Megmunkálóközpontok	104
3.8. Fűrészgépek	106
4. Felfogó készülékek és tartozékok	110
4.1. Felfogó satuk	110
4.2. Leszorító készülékek	113
4.3. Különleges készülékek	116
4.4. Körasztalok	117
4.5. A marógépek tartozékai	118

5. Marás közben fellépő erők és forgácsolások	120
5.1. A palástmaró forgácsa	120
5.2. A homlokmaró forgácsa	125
5.3. Forgácsvastagság egyéb marási módok esetén	127
5.4. Forgácsolóerők és -teljesítmény meghatározása	130
5.4.1. Forgácsolóerő és -teljesítmény meghatározása palástmaráskor egyenes fog esetén	131
5.4.2. Forgácsolóerő és -teljesítmény meghatározása homlokmaráskor	141
5.4.3. Forgácsolóerő és -teljesítmény meghatározása szármaróval végzett maráskor	145
5.4.4. Forgácsolóerő és -teljesítmény meghatározása palástmaráskor, ferde fog esetén	148
5.5. Az élgeometria befolyása a forgácsolóerőkre	167
5.6. A forgácsolósebesség változásának befolyása a fő forgácsolóerőre, ill. a fajlagos forgácsolási ellenállásra	174
5.7. A fajlagos forgácsolási ellenállás értékei különböző szilárdságú acélokra	178
5.8. Különböző anyagok fajlagos forgácsolási ellenállása	186
5.9. A forgácsolóacél kopásának befolyása a fő forgácsolóerőre és a fajlagos forgácsolási ellenállásra	189
6. A megmunkált felületek minősége és mérése	194
6.1. A megmunkált felületek tulajdonságai	194
6.2. Felületi érdesség és alakhűség	195
6.3. Illesztések, tűrések	198
6.4. Mérés, mérőeszközök	203
6.5. Maráskor betartandó tűrések	216
6.6. A munkadarab és a szerszám ellenőrzése	218
7. Ráhagyás, bázisfelület, műveleti utasítás	219
7.1. A ráhagyás	219
7.2. A megmunkált felületek összefüggései, egymáshoz való viszonyuk	219
7.3. Kiindulás a megmunkáláshoz a marógép felfogó felületétől	221
7.4. Felfogás és leszorítás	227
7.5. Műveleti utasítás	231
8. A marás technológiai adatainak meghatározása	232
8.1. A forgácsolósebesség és a szerszám éltartamának összefüggése	232
8.2. A fogankénti előtolás és a forgácsolósebesség megválasztása tapasztalat alapján	242
8.3. Az anyagminőség befolyása az éltartamra	243
8.4. A forgácsolósebesség és az éltartam meghatározása	244

8.5. A marógép teljesítményének kihasználása	252
8.5.1. A hátkopás és az előtolás szerepe a gépteljesítmény növekedésében	252
8.5.2. A h_k tényleges közepes forgácsvastagság meghatározása	269
8.5.3. A palástmarók jellemző adatai és a marási szélességhez tartozó kapcsolási tényező	282
8.5.4. Homlokmarók jellemző adatai	287
8.5.5. Tárcsamarók jellemző adatai	293
8.5.6. Ujjmarók jellemző adatai	295
9. A marás gépi idejének kiszámítása	302
9.1. A palástmarás gépi ideje	302
9.2. A homlokmarás gépi ideje	304
9.3. A sarokmarás gépi ideje	306
9.4. Az alakmarás gépi ideje	308
9.5. A horonymarás gépi ideje	309
9.6. Forgómarás	310
9.6.1. Forgácsolakulási viszonyok forgómaráskor	312
9.6.2. A forgómarás erőviszonyainak kiszámítása és a gépi idő meghatározása	314
10. Megmunkálási példák	319
10.1. Palástmarás	319
10.1.1. Acél palástmarása gyorsacél szerszámmal	320
10.1.2. Öntöttvas palástmarása gyorsacél szerszámmal	325
10.2. Homlokmarás gyorsacél szerszámmal	331
10.2.1. Acél homlokmarása gyorsacél szerszámmal	331
10.2.2. Öntöttvas homlokmarása gyorsacél szerszámmal	336
10.3. Homlokmarás keményfém betétkéses marófejjel	341
10.3.1. Acél homlokmarása keményfém betétkéses marófejjel	341
10.3.2. Öntöttvas homlokmarása keményfém betétkéses marófejjel	350
10.4. Sarokmarási példák	352
10.5. Alakmarási példák	360
10.6. Horonymarási példák	365
10.7. Példák a termelékenység növelésére	372
Irodalom	379

ELŐSZÓ

Gépgyártásunkban igen sok felületet munkálunk meg marással, a marógépek kihasználási foka azonban általában alacsony. Ennek oka, hogy a maróval, a többélű szerszámmal végzett forgácsolás igen bonyolult. Gépgyártó üzemünk szemléletében még mindig az esztergálás áll előtérben, egyrészt mert megszokták, hogy technológiájukban az esztergálás a főtenyező, másrészt, mert az esztergáláskor fellépő erők egyszerűen kezelhetők, így aránylag kevés gyakorlattal is eredményt lehet elérni.

Ez a szemlélet az üzemekben addig nem jelentett komolyabb kárt, amíg viszonylag kevés volt a marási munka. A nem gazdaságos eredmények akkor jelentkeztek, amikor a marást is sorozatban és nagy tömegben kellett elvégezni. Ez még fokozódott, amikor megjelentek a nagy síkfelületek megmunkálására alkalmas, homlokmarással dolgozó hosszmarógépek. Ezek szinte teljesen kiszorították a kevésbé termelékeny gyalugépeket.

Ezért a korszerű üzemből elengedhetetlen, hogy képzett és begyakorolt, a marás minden fortélyát és a szerszámélezést jól ismerő technológusok irányítsák a gyártás menetét. Ez teszi lehetővé a marógépek és szerszámok jó kihasználását, egyúttal a termelékenység növelését és a szerszámköltségek ésszerű határokon belüli tartását.

E könyv célja, hogy az e téren található hiányosságokat a lehetőség szerint megszüntesse, feltárja a marás „titkait” és ezáltal a *technológiai szemléletet kitűzött céljának megfelelően kibővítsé.*

E cél megvalósítása érdekében felhasználtam a *Pattantyús Gépészeti kézikönyv 5. kötetének „Forgácsolás”* fő fejezetét, *Hornung: Gazdaságos marás* és *Makádi: Fémek marása* című könyvét. A 3. fejezet: *Marógépek* anyagát *Szentkúti Károly* lektor bocsátotta rendelkezésemre.

A könyv megírásakor azt a célt tartottam szem előtt, hogy a marás során fellépő erők és teljesítmények kiszámításakor a négy alaplóművelten és a szögfüggvények ismeretén kívül a felhasználóknak ne kelljen bonyolult számításokat végezni. Ezért az eredmények diagramokból olvashatók le, minden számítás nélkül.

A szakirodalomban, a *Gazdaságos maráson* kívül, ez az egyetlen ma-

rással foglalkozó technológiai könyv, amely tárgyalja a szerszámkopás következtében megnövekedett forgácsolóerő és -teljesítmény jelenségeit, továbbá a keményfémbetétkéses homlokmaró alkalmazása során a forgácsolósebesség befolyását a forgácsolóerőre acél marásakor.

A könyvben ismertetett számítási mód viszonylagos egyszerűsége mellett alkalmas a marási művelet számítógépes előkészítésére is.

Kérem Olvasóimat, hogy munkájuk jobb elvégzése érdekében e könyvet olyan szeretettel fogadják, mint amilyen odaadással állítottam össze az anyagot a problémák megvilágítása érdekében.

Végül köszönetemet nyilvánítom *Szentkúti Károly* lektornak, a már említett anyag rendelkezésemre bocsátásáért, valamint azért, hogy *hasznos tanácsaival és támogatásával segítségemre volt az anyag összeállításában.*

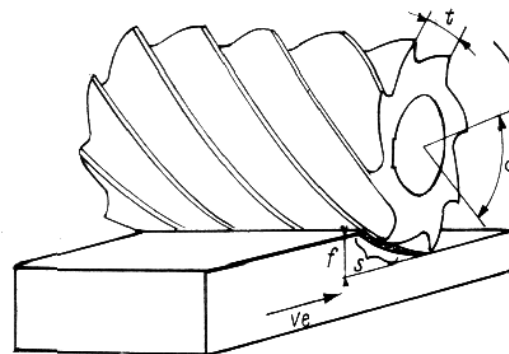
Dr. Hornung Andor

1. ALAPFOGALMAK

1.1. Bevezetés

Az esztergálás és fúrás után a gépiparban leggyakrabban alkalmazott és legsokoldalúbb forgácsoló megmunkálási mód a marás, mert a leg-egyszerűbbtől a legváltozatosabb felületek előállítására alkalmas.

A termelékenység szempontjából igen fontos ennek a meglehetősen bonyolult műveletnek alapos megismerése. Jelenleg az iparilag fejlett országokban végzett felmérések is azt bizonyítják, hogy a marógépek hajtómotor-teljesítményének kihasználása alig éri el a 15%-ot. Magyarországon e tekintetben még kedvezőtlenebb a helyzet. Fontos tehát a maráskor fellépő jelenségek alapos megismerése, hogy a marógépek teljesítőképességét és a szerszámokat jobban kihasználhassuk. Ezáltal a művelet termelékenységét a többszörösére növelhetjük.



1. ábra. Síkmarás palástmaróval:
s vessző alakú forgácsív hossza

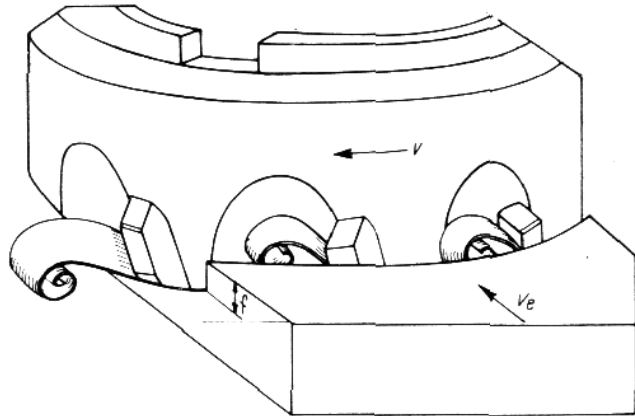
A marás termelékeny művelet, mert a szerszám egyszerre több éllel dolgozik, sőt az új, korszerű szerszámanyagokkal (pl. keményfém) a termelékenységet a többszörösére lehet növelni.

A marás sokoldalúságát a következő ábrák szemléltetik. Az 1—6. ábrákon a marás általánosan alkalmazott műveletei láthatók.

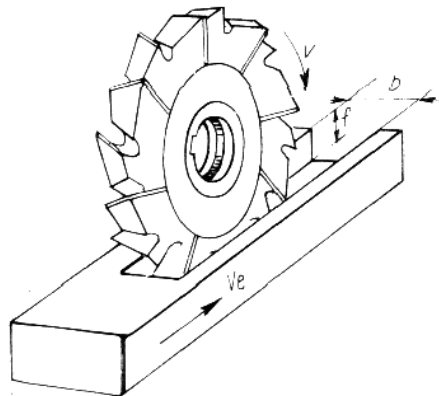
A 7. ábrán bonyolult marási műveletek láthatók. A 7a ábrán vezető-

horony marását látjuk hengerfelületen ujjmaróval. Ilyen hornyokat használnak különböző automatákon a vezérlések megoldására.

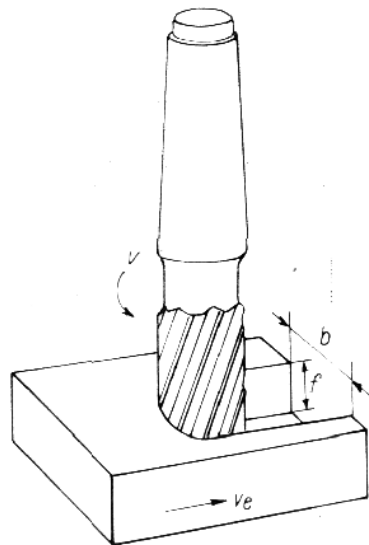
A 7b ábrán látható, hogy mi módon lehet a maró szögének a merőlegestől való döntésével egyenes alkotójú konkáv felületet készíteni homlokmaróval. A felület metszete ellipszis ív lesz.



2. ábra. Homlokmarás keményfémbetétes marófejjel

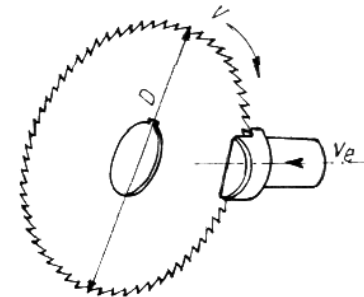


3. ábra. Horonymarás keresztfogazású tárcsamaróval

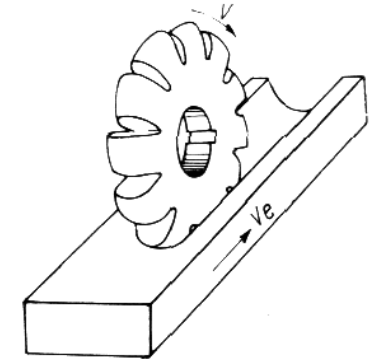


4. ábra. Horonymarás szármaróval

A 7c ábrán a homlokmarót döntve, a munkadarab forgástengelyétől kimozdítva állítjuk be, és a munkadarab elforgatásával ellipszis ív metszetű forgásfelületet állítunk elő.



5. ábra. Hasítékmárás fűrész tárcsával



6. ábra. Félkör alakú vajat marása alakmaróval

A 7d ábrán a süllyesztékmárás látható. A süllyeszték üregeit a termelékenység növelése céljából rendszerint másoló eljárással készítik. Ekkor a háromdimenziós másológép tapintója követi a minta üregét és ennek megfelelően vezérli a marószerszámot.

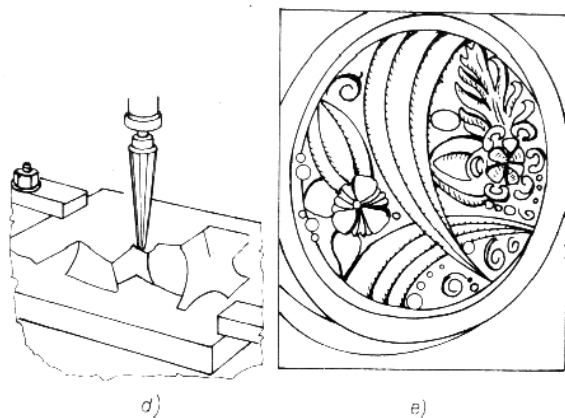
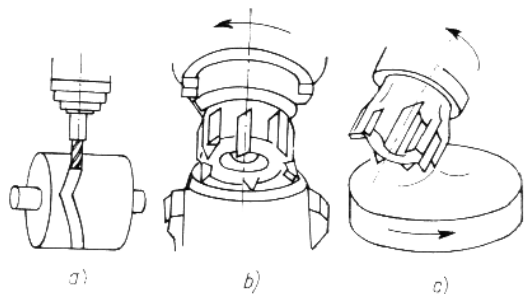
A 7e ábrán gravírozással készített díszes minta látható különféle használati tárgyakhoz és dísz tárgyakhoz. A gravírozás szintén marási művelet, amelyet kis átmérőjű és igen gyorsan forgó szerszámmal végeznek.

Itt csak néhány jellemző példát mutattunk be a marásra, mert a gyakorlatban számtalan változatával találkozunk.

A marás fő jellemzője, hogy többélű forgó mozgást végző szerszámmal dolgozik és a forgácsoló főmozgást maga a szerszám végzi. A forgácsleválasztás végett a forgácsoló főmozgáson kívül még forgácsoló mellékmozgásra is szükség van. Ezt legtöbbször a marógép asztalára felfogott munkadarab végzi, de vannak olyan megoldások is, amikor a szerszám, ill. a szerszámfej végzi a mellékmozgást is.

Síkfelületek készítésekor a maró forgástengelye vagy párhuzamos a megmunkálandó síkfelülettel, vagy arra merőleges. Az első változatot *palástmarásnak* nevezzük (1. ábra), a másodikat *homlokmarásnak* (2. ábra). Az első esetben fogásvétel céljából a megmunkálandó felület és a vele párhuzamos marótengely közötti távolságot a fogásmélység mértékével csökkentjük. Ekkor a maró palástfelülete rendszerint hosszabb, mint a megmunkálandó síkfelület és a maró palástjának hosszabb része dolgozik.

Ha homlokmaráskor a marót saját tengelyére merőlegesen mozgatjuk, a maró homlokfelületével a megmunkálandó síkfelület irányában halad. Ekkor tehát a maró palástjának a homlokfelület melletti rövid



7. ábra. Bonyolult marási műveletek:

a vezetőhorony marása hengerfelületen; b konkáv felület marása egyenes alkotóval; c konkáv forgásfelület marása; d sülyesztékmárás; e gravírozó marással készített díszes forma

része dolgozik. A fogást a maró tengelye irányában vesszük. Ezt a beállító mellékmozgást rendszerint a maró álló helyzetében hajtjuk végre.

A forgácsleválasztás létrehozására szolgáló mellékmozgásnak mindenkor a maró forgása közben kell működnie. Ezt a mellékmozgást nevezzük *előtoló mellékmozgásnak* vagy röviden *előtolásnak*.

Homlokmaráskor és palástmaráskor egyaránt a maró paláston elhelyezkedő élei végzik a forgácsleválasztást, de míg palástmaráskor a palástélek a síkfelület teljes hosszában dolgoznak, addig homlok-

maráskor a palástélek csak a fogásmélységnek megfelelő hosszúságban forgácsolnak. A síkfelület szélességét ez esetben a homlokmaró átmérője éri át.

A homlokmaró homlokélei csak abban az esetben forgácsolnak, ha a fogásvétel forgó maró esetében a maró tengelyének az anyagba való behatolásával jön létre. A fogásmélység elérése után bekapcsolják az előtoló mellékmozgást, és ilyenkor rendszerint a maró átmérőjének szélességében jön létre a forgácsleválasztás (pl. valamely tengelybe ék-hornyot marunk).

De ezek megint csak a fő marási munka jellemzői, mert a bonyolult felületek előállításakor a marótengely és a megmunkálandó felület nemcsak merőleges és párhuzamos lehet, hanem igen különböző szöveget is zárhat be.

A marási művelet másik jellemzője, hogy a maróél által leválasztott forgács vastagsága változó. Amikor a palástmaró éle az előtoló mellékmozgás következtében a vele ellentétes irányban mozgó anyagba behatol, akkor kezdetben a forgácsvastagság nulla. Mielőtt azonban a maróél a fogásmélység felső széléhez közeledik, a forgácsvastagság fokozatosan növekszik, és létrejön a marásra jellemző *vessző* vagy *bajusz alakú* forgács (1. ábra).

Homlokmaráskor, ha a maró teljes átmérszélességben dolgozik, a maróél akkor is nulla forgácsvastagsággal kezd az anyagba behatolni. Félátméternél, azaz a marási szélesség felénél a legnagyobb a forgácsvastagság, és a teljes szélességnél újra nulla.

Ha homlokmaráskor a maró átmérője nagyobb, mint a marandó síkfelület szélessége, akkor a maróél már bizonyos, a geometriai viszonyokkal meghatározott forgácsvastagsággal lép be az anyagba. Innen a forgács fokozatosan vastagodik az előtolómozgás és a marótengely metszsvonaláig. Utána fokozatosan csökken a forgácsvastagság, és a maróélnak az anyagból való kilépésekor eléri a legkisebb vastagságot.

Az itt elmondottak is a marási munka sokrétűségét jellemzik, ezek alapján ítéljük majd meg a marási munkát, ezek döntenek majd el, hogy melyik marási mód a gazdaságosabb és termelékenyebb.

A marási technológia alapelve: *ha a cél az időegység alatti legnagyobb anyaglemunkálás, akkor mindig a lehető legvastagabb forgácsleválasztással kell dolgozni. Ez a legtermelékenyebb eljárás.*

A vastag forgács azonban növeli a felületi érdességet. Tehát *ha kis érdességű felületet kell előállítani, akkor csökkenteni kell a forgácsvastagságot. Ez a szempont döntő mértékben határozza meg a technológiát.* Ha adva van a leválasztandó forgácstérfogat és a betartandó felületi érdesség, akkor pontos számítással kell eldönteni, hogy melyik a gazdaságosabb: nagy fogásvétellel elvégzett nagyolás és utána kisebb fogásmélységgel és kisebb előtolósebességgel végzett simító fogás vagy kisebb

előtolással végzett egyetlen fogásvétel, amellyel még megfelelő felületi érdességet kapunk.

Végül meg kell jegyezni, akármelyik megoldást is választjuk, a legkedvezőbb eredményeket minden esetben pontosan futó, tehát ütés nélküli maróval érhetjük el.

Ha csak egy-egy marási munkát kell végezni, akkor hosszadalmas számítás nem gazdaságos, mert mint mondani szokás: „Többe kerül a leves, mint a hús”. De ha sorozatgyártásról van szó, akkor a művelettervező technológusnak részletes számítással kell meghatároznia a művelet legkedvezőbb technológiai adatait.

A marásnál használt fogalmak és jelölésük:

v	forgácsolósebesség, m/min (1. ábra)
e_1	fogankénti előtolás, mm/fog
v_e	előtolás sebessége, mm/min (1. ábra)
f	fogásmélység, mm (1. ábra)
n	fordulatszám, 1/min
d	munkadarab átmérője, mm
D	szerszám átmérője, mm (5. ábra)
F	forgácsolóerő, kp
F_x	valamely időponthoz tartozó forgácsolóerő, kp
F_k	közepes forgácsolóerő egy marófogon, kp
F_k^{\sim}	állandóan hatónak feltételezett közepes forgácsolóerő több fogra vonatkoztatva, kp
P_f	forgácsolásra fordított teljesítmény, kW (éles szerszám esetén)
$P_{f,d}$	forgácsolásra fordított teljesítmény a megengedett hátkopási értéknél, kW
h	forgácsvastagság, mm
h_k	közepes forgácsvastagság az előtolás irányában, mm
h'_k	tényleges közepes forgácsvastagság, mm
h_n	legnagyobb forgácsvastagság, mm
h_b	belépési forgácsvastagság homlokmaráskor, mm
h_t	távozási (kilépési) forgácsvastagság homlokmaráskor, mm
q	forgácskeresztmetszet, mm ²
V	forgácstérfogat, cm ³ /min
V_f	fajlagos forgácsteljesítmény, cm ³ /kW min
k	fajlagos forgácsolási ellenállás, kp/mm ²
k_x	valamely időponthoz tartozó fajlagos forgácsolási ellenállás, kp/mm ²
s	forgácsív hossz, mm (1. ábra)
t	fogosztás (1. ábra)

z	fogszám
F_b	belépési forgácsolóerő homlokmaráskor, kp
F_t	távozási (kilépési) forgácsolóerő homlokmaráskor, kp
F_{max}	legnagyobb forgácsolóerő egy fogon, kp
g	a ferdefog vetülete palástmaráskor, mm
g_r	fogásban levő ferde fogrész vetülete palástmaráskor, mm
g_{r1}	fogáson kívüli ferde fogrész vetülete palástmaráskor, mm
α	hátszög
β	ékszög
γ	homlokszög
τ	l mellékél elhelyezési szöge; 2 csavarófeszültség, kp/mm ²
κ	elhelyezési szög
ω	fogferdeségi szög
φ	forgácsívszög
δ	fogosztásszög (1. ábra)
ψ	kapcsolási tényező
η	hatásfok
b	marási szélesség, mm (4. ábra)
l	fogásban levő élvonalhossz, mm
p_k	közepes élvonalnyomás, kp/mm
p_{max}	legnagyobb élvonalnyomás, kp/mm
T	éltartam, min
$K_{\kappa F}$	a κ elhelyezési szög helyesbítő tényezője a fő forgácsolóerő számításához
γ	a γ homlokszög helyesbítő tényezője a fő forgácsolóerő számításához, %
sz	a marófogon megengedhető élszalagszélesség, mm
K_{da}	a hátkopás következtében beálló forgácsolóerő, ill. teljesítménynövekedés tényezője acél megmunkálásakor gyorsacél szerszámmal
$K_{da'}$	a hátkopás következtében beálló forgácsolóerő-, ill. teljesítménynövekedés tényezője acél megmunkálásakor keményfémrel
$K_{d\delta}$	a hátkopás következtében beálló forgácsolóerő-, ill. teljesítménynövekedés tényezője öntöttvas megmunkálásakor, gyorsacél szerszámmal
$K_{d\delta'}$	a hátkopás következtében beálló forgácsolóerő-, ill. teljesítménynövekedés tényezője öntöttvas megmunkálásakor, keményfém szerszámmal
K_m	a forgácsolóerő helyesbítő tényezője acélra, a szakítószilárdság függvényében
K_{av}	a forgácsolósebesség helyesbítő tényezője a megmunkálandó anyag Brinell-keményiségének függvényében
s_r	a ráfutási út hossza palástmaráskor, mm



1.2. A forgácsolás általános ismertetése

A fémek végső alakját, az öntésen kívül, általában forgácsnélküli vagy forgácsoló alakítással adják meg. A forgácsnélküli alakítást melegen vagy hidegen végzik.

Forgácsnélküli alakításkor általában kevés anyagvesztéssel dolgoznak, a költségnövelő hatás a darabolásból és melegalakításkor a felmelegítés költségeiből származik.

Forgácsoláskor a munkadarab végleges alakját úgy adjuk meg, hogy a kiinduló anyagból a felesleges anyagot forgács formájában eltávolítjuk.

A forgácsoláshoz igen sokféle gép áll rendelkezésünkre. A gépiparban általában forgácsoló szerszámgépekkel dolgoznak. Világviszonylatban nagy általánosságban a forgácsoló szerszámgépek száma négyszerese a forgácsnélküli fémalakító szerszámgépekének.

A forgácsoló szerszámgépek nagyobb része szabályosan kialakított szerszámokkal dolgozik. Ezek lehetnek egyélű, kétélű, többélű és sokélű szerszámok. Szabálytalan sokélű forgácsolószerszám pl. a köszörűkorong, a dörzscsiszoló rúd stb. Ezeket az jellemzi, hogy igen sok és igen vékony forgácsokat választanak le.

Maráskor általában szabályosan kialakított többélű szerszámmal dolgozunk. Az ilyen szerszámok jellemzője, hogy munka közben a szabályosan kialakított élék kopnak, ennek következtében változik a megmunkált felület minősége, a forgácsolásra fordított erő és teljesítmény. Ezért az ilyen szerszámokat meghatározott — munkában töltött — idő után újra kell élezni.

A szabályos élű forgácsolószerszámok munkában töltött idejét az újraélezésig *éltartamnak* nevezzük. A megengedett kopás mértéke, vagyis amikor a szerszámot újra kell élezni, az alkalmazott művelettől függ. Nagyoló művelet esetén, amikor az időegység alatt minél nagyobb anyagterefogatot akarunk lemunkálni, nagyobb kopási érték engedhető meg, mert ekkor a megmunkált felület minősége nem lényeges. Ezzel szemben simító megmunkáláskor, amikor pontos méretet kell betartani és előírt felületi minőséget létrehozni, jelentősen kisebb a megengedhető kopás mértéke.

A szerszám éltartama annál rövidebb, vagyis annál hamarabb éri el a megengedett kopás mértékét, minél nagyobb a forgácsolósebesség és minél nagyobb munka közben a forgácsvastagság, amelyet a szerszám éle leválaszt. Az éltartam ezenkívül igen nagy mértékben függ még a megmunkáló szerszám anyagától. A keményfém pl. nagyobb keménysége és melegszilárdsága következtében sokkal éltartóbb, mint a gyorsacél. Ez utóbbi viszont nagyobb éltartósságú a szénacélnál.

Az éltartósság függ még az élkiképzés finomságától is. A finomélű szerszámok éltartóbbak, mint a durvaélűek.

A fenti szabályok csak akkor nem érvényesek, ha a beállított forgácsvastagság igen kis értékű. Tudniillik még a legfinomabban élezett forgácsolóél sem abszolút éles, mert az élnek erős nagyítás alatt mindig van bizonyos lekerekítési sugara. Ez az élezés minőségétől és a szerszám anyagától függően csak pár μm , de elérhet tized mm-es nagyságrendet is. Könnyű belátni: ha a forgácsvastagság kisebb, mint az él lekerekítési sugara, akkor a szerszám éle nem tud behatolni munka közben az anyagba, és a szerszám forgácsleválasztás nélkül kopik.

A szerszámélnak az anyagba történő behatolása még a forgácsolósebességtől is függ. Minél nagyobb a forgácsolósebesség, annál könnyebben hatol be még nagyobb lekerekítésű sugárral is a szerszám éle az anyagba. Jó példa erre a köszörülés, amikor a viszonylag nagyobb lekerekítésű sugarú köszörűszemcse csúcsa igen kis forgácsleválasztással hatol be a munkadarabba.

Forgácsoláskor le kell győzni a forgács leválasztásakor fellépő ellenállást. Ez annál nagyobb, minél nagyobb a leválasztandó forgács keresztmetszete, minél nagyobb a megmunkálandó anyag keménysége. A fémek forgácsolásakor fellépő ellenállást az anyag alakváltozására fordított nyíróerő és a forgácsnak a szerszám felületein fellépő súrlódási ellenállása okozza.

Mind az alakváltozási munka, mind a súrlódási munka leküzdése hőfejlődéssel jár. Ez okozza, hogy forgácsoláskor a munkadarab, a szerszám és a forgács igen jelentősen felmelegszik. A fejlődött meleg legnagyobb része a forgáccsal távozik. Ezért látunk még vastagabb forgácson is olykor vörösizzást is, sőt ha keményfémrel igen nagy sebességgel vékony (legfeljebb 0,1 mm) forgácsot választunk le, akkor előfordul, hogy a forgács világos izzó állapotba kerül.

A forgácsoláskor keletkezett hőmérséklettel számszerűen a forgácsolási gyakorlatban nem szoktunk foglalkozni, csupán tudomásul vesszük létezését és megfelelő hűtéssel gondoskodunk elvezetéséről. *Annál fontosabb a forgácsoláskor fellépő erő és teljesítmény, mert ezek szabják meg számszerűen is, hogy szerszám gépünk hajtására mekkora teljesítmény kell.* Ez azért fontos, mert ha a gépet túlterheljük, törés következhet be, vagy leég a motor. Ha viszont nem használjuk ki a gép teljesítőképességét, akkor munkánk nem gazdaságos.

A marás meglehetősen bonyolult forgácsolási művelet, amelynél nem elegendő egy szerszámélen fellépő erőnek a meghatározása, hanem meg kell határozni több fog együttműködések fellépő erőket. Ez utóbbi a gyakorlatban kevésbé ismert, pedig ezek ismerete nélkül a marási munka nem áttekinthető, és így a berendezés nincs kihasználva.

1.3. A forgácsolóerők, a teljesítmény és a lemunkált anyagterfogat összefüggései

Még nem járt sikerrel a kutatóknak az a törekvése, hogy a forgácsoláskor fellépő erőhatásokat, különösen a teljesítmény meghatározására alkalmas fő forgácsolóerőt elméleti megfontolásokkal meg lehessen határozni. Ezért e téren tapasztalati adatokra és tapasztalati képletekre vagyunk utalva. Ez azt jelenti, hogy kísérleti adatokból levezetett képletek segítségével határozzuk meg a forgácsolóerőket. E képletek felhasználásakor igen gondosan kell eljárni, hogy olyan adatokat vegyünk figyelembe, amelyek a megoldandó feladat feltételeinek megfelelnek.

A valóságban a forgácsolóerők igen sok tényezőtől függenek. A továbbiakban egyelőre csak a fő forgácsolóerő meghatározására kívánunk foglalkozni, mert annak a forgácsolósebességgel való szorzata adja meg a forgácsolásra fordítandó teljesítmény értékét. Azzal is tisztában kell lennünk, hogy az ilyen tapasztalati képletekből kapott értékek megközelítőek és bizonyos tűrési határokon belül érvényesek. A következőkben ismertetett módszer igen jó megközelítéssel használható.

A fő forgácsolóerő 12 változótól függ, és természetesen ennyi változóval nem tudunk számolni. Ezért bizonyos egyszerűsítéseket vezetünk be.

A fő forgácsolóerő változói esztergáláskor mint kiinduló megmunkáláskor a következők:

1. a szerszám anyagminősége;
2. a forgácsolósebesség, m/min;
3. a munkadarab anyagminősége;
4. kísérletileg nyert együttható az elhelyezési szög változásának függvényében, amely a megmunkálandó anyaggal változik;
5. kísérletileg kapott együttható a homlokszög változásának függvényében, mely a megmunkálandó anyagtól is függ;
6. kísérletileg nyert együttható, mely változik a megmunkálandó anyagtól is, a terelőszög függvényében;
7. a mellékél-elhelyezési szögének a változását jellemző tényező. A szög és az előtolás növelésével csökken a leforgácsolandó keresztmetszet;
8. a csúcsgugár. Ez is függ az előtolástól és a fogásmélységtől;
9. a szerszám kopása;
10. a hűtő-kenőfolyadék;
11. a tárgyfordulatonkénti előtolás, mm/ford;
12. a fogásmélység, mm.

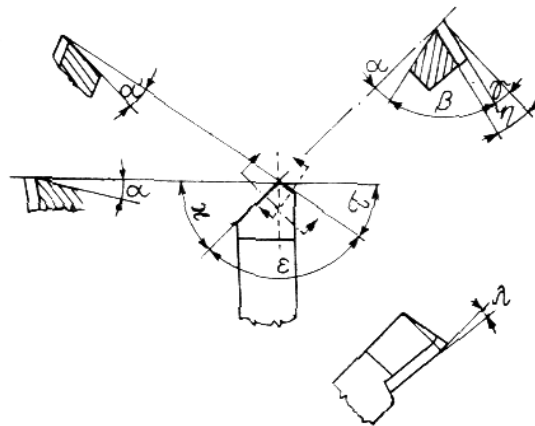
Mint látható, a fő forgácsolóerő meghatározása már az egyszerű esztergáláskor is elég bonyolult, amely a többi forgácsolási eljárások

során — amelyek bonyolultabbak az esztergálásnál — még bonyolultabb lesz.

Általában a fogásmélység és előtolás szorzata megadja a lemunkálandó forgácskeresztmetszetet. Ezt el szokták fogadni, és csak akkor van szükség helyesbítésre, ha a fogásmélység kicsi, az előtolás viszonylag nagy, és a mellékél-elhelyezési szög is nagy értékű.

A különböző kutatók a fő forgácsolóerőt a fogásmélység és előtolás törtkitevőjű hatványainak a szorzatával és az anyagminőséget jellemző állandóval szokták megadni. Ezek a képletek azonban rendszerint csak akkor használhatók, ha $f/e > 4$, vagyis ha a csúcsgugár és a fogásmélységhez viszonyított előtolás nem túl nagy. Ekkor elfogadható, hogy $ef = q$ forgácskeresztmetszettel.

A másik helyesbítés, hogy nem a fogásmélység és az előtolás a jellemző a forgácskeresztmetszetre, ill. a fő forgácsolóerőre, hanem a forgács vastagsága és a forgács szélessége. Ezt igazolja az a kísérlet, amikor nagy előtolásos simító megmunkálást végzünk. Ez esetben az előtolás



8. ábra. Az esztergakés mint jellegzetes egyélű forgácsolószerszám:

α hátszög; α' mellékél-hátszög; α_r csúcsgugár-hátszög; β ékszög; γ homlokszög; ϵ csúcsgugár; η fészekszög; ξ elhelyezési szög; λ terelőszög (pozitív); τ mellékél-elhelyezési szög; r csúcsgugár

sokszorosa a fogásmélységnek. Ha ezt a nagy számot emeljük viszonylag kis értékű tizedestört-hatványra és az igen kis értékű fogásmélységet az egységhez közel álló vagy éppen az első hatványra, akkor a választott viszonyoknak megfelelően 25...30%-kal nagyobb értéket kapunk, mintha a forgács méretének nagyobb értékét vesszük egységnek, és a kisebbik értékét emeljük kisebb törtkitevőjű hatványra.

Ezt a következő példa igazolja. Ha a kését úgy alakítjuk ki, hogy egyéb jellemzőivel ne befolyásolja a forgácsolóerőt, és akár kis előtolással és nagy fogásmélységgel dolgozva, akár fordítva ugyanazokat a viszonyokat kapjuk, akkor a kés jellemzői (8. ábra): elhelyezési szög $\alpha=90^\circ$; homlokszög $\gamma=0^\circ$; mellékél elhelyezési szöge $\tau=0,5\dots 1^\circ$. Ha azt a helyesen értelmezett tapasztalati képletet használjuk, amelyben a fogásmélységgel, ill. a forgács szélességgel arányosnak vesszük a fő forgácsolóerőt, és az előtolást, ill. a forgácsvastagságot emeljük 0,75 hatványra, akkor a fő forgácsolóerő bizonyos acélra:

$$F_z = 183fe^{0,75} \text{ kp.} \quad (1.1)$$

Behelyettesítve $f=3 \text{ mm}$ és $e=1 \text{ mm/ford}$ értékeket, $F_z=549 \text{ kp}$ fő forgácsolóerőt kapunk.

De ha ugyanezzel a késsel $f=1 \text{ mm}$ és $e=3 \text{ mm/ford}$ adatokkal végzünk kísérletet, akkor a betűjel szerint $3^{0,75}=2,13$ értéket kapunk, és ebből a $F_z=389 \text{ kp}$ -re adódik a fő forgácsolóerő, ez pedig 28,6%-kal kisebb, mint az előbbi érték. Evvel szemben a kísérleti mérések mindkét esetben 549 kp fő forgácsolóerőt mutattak.

Ez kísérletileg igazolta, hogy akkor kapunk helyes eredményt, ha a forgács mindenkor vastagságát emeljük a kísérletileg megállapított törtkitevőjű hatványra, függetlenül attól, hogy ez az előtolásból vagy a fogásmélységből adódik. A példánknál mindkét esetben a forgácskeresztmetszet $q=3 \cdot 1=1 \cdot 3=3 \text{ mm}^2$ volt, a forgácsolási viszonyok mindkét esetben teljesen azonosak, miért lenne különbség a fő forgácsolóerők között, ha az előtolás a nagyobb és a fogásmélység a kisebb vagy fordítva.

Ebből következik a fő forgácsolóerő képlete:

$$F_z = 183ab^{0,75} \text{ kp,} \quad (1.2)$$

ahol b a forgács beállított (alakváltozást nem szenvedett) vastagsága és a a forgács beállított (alakváltozást nem szenvedett) szélessége.

Ezzel a módosítással a fő forgácsolóerő képletéből a 4., 7. és 8. változót kiküszöböltük. Ez azonban csak akkor ad jól megközelítő értéket, ha $f/e > 4$, és a csúcsgugár értéke a fogásmélységhez képest elhanyagolható.

A gyakorlatban nem mindig dolgoznak egyenes élű esztergákéssel, amelyekre, ha $\alpha \neq 90^\circ$, akkor érvényes: $b=e \sin \alpha$ és $a=\frac{h}{\sin \alpha}$ összefüggés. Az eltérő esetekben számításainkban a közepes forgácsvastagsággal számolunk és ekkor a forgácskeresztmetszetre vonatkozó összefüggés:

$$q = ef = ab = h_k l \text{ mm}^2, \quad (1.3)$$

ahol h_k az alakváltozást nem szenvedett forgács közepes vastagsága és l a fogásban levő élvonalhossz, ill. a forgács szélessége, mindkettő mm-ben.

Az (1.1) képlet megfelel a szovjet eredetű fő forgácsolóerő képletének, de szabványban lefektetett $\alpha=45^\circ$ -os kés esetében, ezért állandó értéke eltér az (1.1) képletben megadottétól, mert vékonyabb forgácsra vonatkozik.

A fajlagos forgácsolási ellenállás fogalma. A fő forgácsolóerő értékének meghatározására, valamint a különféle fémforgácsoló módszerek hatékonyságának összehasonlítására igen célszerű a fajlagos forgácsolási ellenállás bevezetése, amelyet fajlagos forgácsolóerőnek is neveznek. E kifejezésen az az ellenállás (erő) értendő, amelyet valamely forgácsolási módszer során bizonyos feltételek mellett le kell győzni 1 mm^2 forgácskeresztmetszetre számítva. Ennek értéke jellemző bizonyos forgácsolási módszerre a megszabott feltételek között.

A k fajlagos forgácsolási ellenállás képlete:

$$k = \frac{F_z}{q} = \frac{F_z}{ef} = \frac{F_z}{ab} = \frac{F_z}{h_k l} \text{ kp/mm}^2. \quad (1.4)$$

Az (1.1) képletből a k -ra igen egyszerű összefüggést kaphatunk:

$$k = \frac{F_z}{q} = \frac{C e^{0,75} f}{ef} = \frac{C}{e^{0,25}} \text{ kp/mm}^2. \quad (1.5)$$

A C a megmunkálandó anyagra jellemző állandó. A képlet igen fontos megállapítást tartalmaz, nevezetesen, hogy a fajlagos forgácsolási ellenállás jelen értelmezésében csak az előtolástól függ, tehát ha a forgácsolás körülményei meghatározottak, és ismert az anyag C jellemzője, akkor bármely fogásmélység és előtolás mellett k segítségével kiszámíthatjuk a fő forgácsolóerőt.

Az (1.1) és (1.3) képlet között gyakorlatilag nincs lényeges eltérés, csak az (1.5) képletet olyan értelmezésben kell felírni, hogy egész általánosságban a k a közepes forgácsvastagság függvényében szerepeljen. Így bármilyen késsel forgácsolunk, a geometriai viszonyokból mindig meghatározhatjuk a forgácsvastagságot vagy a közepes forgácsvastagságot, és ismervé az utóbbiakhoz tartozó C anyagjellemző állandót, bármely esetben kiszámíthatjuk a fő forgácsolóerőt vagy a forgácsolásra fordítandó teljesítményt.

Így tehát jogos az a feltételezés, hogy a fajlagos forgácsolási ellenállás értéke az anyagjellemző ismeretén kívül csak a forgácsvastagságtól, ill. közepes forgácsvastagságtól függ.

Eddig csak a fő forgácsolóerő meghatározásával foglalkoztunk, de ha a fő forgácsolóerőt megszorozzuk a forgácsolósebességgel, és elosztjuk bizonyos állandóval, megkapjuk a forgácsolásra fordítandó tiszta teljesítményt.

Az ezzel kapcsolatos összefüggések:

$$F_z = kq = kef \quad \text{kp}; \quad (1.6)$$

$$efv = V \text{ cm}^3/\text{min}. \quad (1.7)$$

Forgácsoláskor a szerszám élén a teljesítményfelvétel vagy tiszta forgácsolási teljesítmény:

$$P_f = \frac{F_z v}{6120} = \frac{kefv}{6120} = \frac{kV}{6120} \quad \text{kW}. \quad (1.8)$$

Az (1.8) képlet bármely forgácsolási módszerre érvényes, és így igen egyszerű összefüggést kapunk, ha figyelembe vesszük a már előzőleg felsorolt 12 változót. Ez csak úgy vált lehetővé, hogy a *változók legnagyobb részét a k fajlagos forgácsolási ellenállásba tömörítettük*. Emellett természetesen szükségünk van a *C* anyagjellemző állandóra is, amely magába foglalja az anyagminőséggel kapcsolatos változókat.

Mint a fentiekből látható, ha ismerjük a *k* értékét és a *C* anyag-állandót, akkor megkapjuk a fő forgácsolóerőt, és ha ismerjük a *v* forgácsolósebességet, ez szorozva az F_z értékével, a forgácsolási teljesítményt is kiszámíthatjuk.

Mivel a *k* fajlagos forgácsolási ellenállás az anyagállandón kívül csak a forgácsvastagság függvénye, a különféle anyagokra is különböző megmunkálási módokra ezt az összefüggést kell meghatározni.

Mielőtt azonban ennek az ismertetésére rátérnénk, meghatározunk a gyakorlat számára egy fontos jellemzőt, a *fajlagos forgácsolásteljesítményt*. Ez azt *érzékelte*, hogy egy LE- vagy egy kW-teljesítménnyel egy perc alatt hány cm^3 anyagot tudunk adott körülmények között leforgácsolni:

$$V_f = \frac{4500}{k} \text{ cm}^3/\text{LE min}, \quad \text{ill.} \quad V_f = \frac{6120}{k} \text{ cm}^3/\text{kW min}. \quad (1.9)$$

Ezt az összefüggést az (1.8) képletből megkapjuk, ha a $P_f=1$ értéket írjuk be és az egyenletet $V=V_f$ -re megoldjuk.

A fajlagos forgácsolási ellenállás meghatározása. Ez az összefüggés sem állapítható meg elméleti úton, csak kísérletekkel. Bizonyos feltételek között meg kell mérni az F_z vagy P_f értékeit és az (1.2) vagy (1.9) képletből kiszámítani a *k* megfelelő értékeit.

Figyelembe kell venni, hogy ugyanazon anyag forgácsvastagsága, ill. közepes forgácsvastagsága a különféle megmunkálási módok esetében igen tág határok között változik, ezért a *k* értéke is igen változó lesz. Célszerű tehát a kapott értékeket kettős logaritmikusan beosztású diagramban ábrázolni.

Ezt a munkát végezte el szerző részint a saját kísérletei, részint más kutatók megbízhatónak ítélt adatai alapján. A *k* értékét kiszámítva az egyes forgácsolási módokra, a kapott értékeket felvitte a 9. ábrán látható diagramra.

A (1.8) képlet a *k*-ra megoldva:

$$k = \frac{6120 P_f}{V} \quad \text{kp/mm}^2. \quad (1.10)$$

Ezek a *k* értékek szerepelnek a diagramban. Ezenkívül szükség volt még a forgácsvastagság, ill. közepes forgácsvastagság adataira is, hogy a diagram

$$k = \varphi(h_k) \quad (1.11)$$

alapján felrajzolható legyen.

A közepes forgácsvastagság a különféle forgácsolási módoknál a geometriai viszonyokból minden további nélkül kiszámítható.

A *k* értékeit a 9. ábra 75 kp/mm^2 szakítószilárdságú acélra határozza meg.

Esztérgáláskor a *k* értékeinek meghatározására a szerző a szovjet kutatók által felállított képletből indult ki, amely a fenti anyagra $C=200$ értéket adott meg (1.5). Ez azonban $\alpha=45^\circ$ elhelyezési szög mellett érvényes, így a $h_k = e \sin 45^\circ = e \cdot 0,71$. Ennek értelmében kell a *C* értéket helyesbíteni, és így esztérgáláskor a fenti anyagra a fajlagos forgácsolási ellenállásra az általános összefüggés érvényes (1.5):

$$k = \frac{183}{h_k^{0,25}} \quad \text{kp/mm}^2. \quad (1.12)$$

Ha a h_k közepes forgácsvastagság nem számítható ki a kés bonyolult kialakítása miatt az előbbi egyszerű módon, akkor azt a (1.3) képletből számításal vagy szerkesztéssel kell meghatározni.

Az (1.12) képlet szerinti *k* értékeit esztérgálás esetén az *E* egyenes ábrázolja a közepes forgácsvastagság függvényében a 9a ábrán.

Ha a fémforgácsolási módszereket a forgácsvastagságok alapján rendszerezzük, akkor az esztérgálás után a homlokmarás következik.

Homlokmaráskor a közepes forgácsvastagság meghatározása bonyo-

lultabb, részletes magyarázatával az 5. fejezetben foglalkozunk, e helyen csak felírjuk a képletet:

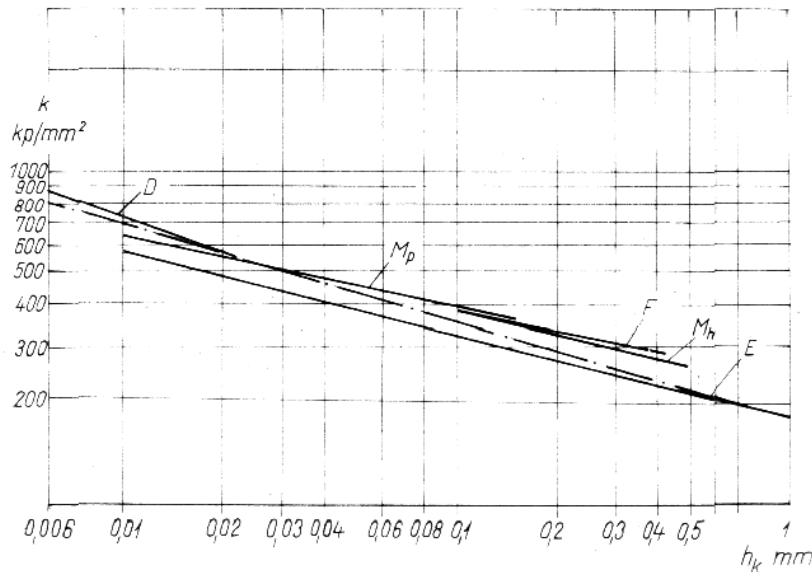
$$h_k = \frac{e_1 b 360}{\pi D (\varphi_1 + \varphi_2)} \text{ mm,}$$

ahol φ_1 és φ_2 a maró forgástengelyének előtolási iránya és a munkadarab két szélén a marófog belépési és kilépési pontjával bezárt szöge.
75 kp/mm³ szakítószilárdságú acélra kis γ homlokszög esetében $e_1 = 0,1 \dots 0,5$ mm/fog előtolással:

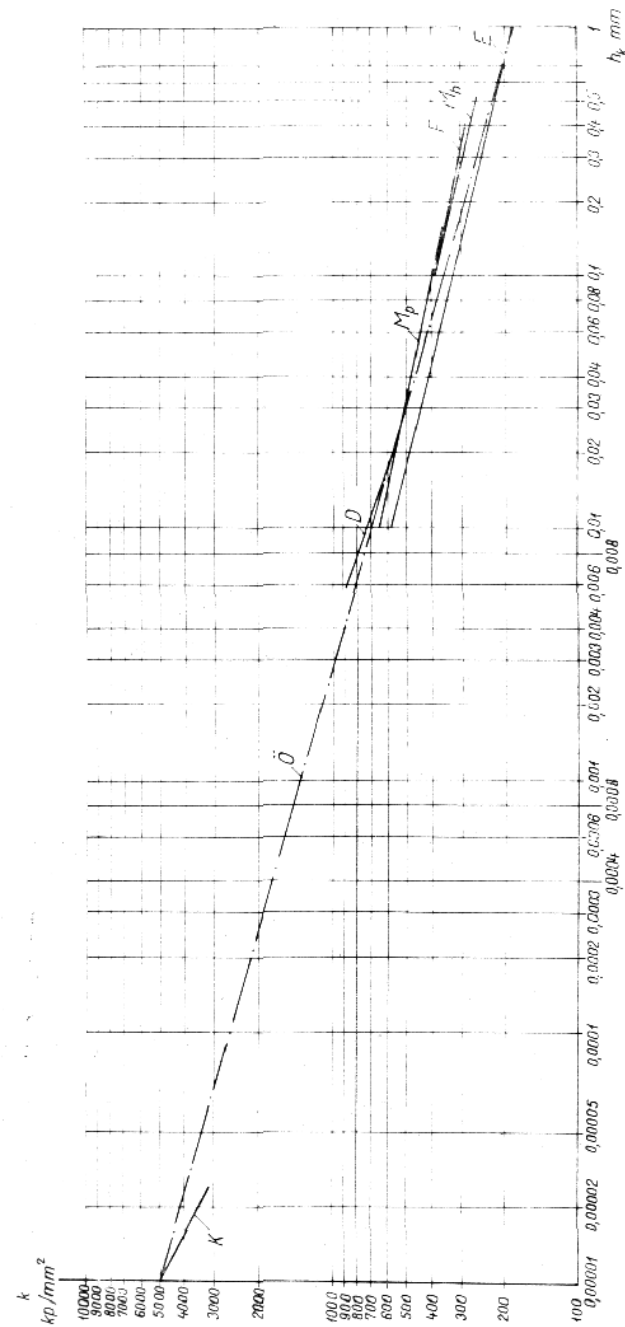
$$k = \frac{225}{h_k^{0,242}} \text{ kp/mm}^2. \quad (1.13)$$

E képlet nagyobb értéket ad, mint az esztergálásra vonatkozó (1.12) képlet, mert a marás bonyolultabb megmunkálás, mint az esztergálás. A homlokmárás k értékeit a 9a ábrán M_h vonal jelzi, de az eltérés az E esztergáláshoz képest nem jelentős.

Ezután a rendszerezés szerint a fúrás következne, mert az általában vastagabb forgáccsal dolgozik, mint a palástmarás. Mégis ez utóbbit



9a ábra. A fajlagos forgácsolási ellenállás értékei a közepes forgácsvastagság függvényében különböző forgácsolási módok esetén:
E esztergálás; M_h homlokmárás; M_p palástmarás; F fúrás csigafűrővel; D dörzsölés; K köszörülés; \bar{O} az összes forgácsolási módok átlagos értékei; $\sigma_B = 75$ kp/mm² szakítószilárdságú acélra vonatkoztatva



9b ábra

vesszük előre, hogy a két marási technológiát könnyebben összehasonlíthassuk.

Palástmaráskor a közepes forgácsvastagság egyenesfogú maróval:

$$h_k = e_1 \sqrt{\frac{f}{D} - \frac{f^2}{D^2}} \text{ mm.}$$

Ebből kitűnik, hogy míg a homlokmaráskor $\kappa=90^\circ$ esetében a h_k értéke az e_1 -nek 70...90%-a, addig palástmaráskor általában 10...25%-a.

A k értéke palástmaráskor kísérletek alapján ugyancsak 75 kp/mm² szakítószilárdságú acélra számítva, $e_1=0,01...0,2$ mm/fog esetén:

$$k = \frac{246}{h_k^{0,212}} \text{ kp/mm}^2. \quad (1.14)$$

Ennek értékei a 9a ábrán az M_p egyenesen láthatók.

Ha a szabványos 118° csúcshézagú csigafúróval fúrunk, elhanyagolva a középső keresztélre eső részt, a közepes forgácsvastagság:

$$h_k = \frac{e}{2} \cos 31^\circ = 0,428e \text{ mm/ford};$$

a fajlagos forgácsolási ellenállás az előző acélminőségre:

$$k = \frac{230}{h_k^{0,2}} \text{ kp/mm}^2, \quad (1.15)$$

amelynek értékeit a 9a ábrán az F vonal jelöli.

Dörzsöléskor a közepes forgácsvastagság a ráhagyás értékének és a fogszámnak a hányadosa. $h_k=0,0225...0,00583$ mm között a kísérleti adatokból a fajlagos forgácsolási ellenállás a felvett acélminőségre:

$$k = \frac{151}{h_k^{0,345}} \text{ kp/mm}^2, \quad (1.16)$$

amelynek értékeit a 9a ábrán a D vonal jelöli.

Végül még — hogy a diagramon messzebb fekvő értékeket is kapjunk — meghatározzuk a köszörüléskor számba jöhető fajlagos forgácsolási ellenállás értékeit.

Köszörüléskor az egy szemcsére eső közepes forgácsvastagság elméleti értékével dolgozunk, mely

$$h_k = \frac{t\sqrt{f}}{\sqrt{\frac{Dd}{D+d}}} \frac{v_1}{60v_{sz}} \frac{e}{B} \text{ mm}$$

képlettel határozható meg, ahol t a köszörűkorong felületén a szemcsék közepes elméleti távolsága, mm;

v_1 a munkadarab kerületi sebessége, m/min;

v_{sz} a köszörűkorong kerületi sebessége, m/s;

B a köszörűkorong szélessége, mm.

A valóságban az egy szemcsére eső közepes forgácsvastagság ennél lényegesen nagyobb, mert a köszörűszerszám palástfelületén lényegesen kevesebb szemcse helyezkedik el a központtól azonos távolságra. A szerző köszörülési kísérletei szerint az elméleti forgácsvastagság előbbi képlete alapján $h_k=0,00001...0,000024$ mm értékek között a forgácsolási ellenállás képlete

$$k = \frac{3,5}{h_k^{0,63}} \text{ kp/mm}^2, \quad (1.17)$$

amelynek értékeit a 9b ábrán a K vonal ábrázolja.

Ez a képlet csak a megadott határok között használható, mert a függvény hajlásszöge olyan meredek, hogy meghosszabbítva az esztergálás értékei alá megy.

Különbféle forgácsolási megmunkálások fajlagos forgácsolási ellenállásértékeit 75 kp/mm² szakítószilárdságú acélra egyetlen összefüggéssel lehet jellemezni:

$$k = \frac{183}{h_k^{0,288}} \text{ kp/mm}^2, \quad (1.18)$$

amelyet a 9b ábrán az \bar{O} vonal mutat.

Ezzel a gondolatmenettel különféle szakítószilárdságú acélokra is meghatározhatunk a 7. vonalhoz hasonló összefüggéseket. Ezek segítségével meghatározhatjuk a kiindulási adatokhoz tartozó fő forgácsolóerőket és teljesítményeket.

45 kp/mm² szakítószilárdságú acélra:

$$k = \frac{137}{h_k^{0,298}} \text{ kp/mm}^2, \quad (1.19)$$

60 kp/mm² szakítószilárdságú acélra:

$$k = \frac{151}{h_k^{0,291}} \text{ kp/mm}^2, \quad (1.20)$$

100 kp/mm² szakítószilárdságú acélra:

$$k = \frac{227}{h_k^{0,277}} \text{ kp/mm}^2, \quad (1.21)$$

160 kp/mm² szakítószilárdságú acélra:

$$k = \frac{319}{h_k^{0,274}} \text{ kp/mm}^2. \quad (1.22)$$

Öntöttvasra Öv 14 HB...200-ig:

$$k = \frac{115}{h_k^{0,313}} \text{ kp/mm}^2. \quad (1.23)$$

58...60 HB alumíniumötvözetre:

$$k = \frac{34,5}{h_k^{0,367}} \text{ kp/mm}^2. \quad (1.24)$$

A felsorolt értékek kettős logaritmusos koordináta-rendszerben a közepes forgácsvastagság függvényében a 10. ábrán láthatók. E diagram segítségével a közepes forgácsvastagság függvényében mind a fő forgácsolóerőt, mind a forgácsolási teljesítményt a percenként leválasztott forgácstérfogat alapján kiszámíthatjuk. A diagram megadja a h_k és k összetartozó értékeit.

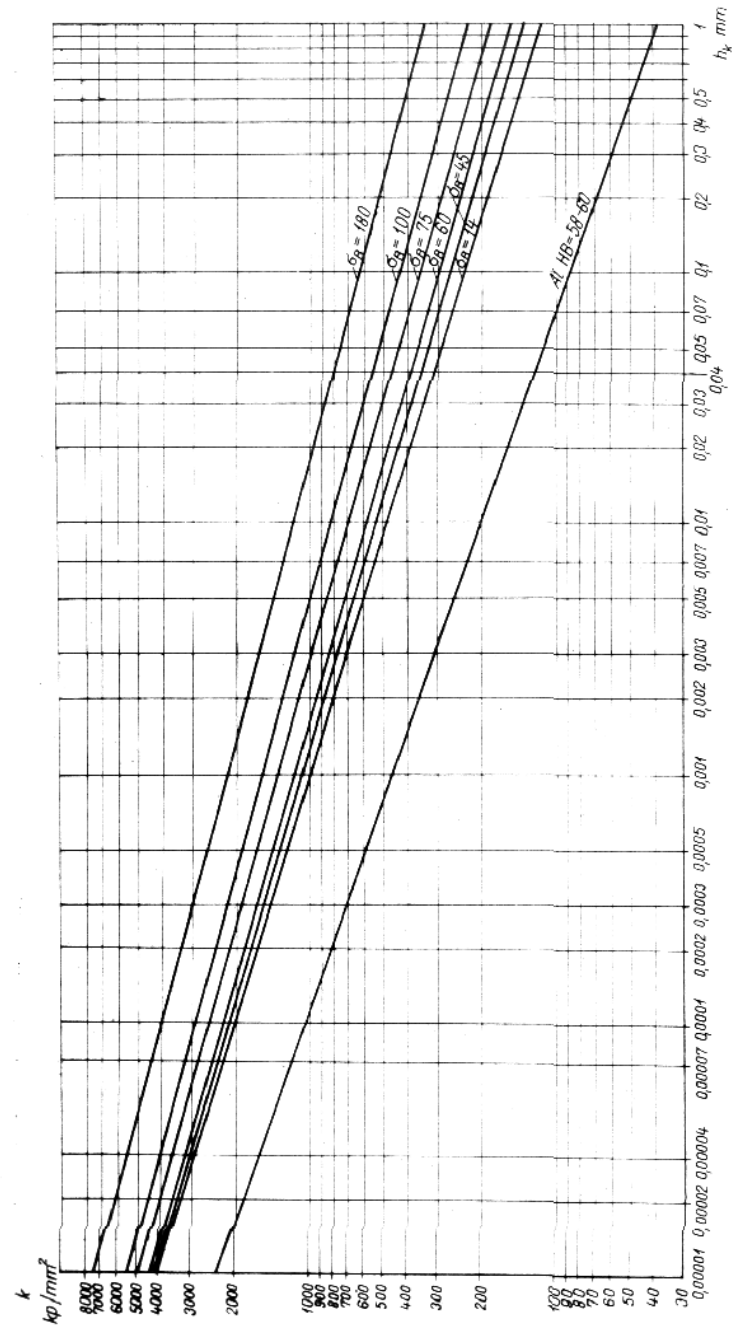
A képletek alapján logarléccel is kiszámítható a k pontos értéke. Ehhez olyan logarléc kell, amelyen e^{-x} skálabeszűrés is van, mert ezzel elvégezhetjük a tizedes törteknek tizedestört-kitevőjű hatványra emelését.

E diagramnak a gyakorlatban ezért is nagy a jelentősége, mert némi tapasztalattal a különféle megmunkálási módokhoz tartozó forgácsvastagságot és a hozzá tartozó k értéket becsléssel is megállapíthatjuk. Ezzel érzékelhetjük, hogy a szerszámgép mennyire van kihasználva.

Az ábrán az a törvényszerűség figyelhető meg, hogy minél lágyabb az anyag, annál nagyobb a h_k és k összefüggését ábrázoló egyenes lejtése.

Amennyiben olyan anyag megmunkálásáról van szó, amely a 10. ábrán nem szerepel, akkor az anyag keménységéből vagy szilárdságából kiindulva kiszámíthatjuk, vagy az ábrába berajzolhatjuk a kérdéses anyagra vonatkozó h_k és k összefüggését jellemző vonalat. Ennek segítségével a gyakorlatban kielégítő pontossággal meghatározhatjuk a fő forgácsolóerőt és a teljesítmény értékeit.

Ha olyan forgácsolási módszerekre kell a teljesítményt megállapítani, melyek a 9. ábrán nem szerepelnek, akkor becslés alapján vehetjük fel a közepes forgácsvastagságot. A percenként leválasztandó anyagtérfogat és a közepes forgácsvastagság alapján megállapíthatjuk a szükséges teljesítményt. Ily módon kaphatunk adatokat a dörzsölés és köszörülés közé eső dörzscsiszolásra vagy tükrösítésre. De meg kell jegyezni,



10. ábra. A fajlagos forgácsolási ellenállás értékei a közepes forgácsvastagság függvényében különböző szakítószilárdságú acélokra, Öv. 14. öntöttvasra, és 58...60 HB keménységű alumíniumötvözetre

hogy ha igen finom szemcsével tükrösítünk, akkor a közepes forgácsvastagság kisebb is lehet, mint a köszörülésnél szereplő érték. Ezzel bizonyos képet nyerhetünk olyan megmunkálási módok teljesítményéről, amelyekre a szakirodalomban sem találunk példát.

Végül vizsgáljuk meg, hogy a fajlagos forgácsolási ellenállással való itt bemutatott számítás lehetővé teszi-e a többi változók befolyásának olyan mértékű csökkentését, hogy a számítás pontossága a gyakorlat számára kielégítő.

Sorba véve a 12 felsorolt változót, a következőket állapíthatjuk meg:

1. *A szerszámanyag befolyása* a gyakorlatban nem számottevő. A gyorsacél és keményfém szerszámok használata között, változatlan forgácsolási viszonyok mellett, gyakorlatilag kevés a különbség. A gyorsacél szerszámok kedvezőbb homlokszöggel dolgoznak, ezért elvileg kedvezőbb a fajlagos forgácsolási ellenállás értéke. Ezzel szemben a keményfém szerszámok sokkal nagyobb forgácsolósebességgel dolgoznak, ezért csökken a fő forgácsolóerő és ezzel együtt a fajlagos forgácsolási ellenállás is. Ezt azonban jórészt kiegyenlíti a kisebb homlokszög okozta forgácsolóerő-növekedés. Csak gyémánt szerszám használata esetén lép fel jelentős forgácsolóerő-csökkenés, mert a súrlódási tényező a gyémánt szerszám és a forgács között jóval kisebb (negyede is lehet), mint a gyorsacél vagy a keményfém szerszám és a forgács között.

A kerámia szerszámanyag súrlódási tényezője mintegy 10%-kal nagyobb, mint a keményfémé, ez azonban nem okoz lényeges különbséget.

2. *A forgácsolósebesség befolyása*, mint azt már kifejtettük, bár lényeges lehet, de nagy sebességet csak a keményfém szerszámmal lehet elérni, ez esetben pedig a sebesség hatását ellensúlyozza a forgácsolóerőt növelő kisebb homlokszög. Ezért jelenleg gyorsacél esetén a forgácsolóerő 5%-kal nagyobb, mint keményfém esetén. A keményfém minőségének fejlődése azonban olyan irányú, hogy nagyobb pozitív homlokszöggel is lehessen vele dolgozni. A jövőben ilyen keményfém esetén a különbség növekedhet.

3. *Az anyagminőség befolyását* a *C* anyagjellemző-állandóval figyelembe vettük. Ez mindig az adott anyagra jellemző szám.

4, 7 és 8 változók, azaz *az elhelyezési szög, a mellékél-elhelyezési szög és a csúcssugár befolyását* a közepes forgácsvastagság meghatározásával már figyelembe vettük.

Az 5 és 6 változók befolyását, azaz *a homlokszög és terelőszög befolyását* azzal vettük figyelembe, hogy szabványos kialakítású szerszámok használatát feltételeztük és a képletből kapott értékek ezekre vonatkoznak. A fenti szögeknek a szabványostól való kisebb eltérései mindössze pár százalék forgácsolóerő-eltérést okoznak. Ezekkel majd a részletes tárgyalások során behatóan foglalkozunk.

9. *A szerszámkopás hatása a forgácsolóerőre és a teljesítményre* igen lényeges és azzal a továbbiakban majd részletesen foglalkozunk. Itt leszögezzük, hogy a számítási módszerrel kapott értékeket éles szerszámra kell vonatkoztatni.

10. *A hűtő-kenőfolyadék hatása a forgácsolóerőre és a teljesítményre* nem okoz lényeges eltérést a számított értéktől. A közölt adatok acél forgácsolásakor gyorsacél szerszámok használatakor a hűtést feltételezik, míg keményfémnél hűtés nélküli megmunkálást.

11. *A tárgyfordulatonkénti eltolást* a közepes forgácsvastagság magába foglalja, tehát ez a változó a képletben szerepel.

12. *A fogásmélység arányosan befolyásolja a forgácsolóerőt, ill. -teljesítményt; mindkettő kiszámításához szükség van a fogásmélység értékére.* Ez azonban a forgácsolási adatokból úgyszólván rendelkezésre áll.

1. példa. $d=80$ mm átmérőjű, 100 kp/mm^2 szakítószilárdságú acélt esztergálunk; a fogásmélység $f=5$ mm; a fordulatonkénti eltolás $e=0,2$ mm/ford; a kés elhelyezési szöge $\kappa=45^\circ$; a tárgy fordulatszáma $n_t=80$ /min. Mekkora a fő forgácsolóerő és a forgácsolási teljesítmény?

A 45° -os elhelyezési szög miatt a forgácsvastagság $h_k=e \sin 45^\circ=0,2 \cdot 0,71=0,142$ mm. Ehhez az értékhez a 10. ábrán a $\sigma_B=100$ egyenesen leolvasható $k=390 \text{ kp/mm}^2$. Ha nem vagyunk megelégedve a leolvasási pontossággal és rendelkezésünkre áll e^{-x} skálabeosztású logarléc, akkor kiszámítjuk $0,142^{0,277}=0,582$, mely a (1.21) képletbe helyettesítve $227/0,582=390 \text{ kp/mm}^2$ értéket ad. A forgácskeresztmetszet $q=ef=0,2 \cdot 5=1 \text{ mm}^2$. Ebből $F_1=kq=390 \cdot 1=390 \text{ kp}$ (esztergáláskor F_2 -vel jelöljük a fő forgácsolóerőt). A forgácsolósebesség $v=\frac{\pi Dn}{1000}=20,1 \text{ m/min}$. Ez gyorsacél szerszámhoz a megadott acél esetén túlzott érték. Ezért a sebességet csökkenteni kell. A felvett értéknél a forgácsolási teljesítmény:

$$P_1 = \frac{kqv}{6120} = \frac{390 \cdot 1 \cdot 20,1}{6120} = 1,28 \text{ kW.}$$

2. példa. 60 kp/mm^2 szakítószilárdságú acélba 20 furatot készítünk csigafúróval. A fúrógép fordulatszámát $n=315$ /min-re állítjuk be, amely megfelel $v=\frac{\pi 20 \cdot 315}{1000}=19,8 \text{ m/min}$ forgácsolósebességnek. Fúrás-kor a fordulatonkénti eltolás $e=0,22$ mm/ford.

szabványos csigafúróval a közepes forgácsvastagság $h_k=0,428e=0,428 \cdot 0,22=0,0942$ mm. Ehhez a $\sigma_B=60$ vonalon $k=305 \text{ kp/mm}^2$ érték felel meg. Számítás szerint $0,0942^{0,291}=0,503$ az (1.20) képlet szerint és $151/0,503=300 \text{ kp/mm}^2$. Fúrás esetén legegyszerűbb, ha a

V cm³/min, tehát az egy perc alatt leválasztott forgácstérfogatot számítjuk ki.

$$V = \frac{\pi D^2 en}{4 \cdot 1000} = \frac{314 \cdot 0,22 \cdot 315}{1000} = 21,8 \text{ cm}^3/\text{min}.$$

Ebből a forgácsolási teljesítmény:

$$P_f = \frac{kV}{6120} = 3000 \cdot 21,8/6120 = 1,06 \text{ kW}.$$

Fúrás esetén, ha kell, a forgatónyomatékot is kiszámíthatjuk:

$$M = \frac{keD^2}{80} \text{ cm kp} = \frac{300 \cdot 0,22 \cdot 400}{80} = 330 \text{ cm kp}.$$

Ennek alapján lehet ellenőrizni, hogy az $\varnothing 20$ csigafúró ezt a nyomatékot kibírja-e. A rendelkezésre álló adatok szerint az $\varnothing 20$ gyorsacél csigafúróra alkalmazható legnagyobb nyomaték 1280 cm kp, tehát sokkal nagyobb előtolással dolgozhatunk, ha a fúrógép teljesítményét és a fúró szilárdságát ki akarjuk használni a termelékenység fokozása érdekében.

A továbbiakban a 11. ábrán látható diagram másik változatát mutatjuk be, amely igen hasznos a szerszámgépek kihasználása szempontjából.

A művelettervek első megközelítő kidolgozásakor igen jó szolgálatot tesz, ha hozzávetőlegesen meg tudjuk állapítani, hogy a rendelkezésünkre álló forgácsoló géppark milyen forgácsteljesítményű. Abból kell kiindulni, hogy ismerjük a forgácsoló szerszámgépeink hajtómotor-teljesítményét, és azt, hogy a nagyoló műveletek során az egyes gépeknél mekkora forgácsteljesítményre számíthatunk. Elsősorban ismernünk kell a kérdéses szerszámgép mechanikai hatásfokát, mert — mint tudjuk — a teljes motorteljesítményt nem lehet forgácsolásra fordítani.

A szerszámgépek esetén átlagosan 80% mechanikai hatásfokot tetelezhetünk fel, vagyis a 10 kW-os hajtómotor teljesítményéből forgácsolásra csak 8 kW-ot fordíthatunk.

Az (1.9) képlet szerint az 1 kW-tal egy perc alatt leforgácsolható anyagtérfogat:

$$V_f = \frac{6120}{k} \text{ cm}^3/\text{kW min}.$$

A 11. ábra segítségével, ismerve már a különféle megmunkálógépeken alkalmazható közepes forgácsvastagságot, meghatározhatjuk a fajlagos forgácsolási ellenállás értékét. Meghatározva a kérdéses szerszám-

gépnek a forgácsolásra rendelkezésre álló teljesítményét az újonnan felírt képletből, megállapíthatjuk az egy perc alatt leválasztható forgácstérfogatot.

Ezt a számítást megkönnyíthetjük oly módon, hogy a közepes forgácsvastagság függvényében rögtön a fajlagos forgácstérfogatot kapjuk meg. Ha az (1.9) képletbe behelyettesítjük a k fajlagos forgácsolási ellenállás általános képletét, kapjuk

$$V_f = \frac{6120}{k} = \frac{6120 h_k^x}{C} = C_1 h_k^x \text{ cm}^3/\text{kW min}. \quad (1.25)$$

A következőkben megadjuk a V_f értékeit a közepes forgácsvastagság függvényében, ugyanazon anyagminőségekre, amelyekre a k értékeit állapítottuk meg:

45 kp/mm² szakítószilárdságú acélra:

$$V_f = 44,6 h_k^{0,298} \text{ cm}^3/\text{kW min}. \quad (1.26)$$

60 kp/mm² szakítószilárdságú acélra:

$$V_f = 39,5 h_k^{0,291} \text{ cm}^3/\text{kW min}. \quad (1.27)$$

75 kp/mm² szakítószilárdságú acélra:

$$V_f = 33,4 h_k^{0,288} \text{ cm}^3/\text{kW min}. \quad (1.28)$$

100 kp/mm² szakítószilárdságú acélra:

$$V_f = 26,9 h_k^{0,277} \text{ cm}^3/\text{kW min}. \quad (1.29)$$

160 kp/mm² szakítószilárdságú acélra:

$$V_f = 19,2 h_k^{0,274} \text{ cm}^3/\text{kW min}. \quad (1.30)$$

Öv 14 HB...200-ig minőségű öntöttvasra:

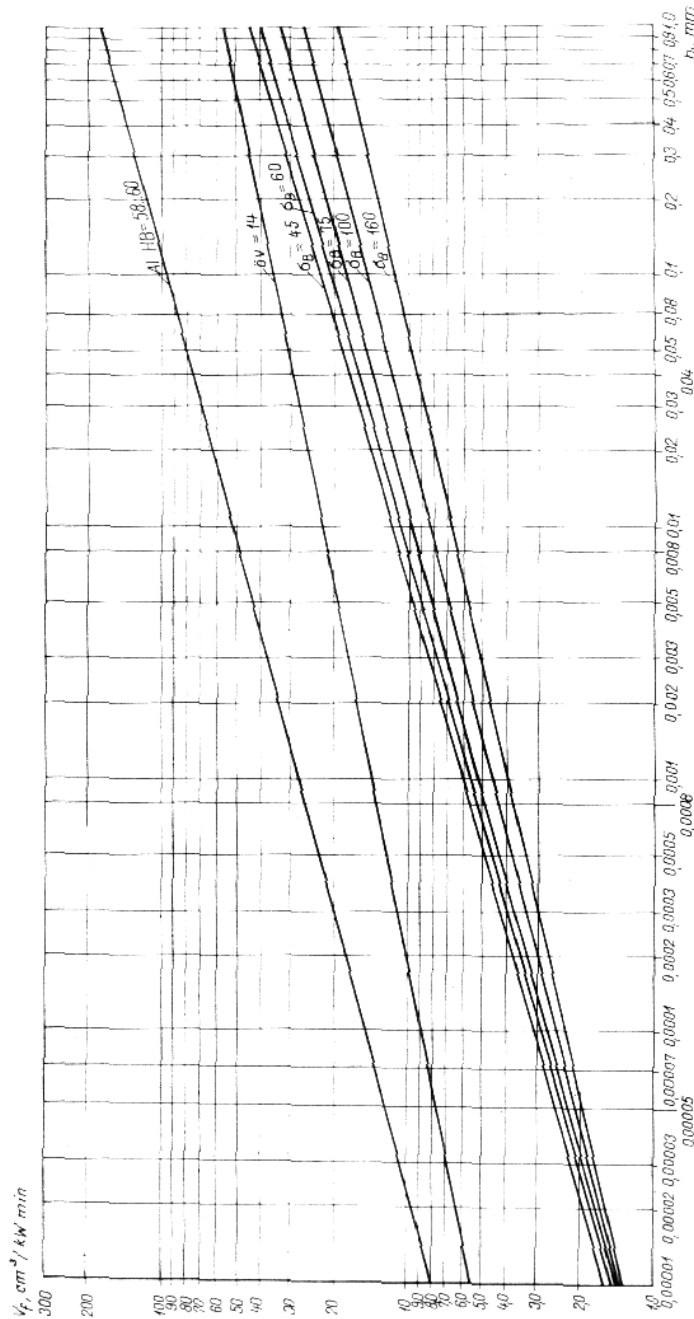
$$V_f = 53,4 h_k^{0,313} \text{ cm}^3/\text{kW min}. \quad (1.31)$$

58—60 HB keménységű alumíniumötvözetre:

$$V_f = 177 h_k^{0,367} \text{ cm}^3/\text{kW min}. \quad (1.32)$$

A könnyebb kezelhetőség kedvéért, hogy ne kelljen törthatvány-kitevővel számolni, a 11. ábrán kettős logaritmikus diagramban ábrázoltuk ezeket az összefüggéseket.

3. példa. $\varnothing 150$ mm-es 60 kp/mm² szakítószilárdságú acéltömböt kell nagyolni 7,5 kW teljesítményű esztergán. A forgácsolósebességet gyorsacélra 25 m/min-re vesszük, ami $n_t = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{25000}{\pi 150} = 53/\text{min}$. Az



11. ábra. A V_f fajlagos forgásceljesítmény értékei a közepes forgácsvastagság függvényében, különböző szakítószilárdságú acélokra, Öv. 14 öntöttvasra és 58...60 HB keménységű alumíniumötözetre

esztergán $n_t=50/\text{min}$ fordulat állítható, a forgácsolósebesség tehát $v=23,6 \text{ m/min}$ -re módosul. A közepes forgácsvastagságot $h_k=0,8 \text{ mm}$ -re vesszük fel.

A forgácsolásra fordítható teljesítmény:

$$P_f = 0,8 P_m = 0,8 \cdot 7,5 = 6 \text{ kW}.$$

0,8 mm közepes forgácsvastagság mellett 6 kW-tal az egy perc alatt leforgácsolható anyagtérfogat:

$$V = P_f V_f = 6 \cdot 39,5 \cdot 0,8^{0,291} = 222 \text{ cm}^3 = 1,74 \text{ kg}.$$

Itt kiszámítottuk $39,5 \cdot 0,8^{0,291} = 37 \text{ cm}^3/\text{kW min}$ értéket, de ezt leolvashatjuk a 11. ábráról is, mely a durva lépték miatt 37,5 értéket mutat. Ez az adat, ha az előzetes számításhoz nem kielégítő, tovább bontható az (1.7) képlet szerint:

$$V = efv = 222 = 0,8f \cdot 23,6 \text{ cm}^3.$$

Ebből az egyenletről kiszámíthatjuk a fogásmélységet, feltételezve, hogy 90° -os elhelyezési szögű esztergákéssel dolgozunk. Ebben az esetben a fogásmélység $f=11,65 \text{ mm}$ lesz.

0,8 mm lesz a közepes forgácsvastagság akkor is, ha 45° -os elhelyezési esztergákéssel dolgozunk, ekkor azonban az előtolást meg kell növelni $e=0,8/\sin 45^\circ=0,8/0,707=1,13 \text{ mm}$ -re. A forgácskeresztmetszet viszont változatlan marad:

$$V = qv,$$

melyből

$$q = 222/23,6 = 9,4 \text{ mm}^2.$$

Tehát 45° -os elhelyezési szögű esztergákéssel a megnövelt előtolás miatt $f=q/e=9,4/1,13=8,32 \text{ mm}$. A gyakorlatban az előzetesen felvett vagy a számításból kapott értékeket a munka végrehajtásakor át kell számítani a rendelkezésre álló gép adatainak megfelelő értékekre.

4. példa. 60 kp/mm² szakítószilárdságú acélt marunk 10 kW teljesítményű marógépen. A munkadarab alakja lehetővé teszi a megmunkálást homlokmarással is és palástmarással is. A munkadarab szélessége $b=40 \text{ mm}$. Gyorsacél maróval dolgozunk.

4a példa. Homlokmaráshoz szabványos betétkéses marót választunk, amelynek jellemző adatai: $D=80 \text{ mm}$; $z=6$; $\kappa=90^\circ$; a forgácsolósebességet $v=25 \text{ m/min}$ -re választjuk. Mínt hogy nagyolunk, a fogankénti előtolást $e_1=0,4 \text{ mm/fog}$ értékre választjuk, tekintettel a nagyteljesít-

ményű gépre. A maró tengelyét a munkadarab közepére állítjuk, így a maróél belépése a középvonaltól egyforma szöget zár be, mint ez a 12. ábrán látható. $\varphi_1 = \varphi_2$; $\sin \varphi_1 = b/D = 40/80 = 0,5$; $\varphi_1 = 30^\circ$:

$$h_k = \frac{e_1 b 360}{\pi D (\varphi_1 + \varphi_2)} = \frac{0,4 \cdot 40 \cdot 360}{\pi 80 \cdot 60} = 0,382 \text{ mm.}$$

Az (1.27) képletből a fajlagos forgácsteljesítmény erre a közepes forgácsvastagságra számítva:

$$V_f = 39,5 h_k^{0,291} = 29,5 \text{ cm}^3/\text{kW min.}$$

Mivel a 10 kW hajtómotor teljesítményéből 80% hatásfok mellett 8 kW-ot fordíthatunk forgácsolásra, az egy perc alatt leforgácsolható anyagterfogat $29,5 \cdot 8 = 236 \text{ cm}^3$ lesz. $v = 25 \text{ m/min}$ mellett az $\varnothing 80$ -as maró fordulatszáma kereken 100/min, így a percnkénti előtolás:

$$v_e = e_1 n z = 0,4 \cdot 100 \cdot 6 = 240 \text{ mm/min.}$$

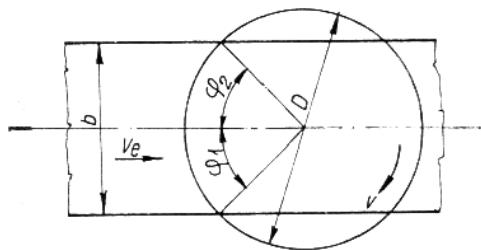
Ebből kiszámítható a fogásmélység:

$$V = \frac{f b v_e}{1000}; \quad f = \frac{1000 V}{b v_e} = \frac{1000 \cdot 238}{40 \cdot 240} = 24,5 \text{ mm.}$$

Ez túlságosan nagy érték, mert a munkadarab túlságosan kicsi a nagy teljesítményű gépre. 2,5 kW teljesítményű gépen, ugyanilyen körülmények között $f = 6,1 \text{ mm}$. Így a percnként leforgácsolható fémtérfogat $V = 238/4 = 59,3 \text{ cm}^3$.

4b példa. Számítsuk ki palástmaráskor is a forgácsteljesítményt. $P_m = 2,5 \text{ kW}$ értékkel számolunk, így a forgácsoláshoz rendelkezésre álló teljesítmény a 80% géphatásfokkal 2 kW.

A 40 mm széles munkadarabhoz $D = 63 \text{ mm}$ átmérőjű szabványos marót választjuk, melynek $\omega = 45^\circ$ fogferdeségű $z = 12$ foga van. Palástmaráskor azonban bizonyos mértékig túlhatározottság van, mert a köze-



12. ábra. Homlokmaró elhelyezkedése a munkadarabon

pes forgácsvastagság a fogásmélységnek is függvénye, és így nem tudjuk a teljesítmény kihasználást a fogásmélységgel beállítani, mint homlokmaráskor. Palástmaráskor ezért már eleve fel kell venni a fogásmélységet, hogy kiszámíthassuk a közepes forgácsvastagságot. Itt $f = 4 \text{ mm}$ -rel számolunk.

$$h_k = e_1 \sqrt{\frac{f}{D} - \frac{f^2}{D^2}} = 0,4 \sqrt{\frac{4}{63} - \frac{4^2}{63^2}} = 0,1 \text{ mm.}$$

Tekintetbe kell azonban venni, hogy a marónk fogferdesége $\omega = 45^\circ$ ezért az előbb kiszámított érték a közepes forgácsvastagságnak csak az előtolás irányába eső értéke, míg a tényleges közepes forgácsvastagság $h'_k = h_k \cos \omega = 0,1 \cdot 0,707 = 0,0707 \text{ mm}$. Az ehhez tartozó (1.27) képlet:

$$V_f = 39,4 \cdot 0,0707^{0,291} = 18,81 \text{ cm}^3/\text{kW min.}$$

ez a homlokmarás értékének csak 63%-a.

Ennek az a magyarázata, hogy homlokmaráskor ugyanakkora fogankénti előtolás mellett 5,4-szer vastagabb forgáccsal dolgozhatunk.

Ha a palástmaráskor ugyancsak $v = 25 \text{ m/min}$, akkor az $\varnothing 63 \text{ mm}$ maró percnkénti fordulatszáma $n = 126/\text{min}$. Ennek alapján ellenőrizzük, hogy a percnként leforgácsoló anyagterfogat, amely most $V = 2 \cdot 18,81 = 37,6 \text{ cm}^3$, mennyiben felel meg a felvett kiindulási értékeknek.

$$v_e = e_1 n z = 0,4 \cdot 126 \cdot 12 = 604 \text{ mm/min.}$$

ezzel

$$V = \frac{v_e f b}{1000} = \frac{604 \cdot 4 \cdot 40}{1000} = 97 \text{ cm}^3/\text{min}$$

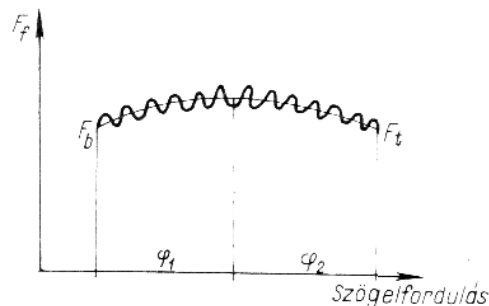
értéket kapunk, ami több mint 2,5-szeres túlterhelést jelent. Ez tehát azt jelenti, hogy a felvett értékekkel nem dolgozhatunk. A homlok- és palástmaró között a legnagyobb eltérés a fogszámban van, 6 és 12. Ha palástmaráskor ötfogú maróval dolgoznánk, akkor $v_e = 0,4 \cdot 5 \cdot 126 = 252 \text{ mm/min}$ lenne. Ezzel $V = 40,3 \text{ cm}^3/\text{min}$ értéket kapnánk, ami csak 7% túlterhelést jelentene. Ezt kiküszöbölhetjük, ha a fogásmélységet 7%-kal $f = 3,72 \text{ mm}$ -re csökkentjük. Így ugyan valamivel csökken a közepes forgácsvastagság és a V_f értéke is, de ez elenyésző, mert a fogásmélység a képletben a gyökjel alatt van. Pontosan kiszámítva $f = 3,7 \text{ mm}$ esetén $V_f = 17,75 \text{ cm}^3/\text{kW min}$, azaz 5%-kal kisebb érték, mint az előbbi.

Ezzel a példával arra kívántunk rámutatni, hogy a vastagabb forgáccsal dolgozó homlokmarás mennyivel termelékenyebb, mint a sokkal kisebb forgácsvastagsággal dolgozó palástmarás.

Felvetődhet a kérdés: miért dolgozunk ferdefogú maróval, amikor annak forgácsvastagsága kisebb mint az egyenesfogúé? *Azért, mert ha egyenesfogú maróval forgácsolunk, olyan nagy erőingadozás lép fel, amely a gép teljesítményének a kihasználását lehetetlenné teszi. Ezért egyenesfogú maróval nem dolgozunk, ennél fogva nincs is szabványosítva.* (Ez az erőingadozás azonban nem tévesztendő össze a rezgésekkel!)

1.4. Forgácsoláskor fellépő rezgések

Az eddig kiszámított forgácsolóerők tulajdonképpen mind valamely időben változó (hullámzó) erők középértékei voltak. A forgácsolás természetében rejlik, hogy forgácsolás közben mindig fellépnek bizonyos rezgések, mert a forgácsolás önmaga rezgéseket kelt. Ennek oka, hogy forgácsolás közben a forgácsselemek szakaszosan válnak le, és ilyen leváláskor valamelyest mindig csökken a forgácsolóerő. A forgácsselem leválásához azonban a forgácsolóerő középértékénél valamivel nagyobb erőre van szükség. Így jön létre a forgácsolóerő hullámzása, amely érzékeny műszerekkel mérhető.



13. ábra. A forgácsolóerő valóságos változása homlokmaráskor

A 13. ábrán a forgácsolóerő valóságos lefolyása látható homlokmaráskor. A maró foga behatol az anyagba a belépési forgácsvastagsággal. A forgácsselemek leválása következtében rezgés lép fel. A rezgés mértéke, azaz a hullám magassága annál nagyobb, minél vastagabb a leválasztandó forgács. A rezgések frekvenciája szabványos élű forgácsolószerszámok esetében 40...120/s. A nagyobb frekvencia a vékonyabb forgács leválasztásakor tapasztalható. Ezek az ún. alapprofrecenciák, amelyekre további finomabb rezgések rakódnak.

A szerszámgépek fejlesztésére irányuló kutatások a legújabb időkben igen sokat foglalkoznak a forgácsoláskor fellépő rezgésekkel, mert

a szerszámgépek hajtómotor-teljesítményét éppen a rezgések miatt nem tudják kihasználni.

A szerszámgép tervezésekor a rezgések elkerülésére a gépek merevségét növelik. Különbséget kell azonban tenni a gép nyugvó terhelés alatti alakváltozása (statikus merevség) és üzemközbeni terhelés következményei (dinamikus merevség) között. Ekkor már jelentkeznek pl. a forgó tömegek egyensúlyhibáiból származó rezgések is. A gépnek magának, de az egyes fő alkatrészeinek is van önrezgésszáma. Ha a forgácsoláskor keletkező öngerjesztett rezgések rezgésszáma és a gép vagy alkatrészeinek önrezgésszáma, vagy annak valamely magasabb harmonikusa megegyezik, rezonancia lép fel, a gép berezeg, a munkát nem lehet folytatni. Erre a német kifejezés a *Rattern* vagy az angol *chatter*, amit magyarul *csattogásnak* lehet nevezni, mert erősen csattogó hangjelenség tapasztalható. Az esztergályosok jól ismerik ezt a csattogást, amely akkor jelentkezik, ha széles késsel dolgoznak, pl. beszúrás-kor vagy széles alakkéssel való munka során.

A szerszámgépfejlesztési kutatások során a rezgést modellkísérletekkel ellenőrzik. A modellt változtatható frekvenciájú villamos rezgőfejlesztésbe hozzák, és ebből következtetnek a tervezendő gép dinamikus merevségére. A gép rezgése a termelékenység növelésének komoly akadálya.

Ha jó teljesítménykihasználásra törekszünk, akkor különösen a gyenge építésű, nem elég merev gépeken szembetaláljuk magunkat a csattogással. Ekkor a forgácsolási viszonyok változtatásával lehet e jelenséget elkerülni. Általában a vastagabb forgács, amely ugyanazon forgácskeresztmetszet mellett a kedvezőbb fajlagos forgácsolási ellenállás következtében kisebb forgácsolóerőt ad, segít a csattogás elkerülésében. A vastagabb forgácsnak az öngerjesztett rezgésfrekvenciája kisebb, s így az általában magasabb rezgésfrekvenciájú szerszámgép vagy annak alkatrészei kevésbé lépnek rezonanciába.

2. MARÓSZERSZÁMOK

2.1. A marószerszámok kialakítása

A különböző marási feladatok elvégzésére sok, különböző kialakítású marót használunk. Ezek lehetnek palástmarók, homlokmarók, tárcsamarók, horonymarók, fűrész tárcsák, szögmarók és egyéb alakmarók.

Elkészítésük szerint megkülönböztethetünk: martfogazású marókat, hátraesztergált fogú marókat és betétfogú marókat.

A marók kialakítása nagymértékben függ a forgácsolóél anyagától. Szerszámacélból csak kisteljesítményű, néhány munkadarab elkészítésére alkalmas maró készíthető. Ez csak egyedi gyártás esetén gazdaságos.

A marók jelentős része gyorsacélból készül. A gyorsacél azonban drága, megmunkálása hosszadalmas, ezért bizonyos mérethatáron felül a marótestet olcsóbb anyagból készítjük, és csak a betétkés vagy betétfog gyorsacél.

A keményfém forgácsolóélű marókat általában betétkéses vagy betétlapkás megoldással készítjük, mert egyrészt a keményfém drága, másrészt igen kis szakítószilárdsága miatt marótest anyagának nem alkalmas.

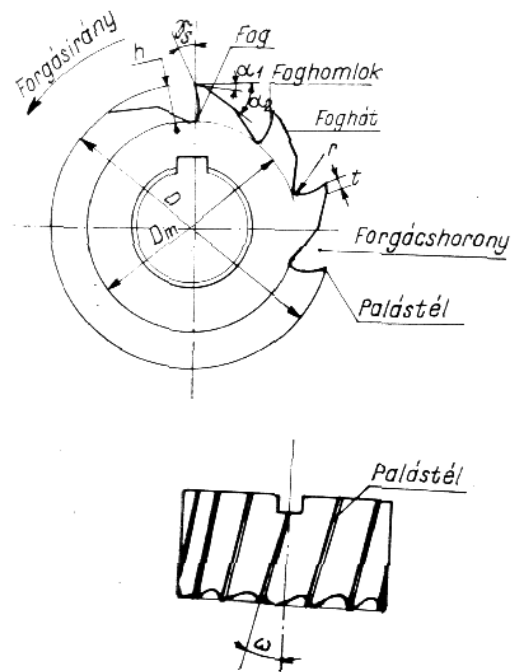
Kivételt képeznek az igen kis méretű sűrűfogú tisztítómarók, de ezeknek a szárait is már közönséges acélból készítik.

A marók részeinek elnevezését és jelölését az MSZ 3803 foglalja össze. Eszerint:

- A maró olyan forgástestből kialakított forgácsolószerszám, amelynek élei a paláston vagy a paláston és homloklapon helyezkednek el. Fő mozgása forgómozgás, előtolása, ill. a munkadarab előtolása általában a tengelyekre merőleges. Ilyenkor a palástél a főél, és az esetleges homlokél a mellékél. Igen ritkán előforduló esetekben a homlokél a főél, a palástél a mellékél.
- Az erőátvitelt a gép főorsójáról a szerszámmal egy testet képező kúpos vagy hengeres szár vagy külön marótengely, ill. marótüske végzi. Ez utóbbi esetekben az erőátvitelre a marón hosszirányú vagy keresztirányú reteszhornyot készítenek.

A mozgások meghatározása az MSZ 1245 szerint:

- *Forgácsolómozgás* a szerszám gép egyes részmozgásainak eredője. Az összetevő mozgások a forgácsoló főmozgás és a forgácsoló mellékmovgások.
Forgácsoló főmozgás: a forgácsleválasztás irányába eső mozgás.
Forgácsoló mellékmovgások: a forgács vastagsága és szélessége irányába eső mozgások.
- *Külső átmérő, maróátmérő (D)*: a forgácsolást végző palástéleket burkoló henger átmérője (14. ábra). Ugyanez kúpos maró esetén a palástéleket burkoló kúp legnagyobb átmérője. Különböző alakmaróknak értelemszerűen a legnagyobb átmérője.
- *Tömör marók magátmérője (D_m)*: a forgácsolóhornyok fenekét érintő kör átmérője (14. ábra).
- *Mart és hátraesztergált maró oldallapja* a maró forgástengelyére merőleges sík, amely a marót határolja. A két oldallap közötti

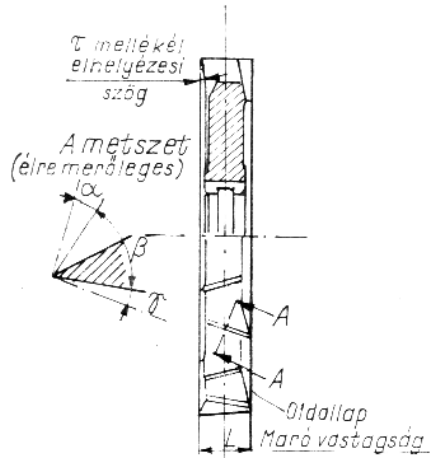


14. ábra. Egyenesfogazatú tömör palástmaró:

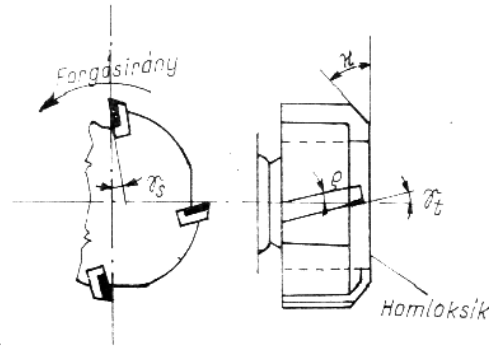
D külső átmérő; D_m magátmérő; h fogmagasság;
r fokfenéksugár; r hátszalag; v fogvastagság;
ψ foghorony-nyílásszög; ω fogferdeségi szög

L távolság, aszerint, hogy az átmérőnél nagyobb vagy kisebb a maró hossza, ill. vastagsága (15. ábra).

- **Homloksík** a homlokmaró homlokcsúcsain átmenő, a tengelyre merőleges sík (16. ábra).
- **Fog**: a tömör marónak horonnyal kialakított része (14. ábra). Betétkéses marók fogát a betétkés helyettesíti (17. ábra).
- **Foghomlok**: az élen átmenő felület, amelyen a forgács lesiklik (14. ábra).
- **Foghát**: az élen átmenő felület, amely a fogat a foghomlokkal ellentétes oldalon határolja (14. ábra).

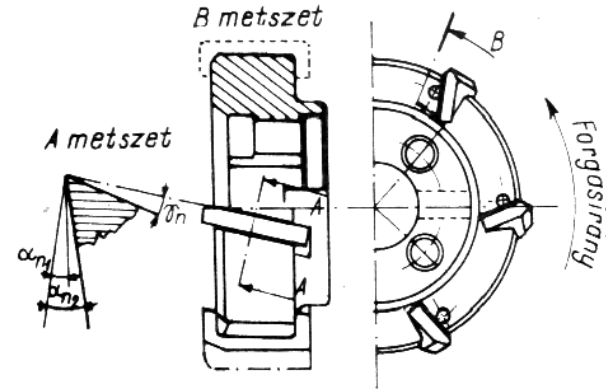


15. ábra. Keresztfogazású tárcsamaró

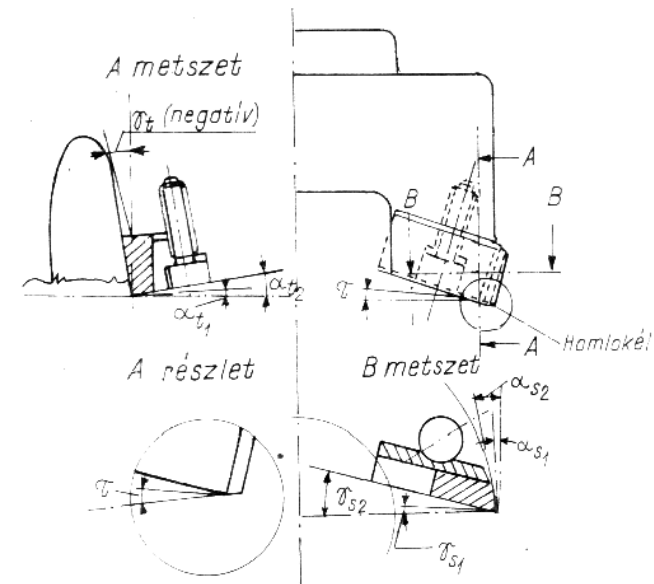


16. ábra. Betétkéses homlokmaró:
 γ_s sugárirányú homlokszög (pozitív); γ_t tengelyirányú homlokszög (negatív); α elhelyezési szög; q betétkés dőlésszöge

- **Hátszalag**: a foghátnak a palástélhez, ill. a homlokélhez közvetlenül csatlakozó része (14. ábra).
- **Palástél**: a palástfelületen elhelyezkedő forgácsolóél (14. ábra).
- **Homlokél**: a maró oldallapjával vagy homloksíkjával közel párhuzamosan elhelyezkedő forgácsolóél (18. ábra).
- **Fogvastagság**: a vizsgált metszetben és kijelölt helyen a foghomlok és foghát közötti legkisebb távolság (14. ábra).
- **Forgácshorony**: két fog közötti tér. A forgácshorony feke a foghomlokot a szomszéd fogháttal összekötő felület, ennek sugara a **fogfenéksugar** (14. ábra).
- **Forgácshorony nyílásszöge** (ψ): a foghomlok és a vele szomszédos forgácshorony fekéhez közvetlenül csatlakozó foghátrész közötti szög (14. ábra).



17. ábra. Marófej tengelyirányú betétkéssel



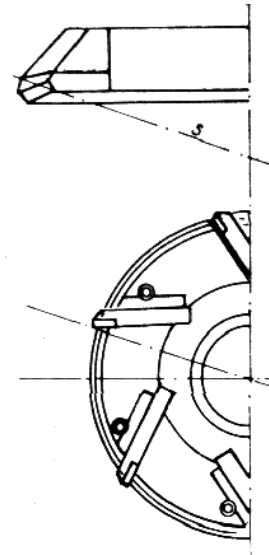
18. ábra. Marófej sugárirányú betétkéssel

Az élszögek értelmezése és mérése eltér az egyélű gépi forgácsolószerszámok élszögeinek értelmezésétől és mérésétől. Maró homlok- és hátszögét a forgácsolóél minden egyes pontjában három síkmetszetben határozzuk meg, mégpedig az élre merőleges, a marótengelyre merőleges és a marótengellyel párhuzamos síkmetszetekben.

- *Normál homlokszög* (γ_n): az élre merőleges metszetben a foghomlok hajlásszöge a palástélhez húzott sugárhoz (17. ábra). *Homlokszög* megnevezésén (γ) a normál homlokszög értendő. A homlokszög lehet pozitív, nulla vagy negatív az MSZ 1245 értelmezése szerint. Ha több homlokszög van egymás után kapcsolva, akkor azokat $\gamma_{n1}, \gamma_{n2}, \dots$, ill. $\gamma_1, \gamma_2, \dots$ -vel jelöljük, és elsődleges, másodlagos stb. homlokszögnek nevezzük.
- *Sugárirányú homlokszög* (γ_s): a marótengelyre merőleges metszetben a foghomlok hajlásszöge a palástélhez húzott sugárhoz (16. és 18. ábra). Egyenesfogú hengeres marók palástján a sugárirányú homlokszög azonos a normál homlokszöggel. A sugárirányú homlokszög előjelének értelmezése megegyezik az előző bekezdésben mondottakkal.
- *Tengelyirányú homlokszög* (γ_t): a marótengellyel párhuzamos és a sugárra merőleges metszetben a foghomlok hajlásszöge a tengely irányához (16. és 18. ábra). Hengeres maró palástján a tengelyirányú homlokszög megegyezik a palástél ferdeségi szögével (19. ábra).
- *Normál hátszög* (α_n): az élre merőleges metszetben a foghát, ill. a hátszalag hajlásszöge a burkolóhenger, ill. burkolókúp érintőjéhez (17. ábra). *Hátszög* (α) megnevezésén a normál hátszög értendő. A hátszalag utáni foghát hajlásszögét másodlagos hátszögnek (α_2) nevezzük; ha további hátszögek megadására is szükség van, akkor harmadlagos (α_3) stb. hátszögről beszélünk.
- *Sugárirányú hátszög* (α_s): a marótengelyre merőleges metszetben a foghát, ill. hátszalag hajlásszöge az érintőhöz (18. ábra). Egyenesfogú hengeres marók palástján a sugárirányú hátszög azonos a normál hátszöggel.
- *Tengelyirányú hátszög* (α_t) a marótengellyel párhuzamos és a sugárra merőleges metszetben a foghát, ill. hátszalag hajlásszöge a marótengelyre merőleges síkhoz (18. ábra). Olyan homlokélen, amelyen a mellékél-elhelyezési szög $\tau=0$, a tengelyirányú hátszög azonos a normál hátszöggel.
- *Ékszög* (β): a foghomlok és a foghát, ill. hátszalag által bezárt szög az élre merőleges metszetben (15. ábra).
- *Elhelyezési szög* (κ): az éleket burkoló forgásfelület hajlásszöge a marótengelyre merőleges síkhoz. Ha a burkolófelület henger, $\kappa=90^\circ$. Ha több törés van a burkolófelületen, akkor az elhelyezési szögeket κ_1, κ_2 stb.-vel jelöljük a forgástengely felé és elsődleges, másodlagos stb. elhelyezési szögeknek nevezzük (16. és 20. ábrák).
- *Mellékél-elhelyezési szög* (τ): a homlokéleket burkoló kúp alkotójának hajlásszöge a homloksíkhoz (18. ábra), ill. tárcsa-

maró esetén a homloklap és mellékéleket magába foglaló kúp közötti szög (15. ábra).

- *Palástél-ferdeségi szög* (ω): a hengeren fekvő palástél esetén az alkotó és a palástél érintője által bezárt szög (21. ábra).



19. ábra. Marófej sugárirányú betétkéssel, a homloksík felől nézve és kinagyított, ugyanilyen helyzetben ábrázolt betétkés:
s a maró tengelyén átmenő sík

- *Terelőszög* (λ): a $\kappa \neq 90^\circ$ elhelyezési szögű maró kúppaláston fekvő él érintőjének a kúpalkotóval bezárt szöge (21. ábra).
- *Az élszögek összefüggése*. A különböző síkmetszetekben mért élszögek egymással összefüggnek.

A legfontosabb átszámítási képletek:

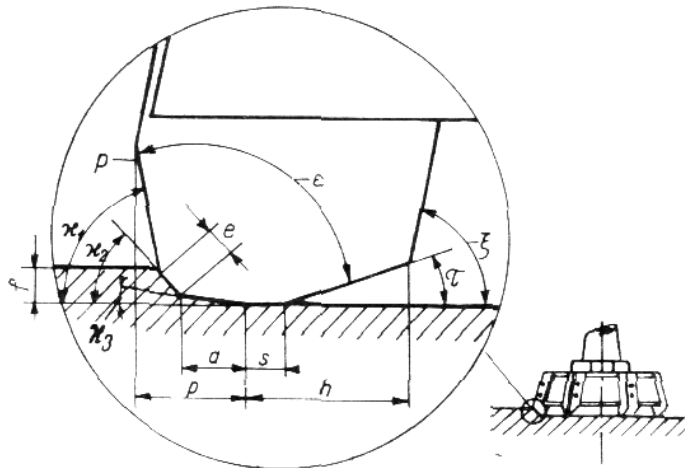
A normál homlokszög a paláston (γ_{np}) ferde élű maróknál (21. ábra):

$$\operatorname{tg} \gamma_{np} = \operatorname{tg} \gamma_s \cos \omega.$$

Ferdeélű maró sugárirányú γ_{so} homlokszöge az orron $\kappa=90^\circ$ elhelyezési szög esetén:

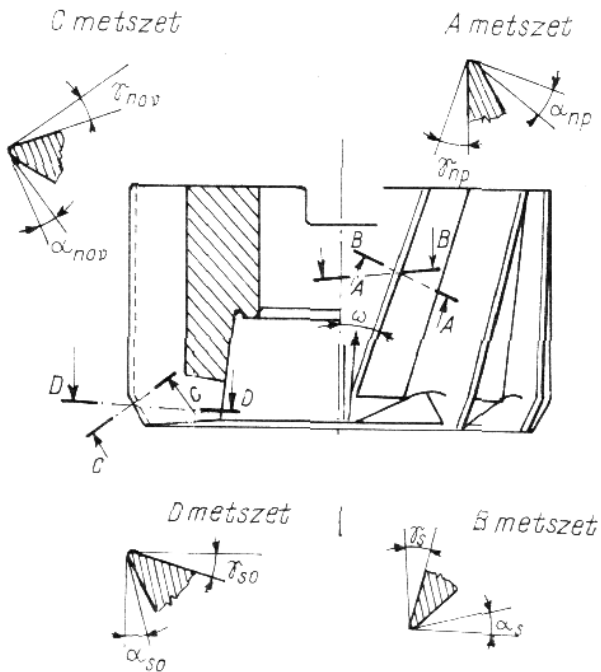
$$\operatorname{tg} \gamma_{so} = \frac{\operatorname{tg} \gamma_{nov} - \operatorname{tg} \lambda \cos \kappa}{\sin \kappa},$$

ahol γ_{nov} az orron levő normál homlokszög képsíkban levő vetületét jelenti.



20. ábra. Sarkos orr:

a átmenőél; e egyenes orr; f fogásmélység; h homlokél ρ palástél;
 s simítóréz; ε betétkés csúcshöze; ξ betétkés hajlássöze



21. ábra. Tömör homlokmaró

Ferdeélű maró normál hatássöze (α_{np}) a paláston (21. ábra):

$$\operatorname{tg} \alpha_{np} = \frac{\operatorname{tg} \alpha_n}{\cos \omega}$$

Ferdeélű maró sugárirányú hátsöze (α_{so}) az orron $\kappa < 90^\circ$ elhelyezési szög esetén (21. ábra):

$$\operatorname{tg} \alpha_{so} = \frac{\operatorname{tg} \alpha_{nov}}{\sin \kappa}$$

ahol α_{nov} az orron levő normál hátsöze képsíkban levő vetületét jelenti.

Tengelyre merőlegesen hátraesztérgált maró hátsögeének vetülete (α_{nv}) a forgácsolóél bármely pontján a forgácsolóélre merőleges síkban:

$$\operatorname{tg} \alpha_{nv} = \frac{R}{r} \operatorname{tg} \alpha \cos \nu$$

egyenletből számítható ki, ahol α a maró hátsöze;

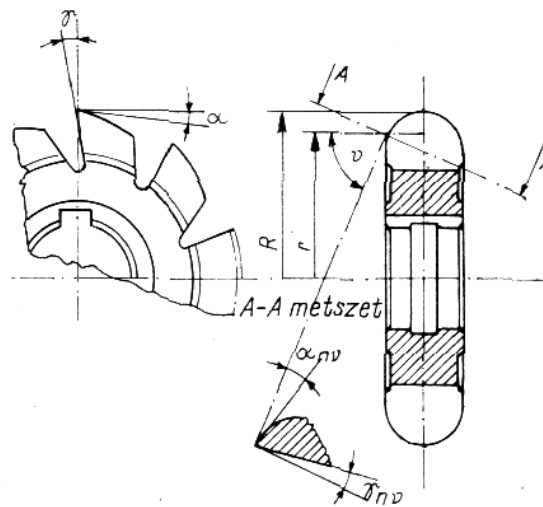
ν a tetszőlegesen választott metszősík hajlássöze;

R a külső átmérő sugara;

r a metszősík és a forgácsolóél illeszkedési pontjának sugara (22. ábra).

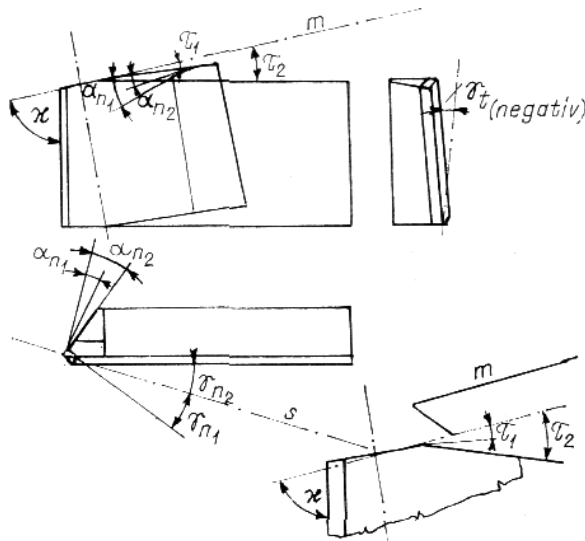
Ha $\gamma = 0$, akkor a képlet α_n -re érvényes, tehát a forgácsolóél bármely pontjának normál hátsöge.

— *Betétkés* (23. ábra): a szerszámtest anyagától eltérő anyagból készült forgácsolóelem (19. ábra).



22. ábra. Hátraesztérgált domború félkörmaró (alakmaró)

— *Betétkezés hajlásszöge* (ξ): a betétkezés hossz tengelyének a maró tengelyre merőleges síkkal bezárt szöge. Ha ez kisebb 45° -nál, akkor a betétkésések sugárirányú, ha pedig nagyobb 45° -nál, akkor tengelyirányú elhelyezésűek (24. ábra).



23. ábra. Sugárirányú betétkezés:

- α_{n1} homlokél elsődleges normál hátszög;
- α_{n2} homlokél másodlagos normál hátszög;
- α_{n1p} palástél elsődleges normál hátszög;
- α_{n2p} palástél másodlagos normál hátszög;
- γ_{n1} elsődleges normál homlokszög (negatív);
- γ_{n2} másodlagos normál homlokszög (pozitív);
- γ_t tengelyirányú homlokszög;
- τ_1, τ_2 , mellékél-elhelyezési szögek;
- s a maró tengelyén átmenő sík;
- m a maró tengelyére merőleges sík.

— *Betétkezés dőlésszöge* (ϱ): a betétkezés felfekvő felülete és a maró tengellyel párhuzamos sík közötti szög (17. ábra).

— *Betétkéses csúcsszög* (ϵ): a palástél és homlokél által bezárt szög (24. ábra).

— *Betétkés-orr*: a palástél és homlokél közötti átmenet.

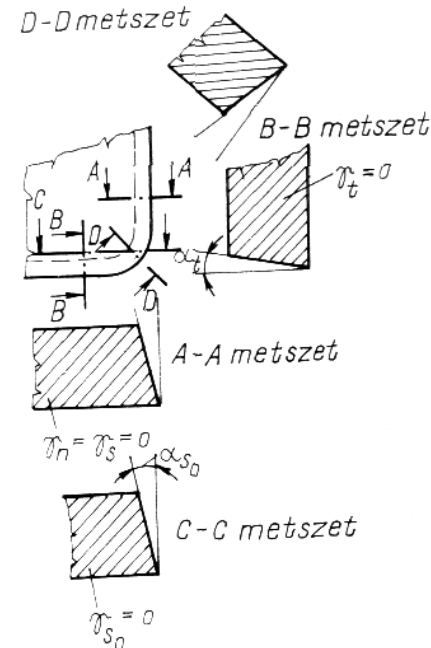
Ez a következőképpen alakítható ki:

A palástél közvetlenül metszi a homlokélt, ilyenkor orr nincs (19. ábra).

Palástél — egyenes vagy lekerekített orr — homlokél.

Palástél — egyenes vagy lekerekített orr — homlokél simítórészsel (20. ábra).

Palástél — egyenes orr — átmérő — homlokél simítórészsel (24. ábra).



24. ábra. Lekerekített orr

2.2. A marószerszámok anyagai

Az 1. táblázat a maró fajtája szerint adja meg a legalkalmasabb, leg-gazdaságosabb szerszámanyagot. Az R jelűek kifejezett gyorsacélok, a W jelűek gyengébb minőségűek.

Kiegészítésként meg kell jegyezni, hogy precíziós öntéssel is készítenek bizonyos szerszámacélból marókat. Ezzel a módszerrel a költséges forgácsolási műveleteket meg lehet takarítani, és az anyag kihasználása is kedvezőbb. Az eddigi tapasztalatok szerint az öntéssel készített maró forgácsolóképesége kisebb, mint a kovácsolt anyagból készítetté.

Gyakorlati tapasztalatok szerint a többször átkovácsolt szerszám-acél szövetszerkezete finomabb, az ebből készült maró igen kopásálló és szilárd.

Drága szerszámanyagot takaríthatunk meg a maró betétkéses megoldásával. Ekkor csak a forgácsolóéleket hordozó betétkést kell drága minőségű acélból készíteni, míg a szerszámtest ötvöztelen vagy gyengén ötvözött olcsó acélból van.

1. táblázat

Marók anyagai

(Jelölések az MSZ 4351—66 szerint)

A maró fajtája	Anyagminőség		
	Nehéz és nagyon nehéz megmunkáláshoz HB 230 kp/mm ² felett	Közepes nehézségű megmunkáláshoz HB 150...230 kp/mm ² között	Könnyű és nagyon könnyű megmunkáláshoz HB 150 kp/mm ² alatt
Palástmaró Tömör kivitelű homlok-, horony-, tárcsa- és szögmaró \varnothing 120 mm alatt			
Szár- és hosszlyukmaró 10 mm alatt	R 1 ^a	R 3 ^c	W 8
T-horonymaró	R 3 ^a	K 1	R 5 ^b
Szögmaró szárral			
Idommaró			
Marófej	R 1 ^a	R 2	
Összetett kivitelű homlok-, horony-, tárcsa- és szögmaró \varnothing 120 mm felett	R 2	R 3 ^d K 1	R 3
Szár- és hosszlyukmaró \varnothing 10 mm felett	R 1 ^a R 3	R 5 K 1	R 5 ^b W 8
Tárcsás fogaskerékmaró	R 5	R 5	W 8
Lefejtő- és menetmaró	R 2 ^c	R 3	R 3
Fűrész-tárcsa szegmensbetétek	R 3		
Fűrész-tárcsák	R 3 ^b	R 4	R 4

Megjegyzés:

- a Tömör anyagból csak 7°-nál nagyobb csavarvonalemelkedésű marók készíthetők. Idommarónak nem alkalmas.
 b Csak hosszlyukmarókhoz.
 c Szár- és hosszlyukmaróhoz, valamint szögmaróhoz nem alkalmas.
 d Csak horony-, tárcsa- és szögmaróhoz.
 e Csak lefejtő- és menetmaróhoz.
 f Csak \varnothing 60-ig.
 g Legjobb minőség, csak legnagyobb igénybevételre, kis átmérőhöz.

A tömör anyagból készített és a betétkéses megoldás között foglal helyet a *felhegesztett élű maró*. Ez úgy készül, hogy a fogak helyét ki-munkálják és felrakóhegesztéssel töltik fel a szerszámél helyét. A felrakó-hegesztéshez általában K1, R3 vagy R5 minőségű szerszámacélt használnak. A felrakott szerszámacél minősége nem azonos a jól átkovácsolt ugyanolyan összetételű anyag minőségével, ezért az ilyen maró forgácsolóképesége is rosszabb, mint a jól megmunkálható betétkéses maróé. A felhegesztett élű maró felrakott éleinek edzése is körülményes. Ezért csak ritkább esetekben használják.

2.2.1. Keményfém mint betétkésanyag

Míg a nagyobb méretű marókhöz ma is használatos a gyorsacélból készített betétkés, addig újabban mind gyakrabban alkalmaznak keményfém betétkéseket a marókhöz.

Régebben a betétet ugyanolyan formában használták, mint a felforrasztott élű esztergakésen (16. ábra). A keményfém felforrasztásakor és a felforrasztott lapkák élezésekor azonban mindig sok volt a selejt, a késtest és a keményfém egymástól eltérő hőtágulási együtthatója miatt. Ezért mindinkább áttérnek a betétkések *mechanikus felerősítésére*. Ennek igen komoly előnyei vannak. Egyrészt elmarad a forrasztásból eredő selejt, másrészt már eredetileg élezett lapkát lehet használni, tehát az üzemnek nem kell foglalkoznia a keményfém lapka élezésével.

A legfejlettebb betétkés-megoldás a *váltóélű betétkés* vagy röviden *váltólapka*. E megoldás során a lapkát már teljesen méretre megmunkálva, finoman köszörült állapotban használjuk fel. A négyszög alakú lapka negatív homlokszögű kiképzésénél nyolc él van, a pozitív forgácsoló-élnél pedig négy. Így nyolc, ill. négy alkalommal lehet a lapkát új éllel felhasználni. A lapkát az él elhasználódása után el lehet dobni, ezért hívják az ilyen lapkákat az angolok „dobd el” lapkáknak.

A keményfémek jó forgácsoló tulajdonságaikat nagy keménységüknek és hőszilárdságuknak köszönhetik. Mint ismeretes, a régi szénacélok már 220 °C-on kezdik elveszteni keménységüket. Ezért az ilyen anyagból készített szerszámokkal csak kis forgácsolósebesség esetén lehet dolgozni. Az 1900-as évek elején fejlesztette ki Taylor a gyorsacélokat, amelyek keménységüket 560 °C-ig megtartják. Ezekkel gyakorlatilag kétszer akkor forgácsolósebességgel lehet dolgozni, mint a régi szénacélokkal.

Az 1920-as évek végén porokból zsugorítással, tehát a mai nyelven szólva porkohászati módszerekkel állították elő a keményfémeket. Ezek 1000 °C-on még keményebbek, mint a leggazdagabban ötvözött gyorsacélok.

2. táblázat

Zsugorított forgácsoló keményfémek

DA sorozat, főleg acélok forgácsolására (MSZ 1990/1—66 szerint)

ISO jel	Anyag-jel	Felhasználási csoport		A jellemzők változása
		Megmunkálendő anyag	Felhasználás és forgácsolási feltételek	
P01	DA01	Acél, acélöntvény	Finomesztergálás és finomfúrás, nagy forgácsolósebesség, kis forgácskeresztmetszet, rezgésmentes munkakörülmények	A keményfém szívóssága Előtölés A keményfém kopásállósága Forgácsolósebesség
P10	DA10	Acél, acélöntvény	Esztergálás, másolóesztergálás, menetesztergálás és marás, nagy forgácsolósebesség, kis vagy közepes forgácskeresztmetszet	
P20	DA20	Acél, acélöntvény, temperöntvény (folyó forgácsot adó)	Esztergálás, másolóesztergálás, marás, közepes forgácsolósebesség, közepes forgácskeresztmetszet, gyalulás, kis forgácskeresztmetszettel	
P30	DA30	Acél, acélöntvény, (folyó forgácsot adó)	Esztergálás, marás, gyalulás, kis vagy közepes forgácsolósebesség, közepes vagy nagy forgácskeresztmetszet, kevésbé kedvező munkakörülmények	
P40	DA40	Acél, acélöntvény (homokzárványos, üreges)	Esztergálás, gyalulás, vésés, automatamunkák, kis forgácsolósebesség, nagy forgácskeresztmetszet, nagy homlokszög alkalmazható, kevésbé kedvező munkakörülmények*	
P50	DA50	Acél, acélöntvény kis és közepes szilárdsággal (homokzárványos, üreges)	Nagyszívósságú keményfémeket igénylő esztergálás, gyalulás, vésés, automatamunkák, kis forgácsolósebesség, nagy keresztmetszet, nagy homlokszög alkalmazható, kedvező munkakörülmények	

* Nehezen megmunkálható alapanyag vagy alak, öntési vagy kovácsolási kéreg, változó keménység stb. ..., változó fogásmélység, megszakított forgácsolás, rezgésnek kitett munkák.

A keményfémeknek azonban nagy hátrányuk, hogy szakítószilárdságuk igen kicsi és ezért, különösen kezdetben, csak negatív homlokszöggel lehetett használni. Azóta a keményfémek igen nagy fejlődésen mentek keresztül, ami keménységük további fokozásán kívül főleg szakítószilárdság növelésében jelentkezett.

A legújabb szakirodalmi adatok szerint már készítenek olyan keményfémeket, amelyeknek szakítószilárdsága eléri a $\sigma_n = 180 \text{ kp/mm}^2$ értéket. Az ilyen minőségű keményfém szerszámok ugyanolyan élgeometriával dolgozhatnak, mint a gyorsacélok. (Ilyen minőségű keményfém azonban Európában még nem kapható.)

3. táblázat

Zsugorított forgácsoló keményfémek

DU sorozat, általános (univerzális) használatra (MSZ 1990/1—66 szerint)

ISO jel	Anyag-jel	Felhasználási csoport			A jellemzők változása
		Megmunkálendő anyag	Felhasználás és forgácsolási feltételek		
M10	DU10	Acél, mangán-acél, acélöntvény	Szürkeöntvény (ötvöztelen és ötvözött)	Esztergálás, közepes vagy nagy forgácsolósebesség, kis vagy közepes forgácskeresztmetszet	A keményfém szívóssága Előtölés A keményfém kopásállósága Forgácsolósebesség
M20	DU20	Acél, acélöntvény ausztenites acél, mangán-acél	Szürkeöntvény	Esztergálás, marás, közepes forgácsolósebesség, közepes forgácskeresztmetszet	
M30	DU30	Acél, acélöntvény, ausztenites acél, hőálló ötvözetek	Szürkeöntvény	Esztergálás, marás, gyalulás, közepes forgácsolósebesség, közepes vagy nagy forgácskeresztmetszet	
M40	DU40	Lágy automataacélok, acél alacsony szilárdsággal, színesfémek, könnyű ötvözetek		Esztergálás, leszúrás, elsősorban automatákon	

4. táblázat

Zsugorított forgácsoló keményfémek

DR sorozat, főleg rideg anyagok megmunkálására (MSZ 1990/1-66 szerint)

ISO jel	Anyag-jel	Felhasználási csoport		A jellemzők változása
		Megmunkálendő anyag	Felhasználási és forgácsolási feltételek	
K01	DR01	Edzett acél, kéregöntvény (keménység >85 Shore°), szürkeöntvény nagy keménységgel, Al-öntvények nagy Si-tartalommal, erős koptató hatású műanyagok, keménypapír, kerámia anyagok	Esztergálás, finomesztergálás, finomfűrés, simítómarás, hántolás	A keményfém szívóssága ↓ Előtolás ↑ A keményfém kopásállósága Forgácsolósebesség
K10	DR10	Edzett acél, szürkeöntvény HB > 220 kp/mm ² temperöntvény (rövid forgácsot adó), rézöntvények, Al-öntvények (Si-tartalommal), műanyag, keménygumi, keménypapír	Esztergálás, marás, fűrés, dörzsölés, üregelés, hántolás	
K20	DR20	Szürkeöntvény HB < 220 kp/mm ² , réz, sárgaréz, alumínium	Esztergálás, marás, gyalulás, dörzsölés, üregelés (nagyszívóságú keményfémeket igénylő munkák)	
K30	DR30	Acél kis szilárdsággal, szürkeöntvény kis keménységgel, rétegelt falemez	Esztergálás, marás, gyalulás, vésés, nagy homlokszög alkalmazható, kevésbé kedvező munkakörülmények	
K40	DR40	Színesfémek, kemény- és puhafa (fűrészáru)	Esztergálás, marás, gyalulás, nagy homlokszög alkalmazható, kevésbé kedvező munkakörülmények*	

* Nehezen megmunkálható alapanyag vagy alak, öntési vagy kovácsolási kéreg, változó keménységek stb., változó fogásmélység, megszakított forgácsolás, rezgésnek kitett munkák.

Az MSZ 1990-66 alapján táblázatokban ismertetjük a Magyarországon gyártott zsugorított forgácsoló keményfémeket. Ezek felhasználásuk szerint három forgácsolási főcsoportba sorolhatók:

- DA sorozat, főleg acélok forgácsolására (2. táblázat);
- DU sorozat, általános (univerzális) használatra (3. táblázat);
- DR sorozat, főleg rideg anyagok megmunkálására (4. táblázat).

A szabványosítás és a gyakorlati élet között mindig van egy-két év követési távolság. Ezért nem szabványosították még a keményfémek már forgalomba került legújabb csoportját, a titán-karbid bevonatú keményfémeket.

A DA sorozatba tartozó keményfémek legkeményebb és legkopásállóbb tagjai már amúgyis tartalmaznak titán-karbidot, egy évtizeddel ezelőtt azonban eljárást dolgoztak ki a hajlítószerszámok kopásállóságának növelésére titán-karbid bevonattal. A 0,01 mm vagy annál vékonyabb titán-karbid nagy keménysége és kopásállósága következtében a szerszámok élettartamát egy-két nagyságrenddel, azaz 10...100-szorosára emelte.

Ugyanezt valósították meg a titán-karbid tartalmú keményfémeknél is. Az eredeti titán-karbidot tartalmazó keményfém Vickers-keménysége 50 p terhelés esetén 1500...1700, míg a titán-karbid vékony bevonatáé 4500...5100. Ez a magyarázata annak, hogy a titán-karbid bevonatú lapkák kopásállósága az eredeti lapkéához viszonyítva 3...5-szörös. Ezt a gyakorlatban kétféle módon hasznosítjuk. Vagy az élettartamot állítjuk be azonos időre, amikor is jelentősen nagyobb forgácsolósebességgel lehet dolgozni, vagy azonos forgácsolósebesség mellett az élettartam növekszik a többszörösére. Ha a megmunkált méret tartása fontos, vagy az előírt felületi minőség miatt csak igen kis méretű kopás engedhető meg, akkor az utóbbi változatot választjuk. Ha ellenben a termelékenységet kell növelni, és nagyolás mellett az időegység alatt a legtöbb anyagtérfogatot kell lemunkálni, akkor az idő megrövidítése, tehát a forgácsolósebesség növelése a cél. Ezek pontos eldöntésére fontosabb esetekben gondos számítást kell végezni.

2.2.2. Gyorsacélból készült marószerszámok

Marásra legcélszerűbb szabványosított marókat használni. A hazai maró — különösen a gyorsacél maró — szabványok annyira részletesek, és annyira kimerítik a marás munkaterületét, hogy csak a legkritikább esetben fordul elő, hogy a szabványostól eltérő maróra van szükség.

A keményfém lapkás betétkéses marók szabványosítása már nem ilyen részletes, mert megfelelő típusok hazai gyártása ma sincs megoldva,

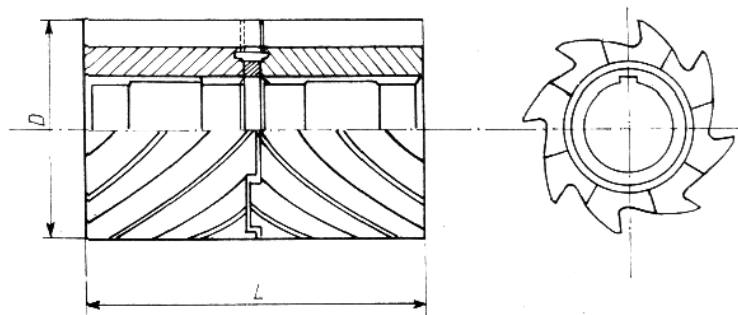
és iparunk különösen a nagyteljesítményű váltólapkás kiviteleknel néhány világviszonylatban is vezető kivitelű gyártmánnyal dolgozik.

Martfogazású gyorsacélmarók. A legutóbb kiadott *Forgácsolószerszámok* szabványgyűjtemény a különféle típusú marókkal kb 500 oldalon keresztül foglalkozik. Ezért e könyvben csak az egyes típusok jellemzőinek ismertetésére szorítkozunk.

Martfogazású palástmaró látható munka közben az 1. ábrán $\omega=20^\circ$ ferdeségi szöggel. Ugyanez a marótípus készül még $\omega=45^\circ$ változatban is, továbbá ritkafogazással könnyűfém megmunkálásra.

Mindhárom marótípus készülhet hosszirányú vagy keresztirányú reteszhoronnyal. A hosszirányú reteszhoronyos megoldásnak az a hátránya, hogy a marótestbe bemunkált retesz- vagy ékhorony a marótestet gyengíti. A keresztirányú reteszhorony a nyomatókat kedvezőbben viszi át, de csak akkor használható, ha a marógép és a marótüske ennek megfelelően készült.

A ferdefogú palástmarónak az a hátránya, hogy a ferdeség miatt munkaközben tengelyirányú erőhatás lép fel. Ez különösen nagy ferdeség esetén tetemes is lehet. Ezért széles felületek marására célszerű *összetett martfogazású palástmarót* használni. Ezt különböző dőlésszögű



25. ábra. Összetett palástmaró (MSZ 3851—58)

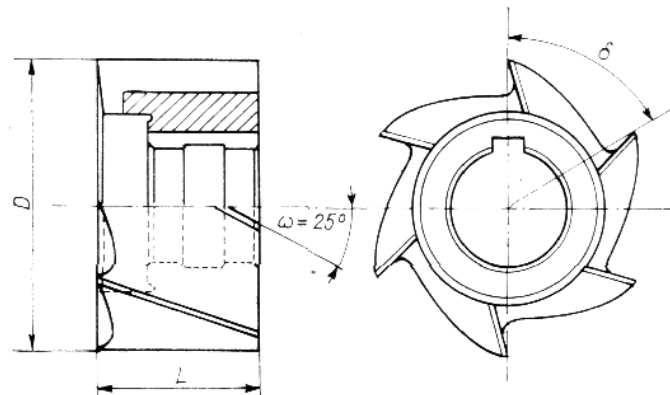
ferdefogú marókból építik össze. Ennek következtében az egyik félnél keletkező tengelyirányú erőt kiegyenlíti a másik fél ellenkező ferdeségű fél tengelyirányú ereje. Így a maró élén — eltekintve a sugárirányú erőtől — végeredményben csak érintőleges irányú erő lép fel munka közben (25. ábra).

Martfogazású homlokmaró acél és öntöttvas megmunkálásra $\omega=20^\circ$ ferdeséggel készül, míg könnyűfémhez $\omega=25^\circ$. Mindkettő készülhet hossz- és keresztirányú reteszhoronnyal (26. ábra).

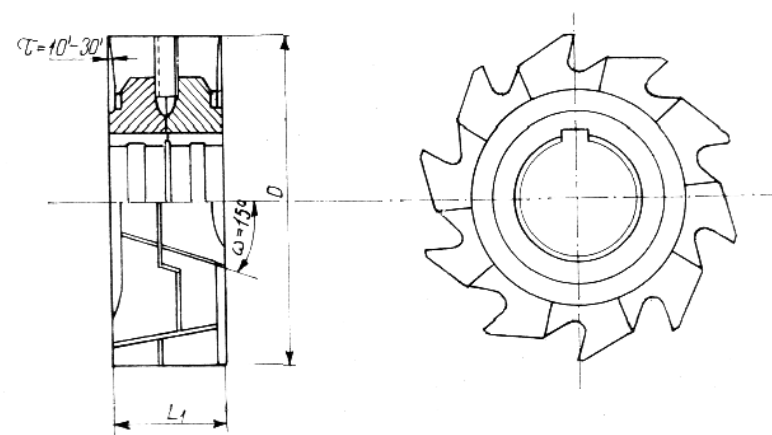
Nagyteljesítményű keresztfogazású tárcsamaróval (15. ábra) hornyokat marnak. Munka közben a 3. ábrán látható. Régebben használtak egyenesfogú és sűrűbb fogazású tárcsamarót is, ezek azonban ma már nem szabványosak kis teljesítményük miatt.

Szélesebb hornyokat *összetett keresztfogazású tárcsamaróval* munkálnak meg. A két részből összetett maró fogai egymásba nyúlnak, és a pontos szélességi méretet közgyűrűvel állítják be (27. ábra).

A fűrésztárcsa hasítékmarásra és darabolásra szolgál. Vékony hasítékok marására (pl. csavarfejekbe) sűrű fogazású fűrésztárcsát használunk (5. ábra), de fémek darabolására a ritkább fogazású fűrésztárcsa

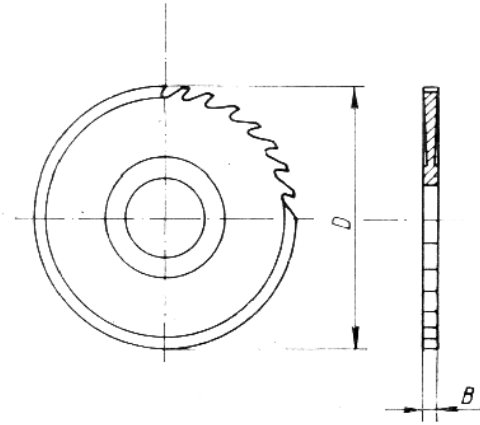


26. ábra. Martfogazású homlokmaró könnyűfémhez (MSZ 3854—58)

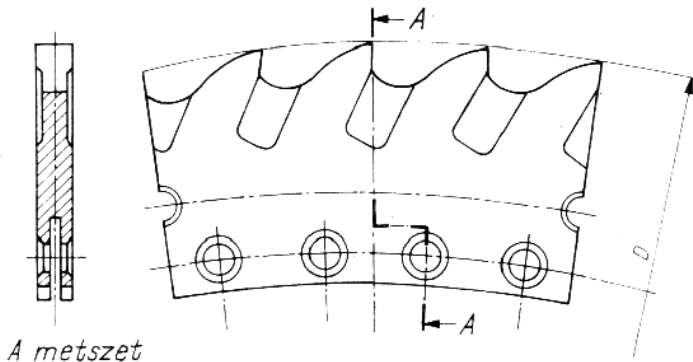


27. ábra. Összetett keresztfogazású tárcsamaró (MSZ 3859—60)

alkalmas, kb. $\varnothing 200$ mm-ig (28. ábra). Nagy átmérőjű szerszámok anyaga túlságosan drága, ezért $\varnothing 260$ mm-nél nagyobb átmérőjű szerszámot úgy készítünk, hogy a szénacél tárcsára többfogas szegmensbetéteket szerelünk (29. ábra).



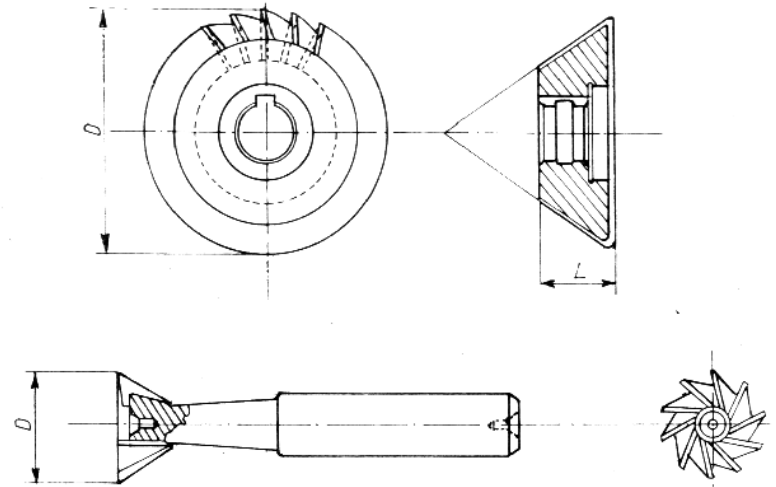
28. ábra. Daraboló fűrész tárcsa (MSZ 3861—60)



29. ábra. Fűrész tárcsa-szegmensbetét (MSZ 3965—61)

A prizmaszöveték-maró a szögmaró egyik változata (30. ábra). Teljesítménye korlátozott, ezért — mint az ábrán látható — a munkadarabot nagyobb teljesítményű maróval elő kell marni, és a szögmaróval csak azt az anyagterefogatot távolítjuk el, amelyet más maróval már nem lehet.

Az ujjmaró vagy szármaró több változatban készül, $\varnothing 3...63$ mm méretre hengeres vagy kúpos szárral, acél, öntöttvas és könnyűfém megmunkálására alkalmas megoldásban (4. ábra). Ebbe a csoportba tartoznak még az ún. hosszlyukmarók, amelyekkel tömör anyagba félkör végződésű hornyot, bizonyos esetekben átmenő lyukat marnak. Ezeket



30. ábra. Prizmaszöveték-maró (MSZ 3862—60 és MSZ 3879—60)



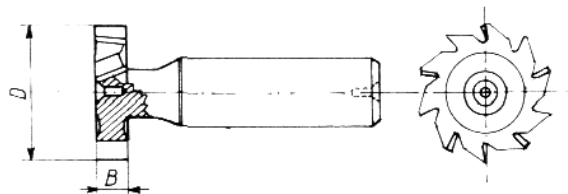
31. ábra. Hosszlyukmaró (halfarkú maró) (MSZ 3874—60)

a teljesítmény növelése céljából két éllel készítik. Így jut egy fogra kellő vastagságú forgács, a fajlagos forgácsolási ellenállás értéke így a legkedvezőbb. Ezt a marófajtát még a kettős élkiképzés miatt *halfarkú marónak* is nevezik (31. ábra). Ez a marófajta is Morse-kúpos és hengeres szárral készül $\varnothing 3...26$ mm méretre.

Az íves retesz- (Woodruff-) marót (32. ábra) a gépgyártásban gyakran használt íves retesz (ék) hornyának elkészítésére használják. A hosszlyukmarónál termelékenyebb, különösen a kisebb méretek esetén.

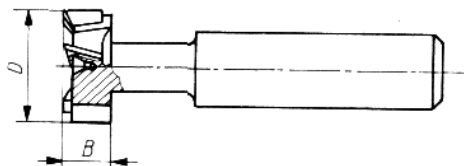
Ø 4...45 mm között hengeres szárral készül, Ø 55...80 mm között furattal, úgyhogy tüskére fogva alkalmazható. Szélességi mérete a szabványosított reteszméretek szerint 1...12 mm között változik.

A maró kitámasztó csúccsal, ill. csúcsfészekkel készül, kitámasztva egyoldalon befogott és a másik oldalon kitámasztott tartóként fogható fel, így két nagyságrenddel nagyobb erőt bír ki, mint ha nincs kitámasztva (egyoldalon befogott tartó).



32. ábra. Íves retesz-(Woodruff-) maró (MSZ 3876—61)

A *T-horonymaró* az alakmarónak egy másik különleges változata. Különösen a szerszámgépek felfogóasztalaiba a T-hornyot marják vele. Ezekbe a hornyokba illesztik bele a T-fejű csavarokat, amelyekkel a munkadarabokat megmunkáláskor a gépek asztalaira felfogják. A termelékenység növelése céljából ezeket is az újabb szabványok szerint keresztfogazással készítik (33. ábra). E marótípus is a szabványosított méretek szerint különféle átmérővel és szélességgel készül, mind Morse-, mind hengeres-szárral.

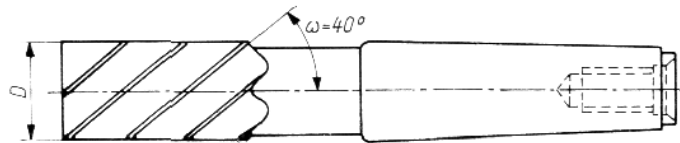


33. ábra. T-horonymaró (MSZ 3877—65)

Az alakmaró (22. ábra) formája igen változatos, leggyakoribb a hátraesztergált megoldás. A 6. ábrán félkör alakú maró látható munkaközben. A hátraesztergált maró előnye, hogy a maró, homlokfelületén köszörülve, az alakját változatlanul megtartja. Hátránya azonban éppen a nullafokú homlokszög, amellyel különösen a lágyabb acélok forgácsolása kedvezőtlenebb.

Különleges profilhelyesbítő eljárással, mint amit az alakos körkéseknel is alkalmaznak, lehet készíteni pozitív homlokszögű hátra-köszörült alakmarót is, de ez nem minden alak esetén oldható meg.

Nagyteljesítményű Morse-kúpos szárú palástmaró Ø 16...63 mm méretre készülhet különböző hosszúságban. Általában függőleges marógépen használjuk, amikor a munkadarab alakja kizárja a tüskére húzott palástmaró alkalmazását (34. ábra). Ez a maró egyoldalon befogott tartóként dolgozik, igénybevételét ennek megfelelően kell számítani.



34. ábra. Nagyteljesítményű palástmaró Morse-kúppal (MSZ 3875—60)

Gyorsacél betétkéses marók. Mint már előzőleg említettük, a nagyobb méretű marók takarékosági szempontból külön marótestből és külön a forgácsolóélt hordozó betétkésből állnak. Így csak a forgácsolást végző betétkést kell drága gyorsacélból készíteni, míg a marótest anyaga ötvözetlen szénacélból készül. Az ilyen szerkezetű marónak sok változata van.

Marófej tengelyirányú sima gyorsacél betétkéssel, a marógép főorsóján levő csatlakozás szerint készülhet:

- hengeres csatlakozó furattal;
- kúpos csatlakozó furattal;
- meredek kúpos főorsófejhez.

A hengeres csatlakozó furatos kivitel a 17. ábrán látható.

Marófej sugárirányú gyorsacél betétkéssel látható a 18. ábrán.

Tárcsamaró gyorsacél betétkéssel.

Nyeles homlokmaró, tengelyirányú vagy sugárirányú betétkéssel, Morse- vagy metrikuskúpos szárral.

A gyorsacél betétkéses marókat mindinkább kiszorítják a keményfém betétkéses marók.

A keményfém betétkéses maróknak három változata van:

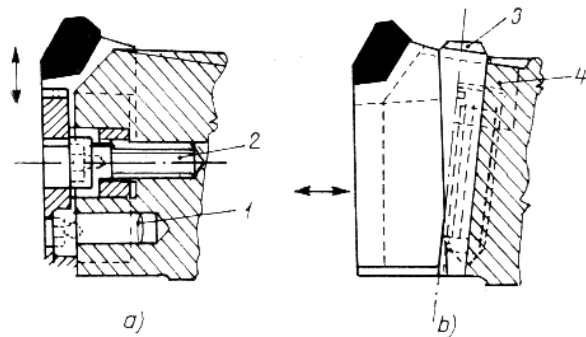
— A legrégebbi változatban a keményfém lapkát *ráforrasztották* a betétkésszárra, akárcsak az esztergakésekre, csak rövidebb szárra. Ezeket a ráforrasztott betétkéseket erősítették be a marótestbe és azután köszörülték át, hogy a forgácsolóélek közös hengerfelületen helyezkedjenek el. Enélkül a fogankénti egyenletes terhelést nem lehetett megoldani;

— a marótestbe sima lapkákat fogtak be *mechanikus felerősítéssel*, de a fogak egyenletes terhelését csak az utólagos átköszörülés biztosította;

— legújabbán az ún. váltólapkás megoldást alkalmazzák. Igen pontosan méretre köszörült és élezett lapkákat erősítenek be ugyancsak igen pontosan megmunkált lapkafészekbe. Ekkor nem kell utólag befogott állapotban átköszörülni a lapkákat, mert az elkészítés pontossága szavatolja az élek egyenletes forgácsoló terhelését. Ezek között találunk olyan megoldást is, hogy a lapkákat mind sugár-, mind tengelyirányban állítani lehet. Ez esetben mérőórával kell a lapkákat mindkét irányba beállítani, hogy ne üssenek.

Ma már alig alkalmazott megoldás, hogy a lapkákat közvetlenül magára a marótestre forrasztják, mert igen körülményes és sok selejtvesztélyt rejt magában.

Keményfém betétkéses marók. A szénacél betétkésre felforrasztott lapkás maró készülhet hengeres vagy kúpos csatlakozó furatú marótesttel, ill. meredek kúpos főorsó-csatlakozással, továbbá nyelesen, Morse-, metrikus- vagy meredek-kúppal. A betétkések elhelyezhetők tengely-, ill. sugárirányban. A 16. ábra betétkéses homlokmarófejet ábrázol tengelyirányban elhelyezett betétkéssel és nyeles kivitelben.



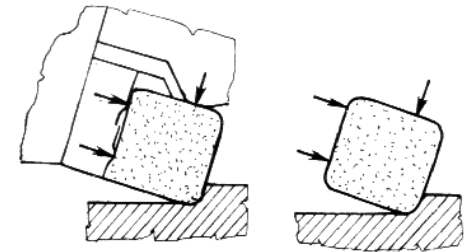
35. ábra. Klingelberg—Radax típusú tengelyirányú betétkéses marófej befogó- és állítószerve:

a 2,5 mm-es tengelyirányú állítási mód. Az állítást az 1 excentrikus fejű csap, a rögzítést a 2 csavar végzi; b 1,7 mm sugárirányú beállítás. A 3 éket a 4 csavarral lehet állítani. A beállítás gyorsítására a tengely- és sugárirányú ütés ellenőrzésére külön-külön mérőórát használnak. A különböző irányú beállítások egymástól függetlenek és egymást nem zavarják.

A 19. ábrán sugárirányú betétkéses marófej látható hengeres csatlakozó furattal. A 35. ábra az állítóberendezést mutatja.

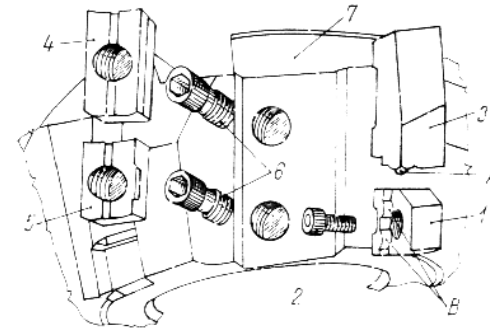
A *sima* (szorító) keményfémlapkás betétkéses maró ugyanazon változatban készíthető, mint az előbbi csoportban. A különbség csupán az, hogy a betétkés maga a sima lapka, és a befogás megoldását ennek megfelelően kell kiképezni. Ilyen példa látható sugárirányú betétkéses lap-

kával a 18. ábrán. Az ábrán a sugárirányú keményfémlapkás betétkésnek kb. 15°-os dőlési szöge is van. Ez a lapka kihasználásának szempontjából előnyös. Az ábrázolt megoldásban ugyanis a $\alpha = 75^\circ$ elhelyezési szögű fő forgácsolólél kopása sokkal nagyobb, mint a mellékélé. Így a kopás utáni újraélezéskor a mellékél csak mintegy $\frac{1}{3}$ részben mozdul el tengely irányban, ez pedig megfelel a kopásviszonyoknak.



36. ábra. Sandvik—Coromant marófej lapkájának helyzete

A váltólapkás maró nincs szabványosítva, mert Magyarországon nem gyártják. A hazai üzemekben főleg a svéd Sandvik gyár Coromant-típusú marófejét használják. Ennek az a lényege, hogy a marófejbe befogott lapka helyzetét három támasztólap határozza meg, mint ez a 36. ábrán látható. A lapka rögzítése a 37. ábrán látható.



37. ábra. Sandvik—Coromant T-max marófej váltólapka rögzítése:

1 közbetét; 2 közbetét-rögzítőcsavar; 3 támasztólap; 4 támasztólap-rögzítők; 5 lapka-rögzítők; 6 rögzítők-csavar; 7 marótest; A tengelyirányú támasz; B sugárirányú támasz

2.3. A marók élzése

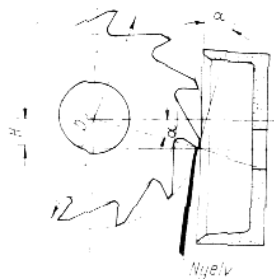
A marók kifogástalan munkájához elengedhetetlen helyes élzésük. Erre igen nagy gondot kell fordítani, mert a helytelenül élezett maróknak teljesítménye gyakran törtrésze a helyesen élezett maróéknak, továbbá a helytelen élzés a drága marószerszám gyors elhasználódására, idő előtti tönkremeneteléhez vezet.

Az üzemekben előfordul, hogy bérmeztakarítás címén a marók élezését gyakorlatlan dolgozóra bízzák. Ennek az a magyarázata, hogy a bérköltség kötött, a szerszámköltség pedig a rezsit terheli, ami nincs korlátozva. Ezzel az üzem kétségtelenül megtakarít maróélezési bérén bizonyos összeget, de a rossz termelékenység és a nagy szerzámköltség miatt ennek tizszeresét fizeti rá.

A maróélezés első feltétele a pontosan futó marótüske, amelyre élezéskor a marót felfogják. Ha az élezőtüske üt, a maró pontatlan lesz. Ha a marógépre felfogott tüske is üt és ütése ellentétes a köszörütüskéével, akkor már induláskor olyan ütéssel kezd a maró dolgozni, amely a legjobban terhelt fogak gyors kopásához vezet. Ez azt jelenti, hogy a marót sokkal rövidebb idő után kell újraélezni, mert ha egy-két fog eléri a megengedett hátkopás mértékét, a marót már élezni kell. A maró éltartama az elkopott térfogattól függ. Ha a maró fogai pontosan futnak, akkor a megengedett kopástól függően minden egyes fagon a legnagyobb megengedett térfogat kopik le. De ha a maró üt, akkor egy-két fagon igen gyorsan bekövetkezik a teljes megengedett kopás. Ekkor a lekopott térfogat csak a törtrésze az *összes fogak* megengedett térfogatának. Ez azt jelenti, hogy a maró éltartama is csak a törtrésze a pontosan futó marónak.

Martfogazású gyorsacélmarók élezése. Az elkopott újraélezendő marókat először pontosan futó tüskére húzzák, és műhelynyelven szólva „áthengerlik”. Ez azt jelenti, hogy a maró átmérőjéből annyit kell leköszörülni, hogy minden fagon mutakozzon a köszörülés nyoma. Ha a maró pontosan futott, akkor csak néhány század mm-t kell átmérőben leköszörülni és már minden fagon látható a szalag. Ha ellenben a maró ütött, akkor esetleg néhány tized mm-t is le kell venni az átmérőből. Már ebből is látható, hogy mennyivel nagyobb a pontosan futó maró élettartama, mennyivel többször lehet megköszörülni, míg annyira elkopik, hogy már nem használható többé.

Ezután következik a hátfelület utánélezése, amelyet helyesen csak fazékkoronggal lehet végezni (38. ábra). Ekkor a maró fogát rugós nyelvvel kitémasztjuk, ügyelve arra, hogy a nyelv olyan közel legyen az élhez, amennyire csak lehet, anélkül, hogy a korong a nyelvbe beleköszörülne. A fazékkorong tengelyét annyival kell a marótengely alá állítani H távolsággal, hogy az előírt hátszöget elérhessük:



$$H = \frac{D}{2} \sin \alpha$$

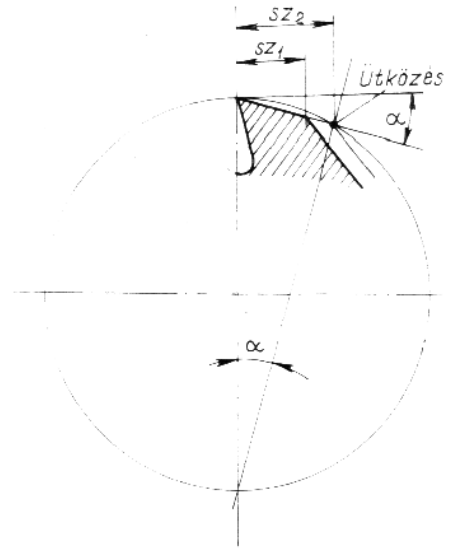
A H értékei különféle D maróátmérőkre a használatos hátszögekhez az 5. táblázatban található.

5. táblázat

A marótengely és élező fazékkorong tengelyének H távolsága

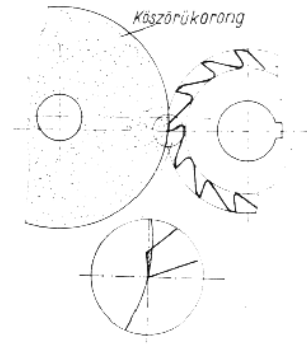
Maró- átmérő D , mm	A maró hátszöge				
	3°	4°	5°	6°	7°
10	0,26	0,35	0,44	0,52	0,61
12	0,31	0,42	0,52	0,63	0,73
14	0,37	0,49	0,61	0,73	0,85
16	0,42	0,56	0,70	0,84	0,97
18	0,47	0,63	0,78	0,84	1,10
20	0,52	0,70	0,87	1,05	1,22
23	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40
26	0,68	0,91	1,13	1,36	1,58
30	0,79	1,05	1,31	1,57	1,83
35	0,92	1,22	1,53	1,83	2,13
40	1,05	1,40	1,74	2,00	2,44
45	1,18	1,57	1,96	2,35	2,74
50	1,31	1,74	2,18	2,62	3,05
55	1,44	1,92	2,40	2,87	3,35
60	1,57	2,09	2,61	3,14	3,66
65	1,70	2,27	2,83	3,40	3,96
70	1,83	2,44	3,05	3,66	4,27
75	1,96	2,62	3,27	3,92	4,57
80	2,00	2,79	3,49	4,18	4,87
85	2,22	2,97	3,70	4,44	5,18
90	2,36	3,14	3,92	4,70	5,48
95	2,49	3,31	4,14	4,97	5,79
100	2,62	3,49	4,36	5,23	6,09
110	2,88	3,84	4,79	5,75	6,70
120	3,14	4,19	5,23	6,27	7,31
130	3,40	4,53	5,67	6,79	7,92
140	3,66	4,88	6,10	7,32	8,53
150	3,93	5,23	6,54	7,84	9,14
160	4,19	5,58	6,97	8,36	9,75
170	4,45	5,93	7,41	8,89	10,36
180	4,71	6,28	7,84	9,41	10,97
190	4,97	6,63	8,28	9,93	11,58
200	5,23	6,98	8,72	10,45	12,19
210	5,50	7,32	9,15	10,98	12,80
220	5,76	7,67	9,59	11,50	13,41
230	6,02	8,02	10,02	12,02	14,02

A maró köszörülésekor előforduló hiba, hogy a többszöri után-
 élezés következtében a hátfelület igen széles lesz. Ennek az a következménye — különösen kis átmérőjű maró esetén —, hogy a hátfelületnek a forgácsolóél mögötti része beleütközik munka közben a mart felületbe, és az él nem tud behatolni az anyagba. Ekkor a maró műhelynyelven szólva „nyom”.



39. ábra. A maró hátszalagjának szélessége

Ha a többszöri élezés következtében a hátfelület igen széles lesz, akkor vagy a másodlagos hátfelületet vagy a homlokfelületet kell utánaköszörülni. A marófogon



40. ábra. Helytelen élezés a korong palástfelületével

megengedhető legnagyobb élszalagszélesség sz értékét a 39. ábra szerint az

$$sz = D \sin \alpha$$

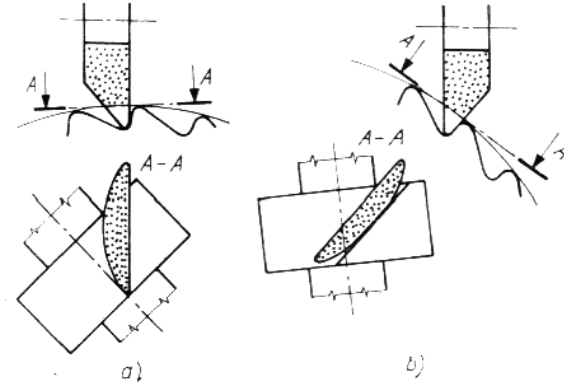
képlet adja meg.

Ebből megállapítható, hogy pl. az $\varnothing 3$ mm-es $\alpha=5^\circ$ hátszögű horonymaró 0,262 mm széles hátszalagjának sarka beleütközik a megmunkált felületbe. Ezért a kis átmérőjű maró hátszögét meg szokták növelni.

Helytelen az a szokás, hogy a maró hátszögét a köszörűkorong palástfelületével köszörüljük. Ekkor a marófog hátfelülete homorú lesz (40. ábra). Ennek az a következménye, hogy a maró éltartamát kimerítő kopási térfogatnak egy részét már a köszörűkorong eltávolította.

A csavarvonal-emelkedésű (ferde) fogkiképzésű maró homlokfelületét néha utána kell köszörülni. Ennek a helyes elvégzése tányér-

koronggal a 41. ábrán látható. Igen fontos, hogy a homlokfelületet a tányérkorong kúpos kiképzésű felületével köszörüljük, mert a síkfelület belevágna az él csavarvonalú felületébe.



41. ábra. Ferde fogkiképzésű palástmaró homlokfelületének utánköszörülése a tányérkorong kúpos felületével: a helytelen; b helyes

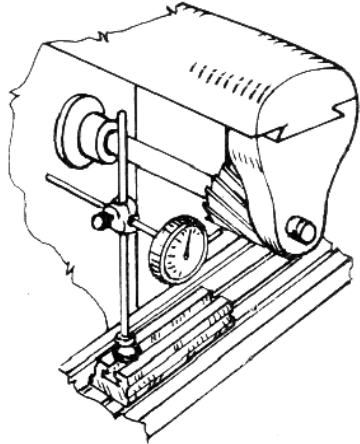
Keményfémű marók élezésére amennyiben a betétkékeket befogott állapotukban élezünk, értelemszerűen érvényesek az előzőekben lefektetett alapelvek. Ha a betétkékeket kiszertelt állapotban élezzük, akkor igen egyszerűen be lehet tartani az előírt élszögeket megfelelő befogószerkezetben. Ezt ugyanúgy végezzük, mint bármely esztergakés köszörülését, ezért erre nem térünk ki.

A gyorsacél és a keményfém betétkékek élezése között az a nagy különbség, hogy a keményfém betétkékeket ma már kizárólag gyémántkoronggal élezzük. Régebben, amikor még nem állt rendelkezésre gyémántkorong, a keményfém betétkékeket zöld szilícium-karbid korongokkal köszörülték meg. Ennek anyaga alig keményebb, mint a keményfém, és ezért a szilícium-karbid korong nem annyira forgácsolta, hanem inkább kiverte a keményfém karbidszemcséit a lágyabb kobaltkötésből. A szilícium-karbid koronggal tehát nem lehetett elég finom élt előállítani. Már pedig különösen a keményfém szerszámok éltartama igen nagy mértékben függ az él finomságától. Ma már a keményfém szerszámok élezésére különféle minőségű gyémántkorongok állnak rendelkezésre, nincs értelme a régebbi kényszermegoldással foglalkozni.

A keményfém betétkéses maró élezésének legmegbízhatóbb módja, amely a pontos futást, tehát az egyes maróélek egyenletes terhelését biztosítja, különösen fúró-maró műveknél található. Ezekhez a szer-

számgépekhez olyan élező berendezést szállítanak, amellyel a gép fő-orsójába befogott marót befogott állapotban lehet élezni. Ez a berendezés is természetesen gyémántkoronggal dolgozik.

A maró ellenőrzése. Az élezés helyességét mindig ellenőrizni kell. Nem elég azonban az üzemben élezett maró helyes élezését ellenőrizni, hanem az újonnan vásárolt maró helyes élezéséről és futáspontosságáról is meg kell győződni. Előfordulhat ugyanis, hogy egyes szerszámgyárak, abból az elgondolásból kiindulva, hogy a felhasználó a felhasználás céljaira úgyis átköszörüli a marót, azt csak tessék-lássék módon élezzik meg, rosszul értelmezett takarékosági szempontból. Az ilyen marónál előfordulhat, hogy új állapotában is már pár tized mm-t üt. Ilyen marót természetesen nem szabad munkába állítani, hanem megfelelően át kell élezni.



42. ábra. A maró ütésének ellenőrzése mérőórára

A maró ütését mérőórával ellenőrizzük (42. ábra). Az ütésen kívül még ellenőrizni kell, hogy az élezés első műveletéből, a hengerlésből visszamaradt hátszögnélküli élszalag nem túlságosan nagy-e. Az élszalag ugyanis, amelynek nincs hátszöge, már bizonyos hátkopási értéket jelent, és ez a maró éltartamának a rovására megy. Pl., ha finom simítómarást kell végezni, amikor a megengedett hátkopás csak 0,2 mm, akkor a 0,1 mm-es hengerlésből visszamaradt élszalag már az éltartamnak a felét felemészti. Ezért a hátszögnélküli élszalag 0,01...0,03 mm-nél nagyobb ne legyen. De ha az ütést enélkül is ki tudjuk küszöbölni, akkor még ilyen élszalagra sincs szükség.

Ugyancsak ellenőrizni kell az élek felületi minőségét. Ez különösen fontos, ha sima felületet kell elérni, de az él simasága még az éltartam növelése szempontjából is fontos. Régebben azt tartották, hogy gyorsacél maró élének felületi minőségétől nem függ az éltartam. Az újabb kutatások azonban bebizonyították, hogy e szerszámélének finomsága is növeli az éltartamot. Finom él köszörülésére újabban a köbös kristályszerkezetű bór-nitrid korongok igen alkalmasak.

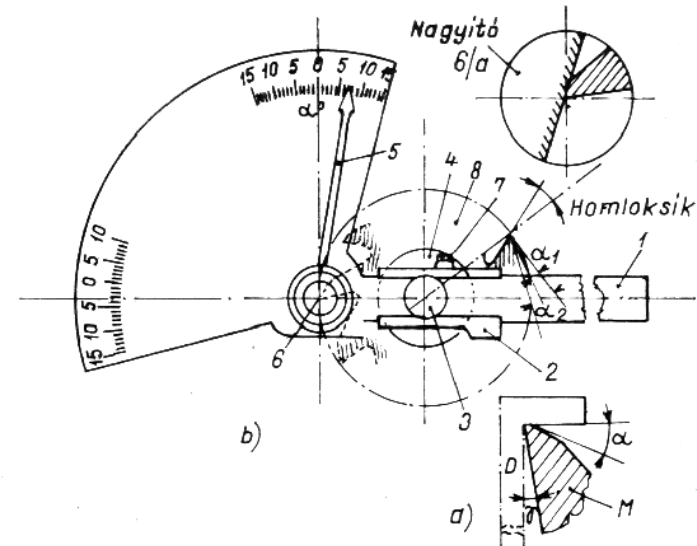
Az alumínium-oxid koronggal élezett maró esetén fennáll az a veszély, hogy mire az összes fogak végső simító élezését elvégezzük, a korong kopása miatt az utoljára élezett fogak esetleg század mm-rel

is kijebb állnak. Tehát még a pontos futást sem lehet megvalósítani. A köbös bór-nitrid korong éltartama azonban kb. százszorosa az alumínium-oxidénak és így mind a pontos futás, mind a kellő élfínomság elérhető vele. Gyémántkorong gyorsacél köszörülésére nem alkalmas. A köszörüléskor fellépő hőmérsékleten a gyémánt és az acél érintkezési zónájában oxidációs jelenségek lépnek fel, és ez a hatásos köszörülést akadályozza.

A köbös bór-nitrid kereskedelmi elnevezései: a General Electric Co. gyártmányát *borazonnak*, a szovjet gyártmányokat *elbormnak* és *kubonitnak* nevezik.

Az ellenőrzésnek természetesen ki kell terjednie az élszögek ellenőrzésére is. A γ homlokszöget és az α hátszöget mindenképpen ellenőrizni kell. Erre a célra alkalmas a 43. ábrán bemutatott készülék, melyet az üzemi szerszáműhely is elkészíthet.

Ellenőrzéskor a 8 marót a 3 központosító csapon levő 4 közbetétperselyre húzzuk. Az 1 mérőléceket beállítjuk a maró átmérőjének megfelelően a 2 vezeték segítségével, majd az 5 mutatóval a 6 nagyító jelzővonalát a mérendő hátélsávval hozzuk fedésbe. Az α hátszöget az 1 mérő-



43. ábra. A γ homlokszög és α hátszög ellenőrzése:

1 szögbeosztásos mérőléce; 2 mérőlécevezeték; 3 központosító csap; 4 közbetétpersely a szabványos marófuratoknak megfelelő átmérővel; 5 mutató, egybeépítve a 6 nagyítóval és 6a jelzővonalal, továbbá a 0,1 mm osztású Brinell-nagyítóval; 7 rögzítőcsavar; 8 az ellenőrzendő maró

léc szögskáláján kell leolvasni. A másik skálán ugyanígy a γ homlokszög számértéke olvasható le.

A készülék nagyítójával egyúttal az élt is ellenőrizhetjük, hogy nincs-e repedés vagy elszíneződés rajta.

Célszerű megmérni a maró keménységét, hogy edzési hiba következtében nem vett-e a keménységéből. A mérést a forgácsolófogak közelében végezzük, mert helytelen edzés következtében éppen a fogak kis keresztmetszeteinél léphet fel elszéntelenedés, ami helyi kilágyulást okozhat. Az előírt keménység bizonyos mértékig függ a maró anyagától. A leggyakrabban használt R 3 gyorsacél maróra az előírt keménység 65...63 HRC.

3. MARÓGÉPEK

3.1. A fő- és a mellékmozgások szerepe

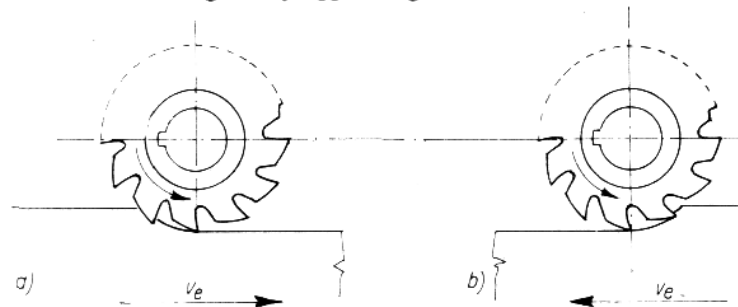
A forgácsoló szerszámgépek nagy általánosságban egyélű, többélű és sokélű szerszámokkal végzik munkájukat. A marást ezek közül a többélű (szabályosélű) szerszámmal dolgozó gépek csoportjába soroljuk.

A marógép legjellemzőbb tulajdonsága, hogy a szerszám forog, és a munkadarabot meghatározott előtolási sebességgel mozgatjuk a forgásban levő marószerszámhoz képest.

A munkadarab (haladó) előtoló mozgása lehet egyenirányú és ellenirányú a maró forgási értelméhez képest. Egyenirányú a marás, ha a maró fogainak forgásiránya egyezik az előtolás irányával, és ellenirányú, ha ellentétes azzal (44. ábra).

Egyenirányú marás esetén a munkadarabot hordozó asztalra kényszerített haladó (előtoló) mozgás hajtóelemének (előtoló orsójának) nem lehet holtjátéka a hozzá tartozó előtoló anyához képest. A holtjátékot külön erre a célra szerkesztett kétrészi orsóanyával küszöböljük ki (45. ábra).

A holtjáték kiküszöbölése mind általánosabbá válik, mert az asztal vezetését megbízhatóvá teszi, kiküszöböli a forgácsolóerők elkerülhetetlen ingadozása okozta káros hatásokat. Az előtoló mozgás által a többélű forgó marószerszám adott fogásmélységgel behatol a munkadarabba és azt a fogásmélységgel meghatározott felületen végigmargja.

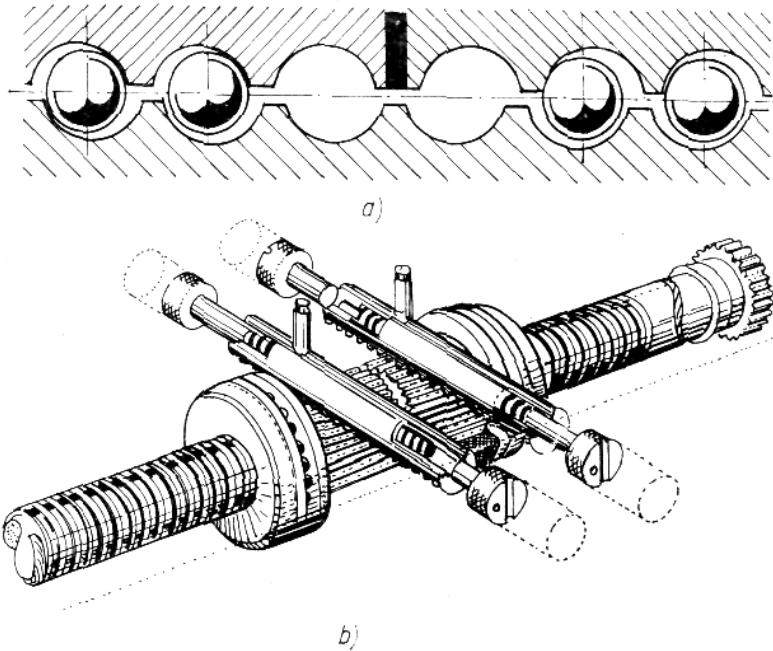


44. ábra. A marógép asztalelőtölésének iránya a maróorsó forgásirányához képest:

a egyirányú; b ellenirányú marás

Marógépen általában síkfelületet készítünk. Kivétel a másoló-marógépen és a hengerpalástmarógépen készülő munka vagy az egytetemes marógépen végzett profilmarás.

Legelterjedtebb a konzolos (gyámos) marógép és a hosszmarógép. Hosszkonzolos marógépen kivételesen fúrás, finomfúrás és esztergálási munkák is elvégezhetőek. Az utóbbi esetben a munkadarabot a maróorsóra szerelt tokmányba kell befogni, a szerszámot (esztergakést) pedig az asztalra szorítjuk le.



45. ábra. Marógép asztalelőtolásának gördülőorsója:
a az orsó a hozzátartozó kétrészes anyával és feszítő szerkezettel, mely a holtjátékot kiküszöböli;
b a gördülőorsó elemeinek helyzeteké a feszítő szerkezet hatására

Hosszmarógépen, amelynek az asztala a hosszirányú síkfelület megmunkálásának megfelelően hosszanti irányú rögzített ágyon mozog, csak síkfelületeket munkálunk meg. Ez a gép jellegzetes teljesítménygép, ezért főmotorja is rendszerint nagyobb teljesítményű, mint a konzolos marógépé.

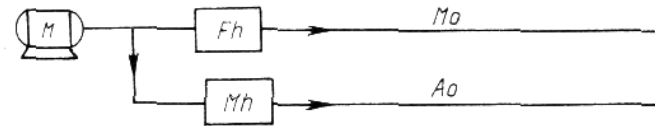
A forgó főmozgású szerszámgépnek, mint amilyen a marógép is, két megmunkáló mozgása van. A fő forgácsolóerő fejt le a forgácsot. A fő forgácsolóerővel szemben fellépő ellenállást a főmozgással győzzük

le, ezért mindig a főmozgás meghajtása igényli a legnagyobb teljesítményt.

A mellékmozgással (előtolással) érjük el, hogy a forgács lefejtésekor a forgácsvastagság a megmunkálás alatt egyenletes legyen. Az előtolást végezheti a munkadarab (pl. marógépen), de végezheti a szerszám is (pl. esztergán). Mivel az előtolási erő lényegesen kisebb a fő forgácsolóerőnél (az előtolás lassúbb), az előtolás teljesítményszükséglete kisebb.

Az 1. fejezetben felsorolt forgácsolási jellemzőket a marógép hajtóművének kell megvalósítania a gép beállítási szerkezeti elemeinek útján.

A marógép v_e (mm/min) előtolási sebességét az előtolás hajtóműve, vagyis a mellékhajtómű valósítja meg. Ez független hajtómű, mert fordulatszáma nem függ a főorsó fordulatszámától, így az előtolás mértékegysége is mm/min.



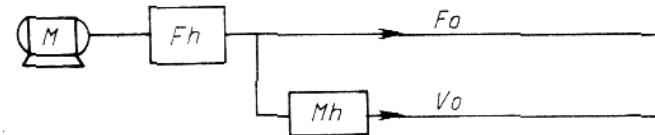
46. ábra. Független rendszerű mellékhajtómű elágaztatása a főhajtómű előtt:

M motor; Fh főhajtómű; Mh mellékhajtómű; Mo maróorsó; Ao előtolást végző asztalorsó

A 46. ábrán látható, hogy az Fh főhajtómű előtt ágazik el a mellékhajtómű Mh hajtása. E szerkezeti megoldás következtében az Mh mellékhajtóművön kapcsolt előtolás mm/min értéke akkor sem változik, ha a főhajtómű fordulatszámát változtatjuk. Az ábrából az is felismerhető, hogy az előtolást teljesen különálló hajtómotor is működtetheti. Ezt a megoldást szokták alkalmazni pl. a nagyteljesítményű hosszmarógépeken.

Az eszterga és a fűrőgép mellékhajtóműveinek hajtása más rendszerű. Összehasonlításul ezt is ismertetjük.

A menetet vágni és fúrni csak állandó fordulatonkénti előtolással (emelkedés) lehet. Ezért az esztergán és a fűrőgépen a mellékhajtóművet a főhajtómű után ágaztatják el (47. ábra).



47. ábra. Függő rendszerű mellékhajtómű elágaztatása a főhajtómű után:

M motor; Fh főhajtómű; Mh mellékhajtómű; Fo eszterga főorsó; Vo előtolást végző eszterga vezérorsó vagy fogasléccen legördülő fogaskerék

Az ilyen mellékajtóművet *függő mellékajtóműnek* nevezzük, mert a mellékajtómű fordulatszáma függ a főajtómű fordulatszámától. Ezzel az elrendezéssel elérhető, hogy bármely főorsófordulat esetén megvalósítható ugyanaz az emelkedés, amelyet a mellékajtóművön beállítottunk, vagyis az emelkedés változó főorsó-fordulatszám esetén is állandó. A két hajtómű közötti áttételt beépített változtatható áttétellel vagy külön felrakható cserekerékkel módosítjuk. Az áttételeknek ily módon való változtatásával a vezérorsó a mindenkor kívánt emelkedést adja. Jóllehet marás esetén *független* mellékajtóművet használunk, szükség esetén esztergán is lehet marni. Csupán tisztában kell lenni azzal, hogy ha ilyen esetben a maró fordulatszámát változtatjuk, akkor a főorsó (maróorsó) fordulátváltoztatásával megváltozik a $v_e = \text{mm/min}$ előtolási sebesség is. Ez látható a

$$v_e = e_1 n z$$

összefüggésből, ahol n a marószerszám (jelen esetben esztergaorsó) fordulata.

3.2. A szerszám és a munkadarab felfogása a marógépre

A szerszámgépeken elvégzendő forgácsolási munkák folyamán mindig külön figyelmet kell szentelnünk a szerszám, a munkadarab és a gép kölcsönös helyzetének, mert ettől függ a betartható tűrés és felületi minőség. Elsősorban a gépet határozott helyzetben kell rögzítenünk a műhelypadlóra. Nehezebb gépeket külön erre a célra készült alapra rögzítjük. A munkadarabot és a szerszámot a munka elvégzésére alkalmas, de mindenkor meghatározott helyzetben kell leszorítani, ill. felfogni. Ez a feltétel előírja, hogy a szerszámot a munkadarabhoz képest a feladatnak megfelelően a legbiztosabban, meghatározott helyzetben rögzítsük. *Ennélfogva a szerszám—munkadarab—gép rendszerben* forgácsoláskor csak akkor készíthetünk előírt méretű munkadarabokat, ha a szerszám és a munkadarab *helyzetmeghatározása* egyértelműen kielégíti a munkadarabon elérendő tűréseket. Egyedi gyártás esetén ezt a feltételt aránylag könnyebb teljesíteni, mivel a szerszám és a munkadarab kölcsönös helyzetének ismétlődésére, egy-két munkadarab esetén sem kell különösképpen figyelni. Egyedi gyártáskor ugyanis a szerszám—munkadarab kölcsönös helyzete kevésbé befolyásolja a munkadarab méreteit, mivel az elkészülő méretet a forgácsolás és mérés egymást követő váltogatásával közelítjük meg. Ez a gyártási mód azonban igen hosszadalmas és költséges, ezért tömeggyártásban nem alkalmazható. Tömeggyártás esetén az egymást követő munkadarabok forgácsolásakor minden esetben biztosítanunk kell a munkadarab bázisfelülete és a szer-

szám bázisfelülete közötti viszonylagos helyzetet, közbülső mérés nélkül is.

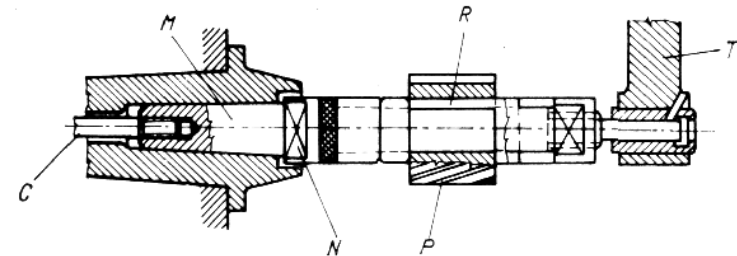
Bázisfelületnek nevezzük a munkadarabnak, ill. szerszámnak azt a felületét, amely mindenkor egyértelműen meghatározza a munkadarab, ill. szerszám gépéhez viszonyított helyzetét, a célnak megfelelő pontossággal.

A munkadarabot, ill. szerszámot valamilyen *ülékre* szorítva fogjuk be, ill. fogjuk fel. Egyedi gyártáskor nem követelmény a munkadarab ülékének, esetleg a szerszámnak sem az ismétlődő befogása, ill. a munkadarab felfogásának egyértelmű ismételhetősége. Ezzel szemben tömeggyártásban az egyértelmű ismételhetőséget különös figyelemmel kell biztosítanunk. Eszerint tömeggyártásban, minden munkadarab leszorításakor egyértelműen meg kell határozni a munkadarab és a szerszám bázisfelületének a gépéhez viszonyított helyzetét. Ez az igény magába foglalja azt az előírást is, hogy a szerszám és a munkadarab *kölcsönös helyzetmeghatározását* is biztosítsuk. Ezért a szerszámot és a munkadarabot is olyan készülékben kell leszorítanunk, amelynek ülékfelülete kettőjük helyzetét a gépéhez és egymáshoz képest is meghatározott helyzetben rögzíti. Csak ezzel a minden megmunkálás kezdetén ismételhető alaphelyzettel érhető el, hogy a gyártás folyamán a forgácsolás ne változzék méréssel.

A szerszám helyzetmeghatározása. A szerszámot a gépéhez képest olyan meghatározott helyzetben kell rögzíteni, hogy ez a helyzet a feladat teljesítéséhez szükséges mértani követelményeket kielégítse.

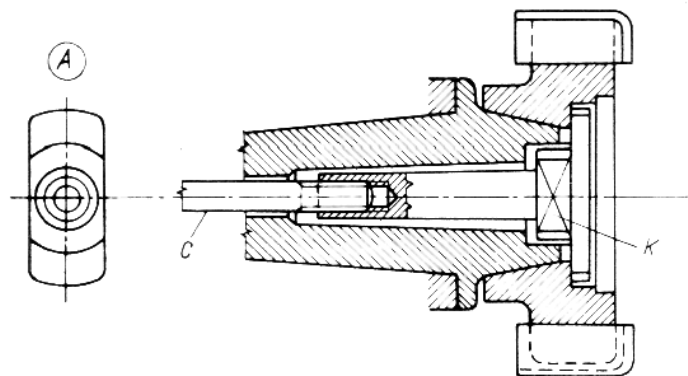
Mivel a marószerszámok kivétel nélkül forgó mozgást végeznek, meg kell követelnünk ezektől a szerszámoktól a központosságot egy bizonyos tűréshatáron belül. Ez azonban szükséges, de nem elegendő feltétele a forgácsolással készülő felület pontosságának és alakhelyességének. A továbbiakban megköveteljük még a munkadarabtól és az asztaltól is, amelyre felfogjuk, hogy helyzetük pontosan legyen meghatározva.

A forgó szerszám legrégebb megbízható központosítása (helyzetmeghatározása), egyben befogási módja az enyhe lejtésű, súrlódás elvén



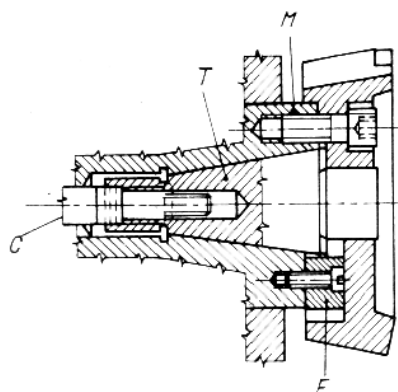
48. ábra. Maróorsó végződése Morse-rendszerű szerszámülékkel

működő Morse-kúp (MSZ 460/1), amelyet *Stephen A. Morse* amerikai feltalálóról neveztek el, és ezen a néven ismeretes az egész világon (48. ábra). Mint említettük, a Morse-kúp kis forgácsolóerők esetén a központosításon kívül a szerszám befogását is elvégzi, mert *önzáró*. Az



49. ábra. Maróorsó végződése Morse-rendszerű belső és meredek rendszerű külső kúppal, továbbá a hozzá tartozó lépcsős menesztőretesszel

enyhe lejtésű kúp ugyanis úgy viselkedik, mint az ék, és ha a gondosan megtisztított ülékbe a Morse-kúpot némi lendülettel lökjük a helyére, akkor megszorul. A Morse-kúp kúposága jó közelítéssel 1:20. Nagyobb forgácsolóerők esetén a kúpon *M* menesztő lappárt is találunk, a kúp önzárását pedig behúzócsavarral (*Cs*) fokozzuk. A 48. ábrán látható konzolos marógépen használatos szerszámtartó (marótüske) is, amelyre a *P* palástmaró van felfogva és kitámasztva (*T*). A palástmarót terhelő forgatónyomatékok a marószáron végigmenő horonyba fektetett *R* retesz veszi fel.



50. ábra. Maróorsó végződése 7/24 meredekségű belső központosító kúppal és radiális *M* menesztőretesszel

A 49. ábrán olyan maróközpontosítást látunk, amelyet közepes nagyságú konzolos marógépeken régebben általánosan alkalmaztak. Ez esetben a külső központosító kúp nem önzáró, ezért az *M* kettős menesztőretesz viszi

át a forgatónyomatékokat. A meredek kúpon a *Cs* behúzócsavar központosít (szabvány: MSZ 3811—58).

A harmadik ábrán (50. ábra) a teljesítmény-marógépeken napjainkban általánosan használt (7/24 kúposágú) szabványos meredekkúpos szerszámközpontosítás látható. A homlokmarófejet a *K* meredek kúp központosítja. A forgatónyomatékokat külön elem, az *M* menesztő retesz-pár viszi át.

A marószerszám helyzetmeghatározásának feltételei. A terheletlenül befogott marószerszám helyzetét sok részletből összeadó pontossági feltételek szabják meg. Mindegyik részletpontosságnak tűrése van. Ezeknek az igen szűk (mikrométeres nagyságrendű) tűréseknek az elkészítése igen nagy figyelmet követel a készítőktől és az újraélezőktől egyaránt.

A következőkben azokat a pontossági feltételeket foglaljuk össze, amelyekről a szerszám helyzete függ:

- A szerszám befogó ülékfelületeinek és a szerszám bázisfelületeinek sértetlensége.
- A maró bázisfelületének alakhelyessége.
- A maró testének és éleinek központossága.
- A maró éleinek a forgácsolt anyaghoz igazodó élgeometriája (α , β , γ szögek).
- A marógép-főorsó központosító kúpjának együttfutása a marógép főcsapágyával.
- A főcsapágy lehető legkisebb hézaga.
- A szerszám és a befogóelemek központossága.
- A főorsó és a szerszám közötti összes egymásba illő ülék- és bázisfelületek kifogástalan tisztasága.

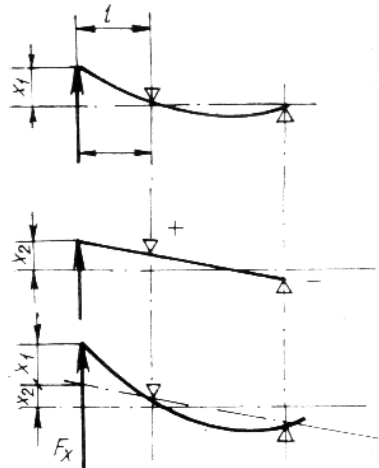
A forgácsolás folyamán a szerszám terhelés alatt áll, ezért e feltételeket, ill. az abból eredő pontosságot két, egymástól független esetben kell megítélni.

- A befogott szerszám terheletlen helyzetében, ismétlődő szerszám-befogások esetén is.
- A befogott szerszámon a forgácsolóerők terhelése alatt.

Az első eset lényegében mértanilag tisztázható, bár ebben is szerepük van egyéb hatásoknak, de ezek szerepe a mértani feltételek pontos betartása esetén elhanyagolható. A mértani feltételek:

- Biztosítani kell a szerszám saját körfutását és alakhelyességét, saját bázisfelületéből kiindulva.
- Biztosítani kell ugyanezt az összes befogásban résztvevő további egymásba illő felületek részére.

Mindkét körfutás együttes központhibája simításra szánt szerszám esetén rendszerint nem lépheti túl a mérőórával mérhető $3...5\ \mu\text{m}$ -t. Az itt elmondottakból egyértelműen kitűnik, hogy a marószerszámtól megkívánt pontosságot csak igen következetes és minden részletre kiterjedő lelkiismeretes figyelemmel lehet elérni, amelynek egyik alapfeltétele a kifogástalan szerszámélezés.



51. ábra. Marószerszám alakváltozása terheléskor

1)
2)
3)

Eddig még csak a terheletlen szerszámmal foglalkoztunk. Tovább bonyolítja a feladatot a marószerszám viselkedése a forgácsolóerők terhelésekor. Utóbbi esetben meg kell vizsgálnunk az alakváltozás (deformáció) szerepét (51. ábra).

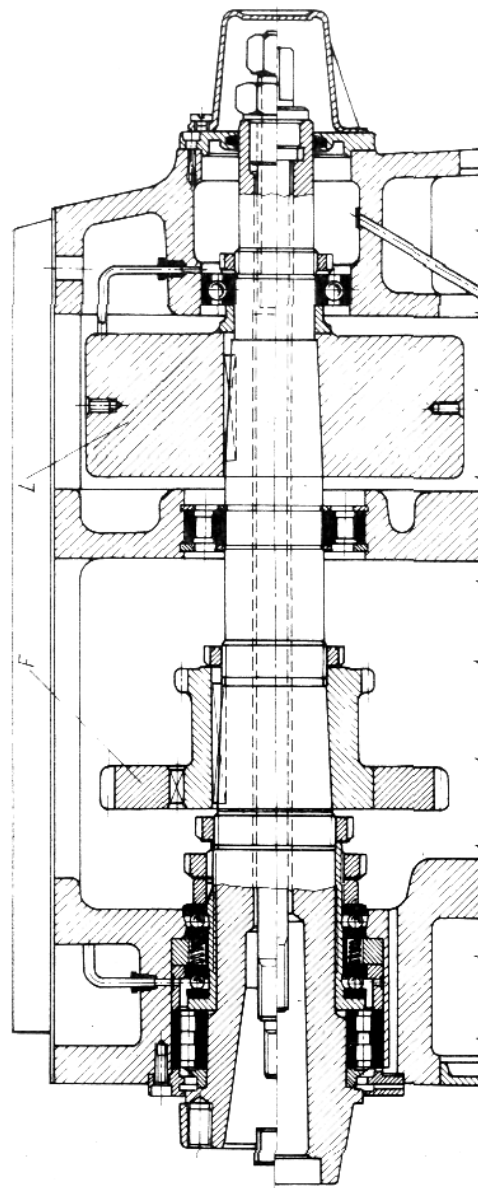
Amikor a forgácsolóerőnek a maróorsó tengelyére merőleges komponense terheli a szerszámot, két helyen okoz lényeges alakváltozást:

- A maróorsó elhajlik. Az 51. ábrán x_1 .
- A maróorsót támasztó csapágy rugalmasan kitér. Az 51. ábrán x_2 .

A kitérést természetesen mindkét esetben növeli a csapágyhézag is, de ez beleszámít az x_1 kitérésbe. Az 51. ábrán látható, hogy minél közelebb van a marószerszám terhelése a támasztáshoz (l értéke kicsi), annál kisebb a kitérés (51b ábra). Csökken a kitérés az F_z forgácsolóerő csökkenésével is (simítás). Tovább csökkenthető a maróorsó kitérése, ha nagy pontosságú gördülőcsapágy van a gépben, és ezt a főorsócsapágyat előfeszítetten, vagyis némi túlfedéssel (kb. $5...15\ \mu\text{m}$) szerelték a csapágyfészekbe.

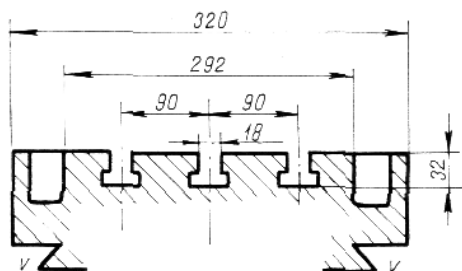
Összefoglalva tehát: ha igen pontos és alakhelyes munkát kell végezni, akkor simítómarással jó állapotban levő gépen dolgozunk.

A teljesítménymarás feltételei mások, de ennél is elérhetünk nagyobb pontosságot, ha a fordulatszámot növelni tudjuk, és ezáltal csökkentjük a marófogakra eső terhelést. Ilyen esetben különösen fontos, hogy igen pontosan élezett szerszámot használjunk. Egyúttal törekednünk kell arra, hogy a marószerszámot a marógép főorsócsapágyához minél közelebb fogjuk be (52. ábra) [1].



52. ábra. Rövid végződésű marógép-főorsó:
F főhajtás, L lendkerék

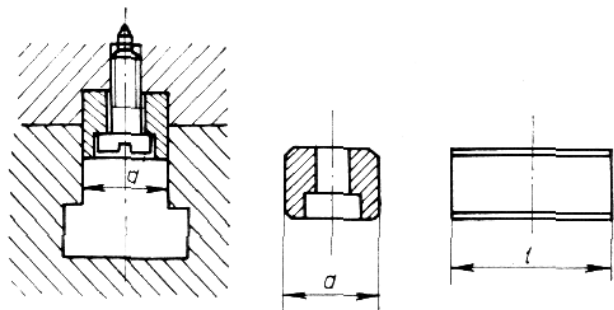
A munkadarab helyzetmeghatározása. A munkadarabokat a marógép rendszerint hornyos sík munkaasztalra fogjuk fel, ill. szorítjuk le. Az asztalra leszorított munkadarabot az asztal általában *egyenesvonalú pályán meghatározott módon beállítható előtolással mozgatja*. Az asztal hosszirányában *T* hornyok vannak bemunkálva egyrészt a leszorításra, másrészt a munkadarabok vagy készülékek tájolására. A hornyok felső keskeny oldalait tájolási feladatuk miatt különös gonddal kímélnünk kell (53. ábra).



53. ábra. A Csepel UF, ill. VF 24 konzolos marógép asztalának T-hornyai (MSZ 5035 és 5046). A hornyok mértani alak- és iránytűresein a *V* vezetékhez kell igazodniok

A munkadarab-felfogó készüléknek ezekhez a hornyokhoz kell alkalmazkodnia. A hornyokba illő tájolótuskók szabványosak (54. ábra). A tájolótuskó szerepét az 55a ábrán mutatjuk be.

A *K* munkadarab-felfogó készüléket a *T* tájolótuskóval tájoljuk. A leszorításhoz célszerű négyzögfejű *Sz* leszorítócsavarokat használni.



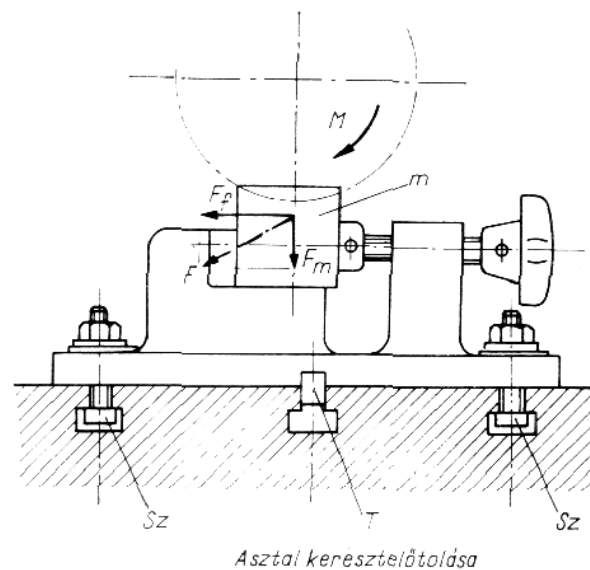
54. ábra. A munkadarab-felfogó készülék vezetőhornyába illeszkedő és a marógépasztal hornyával meghatározott helyzetben vezetett tájolótuskó (MSZ 18 871 és 18 872)

Az ábrán látható marógép maróorsóját kúpkerékpárral egybeépített készülék elfordításával a hosszanti hornyokra merőleges irányú hornyok marásához hosszirányban is lehet használni (55b és c ábra).

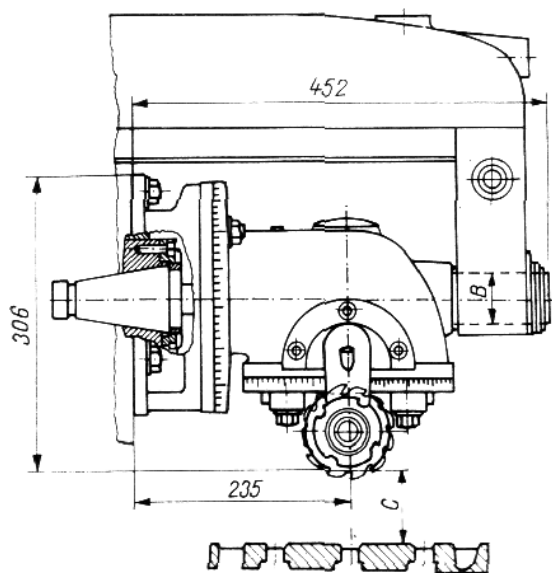
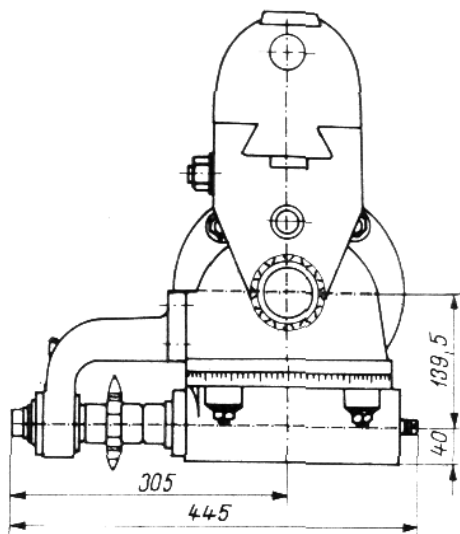
Ha feltételezzük, hogy nincs tájolótuskónk, akkor nyilván a készülék elhelyezése az asztalon bizonytalan, mert a leszorítócsavarok mm-es nagyságrendű játékok miatt nem alkalmasak tájolásra.

A munkadarab helyzete a szerszám helyzetéhez hasonlóan számos tényezőtől függ. Ezek közül a tájolótuskó, a munkadarab-felfogó készülék és a marógépasztal szerepéről már volt szó. A következőkben összefoglaljuk a munkadarab felfogásának követelményeit:

- A munkadarab bázisfelület és a felfogásban részt vevő valamennyi összefekvő felület sértetlen legyen.
- A munkadarab bázisfelületének alakhelyessége.
- A munkadarab-felfogó készülék munkadarab-felfogó ülékének alakhelyessége és annak tájolási helyessége a marógépasztal megfelelő vezetőhornyához képest.
- A munkadarab-felfogó készülék tájolóhornyának méret- és alakhelyessége.
- A munkadarab-felfogó készülék tájolótuskójának méret- és alakhelyessége (55. ábra, *T*).



55a ábra. A marógépasztalra szerelt munkadarab-felfogó készülék rögzítése és tájolása a marógépasztalon



55b ábra

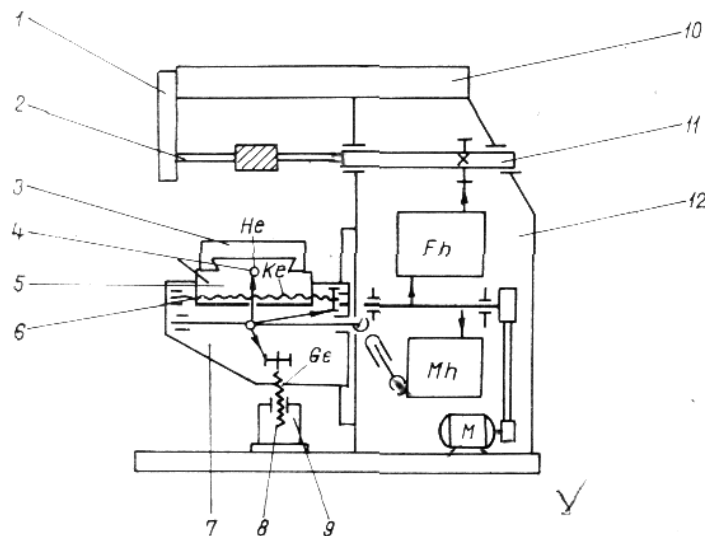
- A marógépasztal megfelelő tájolótuskójának méret- és alakhelyessége.
- Az asztal helyzetét meghatározó asztalvezeték kifogástalan mértani helyessége és tisztasága (53. ábra, V).
- Az asztal helyzetét meghatározó hordozóelemek helyzetmeghatározó szerveinek mértani helyessége.
- A munkadarab helyzetmeghatározásában részt vevő összes felületek tisztasága (forgács- és pormentesség) [2]. [3].

3.3. Konzolos marógépek

A konzolos marógépek legjellemzőbb része, mint nevük is mutatja, a *konzol* (magyar szóval *gyám*).

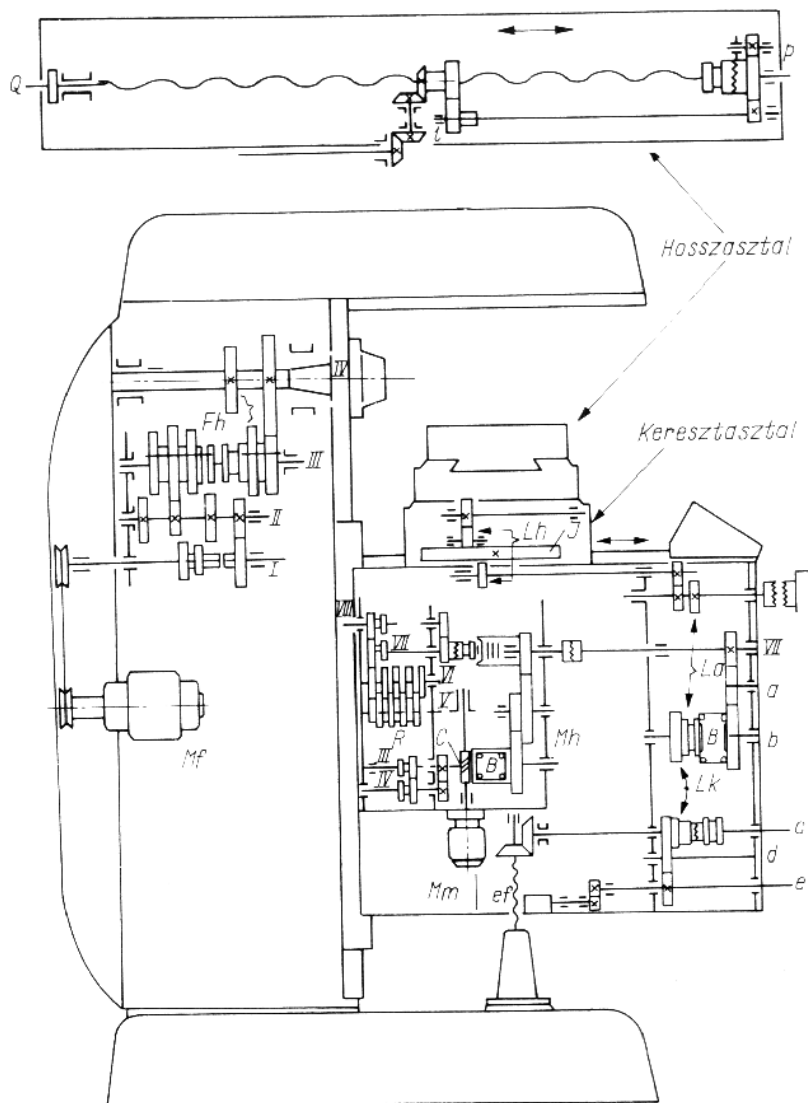
A kis- és középüzemek jellegzetes marógépe a *vízszintes konzolos marógép* (56. ábra). Leegyszerűsített mozgástani vázlatja szemléletesen mutatja, hogy az *Mh* mellékajtómű az *Fh* főajtómű előtt van elágaztatva a marógép hajtásáról.

Mindhárom előtölőrső 4, 6, 9 megfelelő kapcsolással az *Mh* mellékajtóműről hajtható. Az 56. ábrán látható vízszintes konzolos marógép



56. ábra. Vízszintes konzolos marógép:

1 ellentámasz; 2 marótüske; 3 hosszasztal; 4 hosszasztal-előtölés menetorsója; 5 keresztasztal; 6 keresztasztal-előtölés menetorsója; 7 konzol (*gyám*); 8 konzoltámasz; 9 gyámelőtölés menetorsója; 10 támasztógerenda; 11 maróorsó; 12 gépállvány; *Fh* főajtómű; *Mh* mellékajtómű; *M* motor

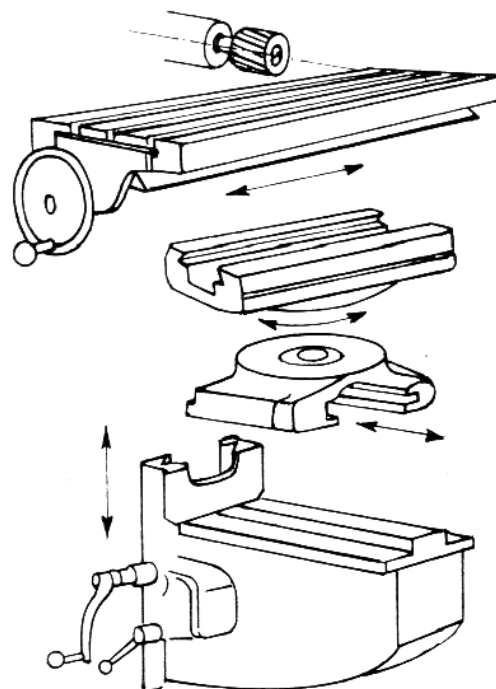


57. ábra. Egytetemes konzolos marógép:
az *Mh* mellék-hajtóművet külön *Mm* motor hajtja

jellemzője, hogy a hosszasztal nem fordítható el. Ezzel szemben az egytetemes konzolos marógép hosszasztala kör alakú üléken $\pm 45^\circ$ -ra elfordítható (57. és 58. ábra), így az egytetemes marógépen ferde hornyot is lehet marni. Megfelelő felszereléssel trapéz- és más meneteket is marhatunk az 55b és c ábrán látható maróasztal hosszirányában is működ-tethető elfordítható maróorsóval. A menetemelkedés marásához osztófej is kell. Ennek középvonalában fogjuk be a munkadarabot, aztán az asztal előtolóorsója és az osztófej befogóorsója között készí-tendő menetemelkedésnek megfelelően számított cserekerékcsoportot iktatunk közbe, akárcsak az esztergán.

Az 57. ábrán *egytetemes marógép* hajtását ábrázoltuk. Az ábrán látható SZIM gyártmányú ME-250-01 típusú egytetemes konzolos marógép mellék-hajtóművének külön hajtása van.

A *Mm* mellék-hajtómű motorja a *C* csigahajtáson át kapcsolódik a *IV* tengellyel, a másik oldalán pedig a gyors előtolással. Az *Mh* mellék-hajtóművön belül három elágazás található:



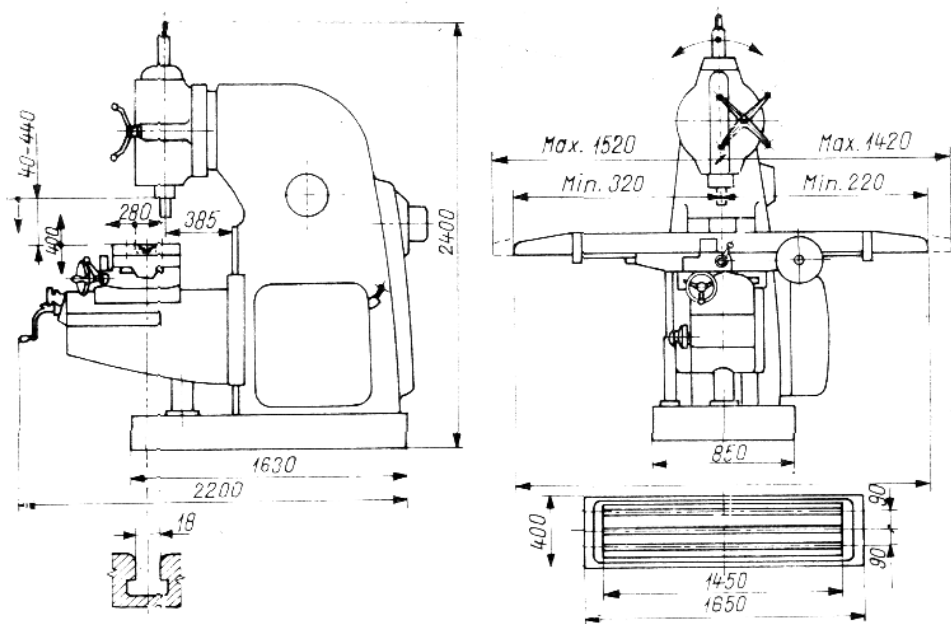
58. ábra. Az egytetemes marógép konzoljának, ke-resztasztalának, forgóasztalának és hosszasztalának mozgásai

1. *Ek* elágazás a konzol függőleges irányú előtolásának hajtására.
2. *Ea* elágazás az asztal-előtölások hajtására. Innen ágazik el a keresztasztalt hajtó íves fogasléc hajtása.
3. *Eh* elágazás a hosszasztal előtolásának hajtására.

Az előtoláshajtások védelmére *B* rugós terhelésű biztonsági tengelykapcsolókat iktatnak be a hajtóművekbe.

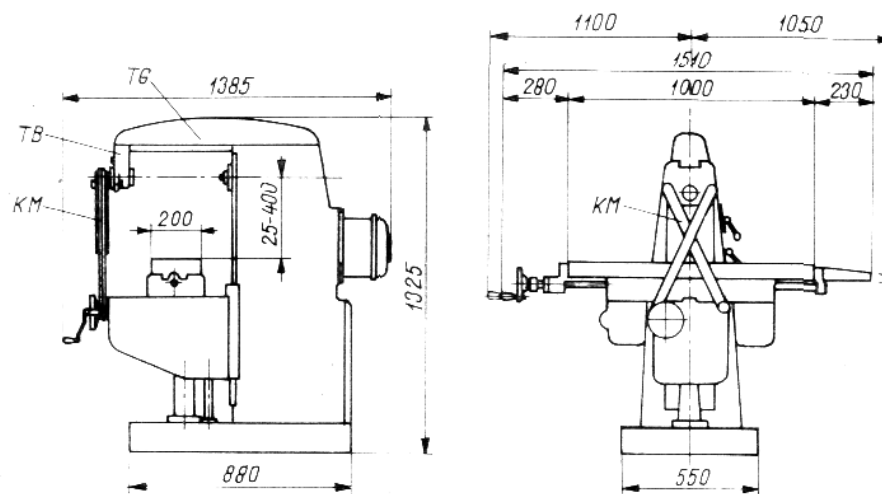
— Az egytetemes konzolos marógépre jellegzetes konzolkeresztasztal — forgóasztal — hosszasztal (58. ábra) teszi lehetővé, hogy a hosszasztalt a keresztasztal fölött el lehet fordítani.

A konzolos marógépek harmadik fajtája a *függőleges konzolos marógép* (59. ábra), amelynek maróorsója függőleges vagy jobbra-balra ($\pm 45^\circ$) dönthető. A konzolos marógépek jól hozzáférhető és a tér három irányában elmozdítható asztalán sokféle marási (és adott esetben fúrási) munka készíthető. Ezzel szemben a maróorsóba befogott marótüskén ülő szerszám és a konzoltámasztású munkaasztal nem képez egyetlen merev rendszert. Ezt a hátrányt többféleképpen is ki lehet küszöbölni. Egyik legelterjedtebb módja, hogy a *TG* támasztógerendát, ill. *TB* támasztó-



59. ábra. A Csepel VF 24 függőleges marógép

bakot egy kereszt alakú (háromszöges rendszer) *KM* keresztmervítővel kötjük a konzolhoz (60. ábra). Utóbbi tartozékot műhelynyelven *kecskelábnak* is nevezik.



60. ábra. Marógép *KM* keresztmervítőjének felerősítési módja vízszintes konzolos marógépen

3.4. Hosszmarógépek

A hosszmarógépek feladata — mint nevük is mutatja — hosszú felületek marása, melyek rendszerint egyszerű vagy összetett síkfelületek. Hazánkban a Csepel Szerszámgépgyár háromféle hosszmarógépet gyárt:

- MHV csak vízszintes orsókkal;
- MHF csak függőleges orsókkal;
- MH vízszintes és függőleges orsókkal (61. ábra).

Jellemző méreteik:

legkisebb asztalszélesség	400 mm;
legnagyobb asztalszélesség	630 mm;
legkisebb asztalhossz	1600 mm;
legnagyobb asztalhossz	3500 mm.

Az MH hosszmarógép asztal- és orsótáv-előtölása fokozat nélkül szabályozható 20...1000 mm/min határok között. Gyorsjárat:

4000 mm/min.

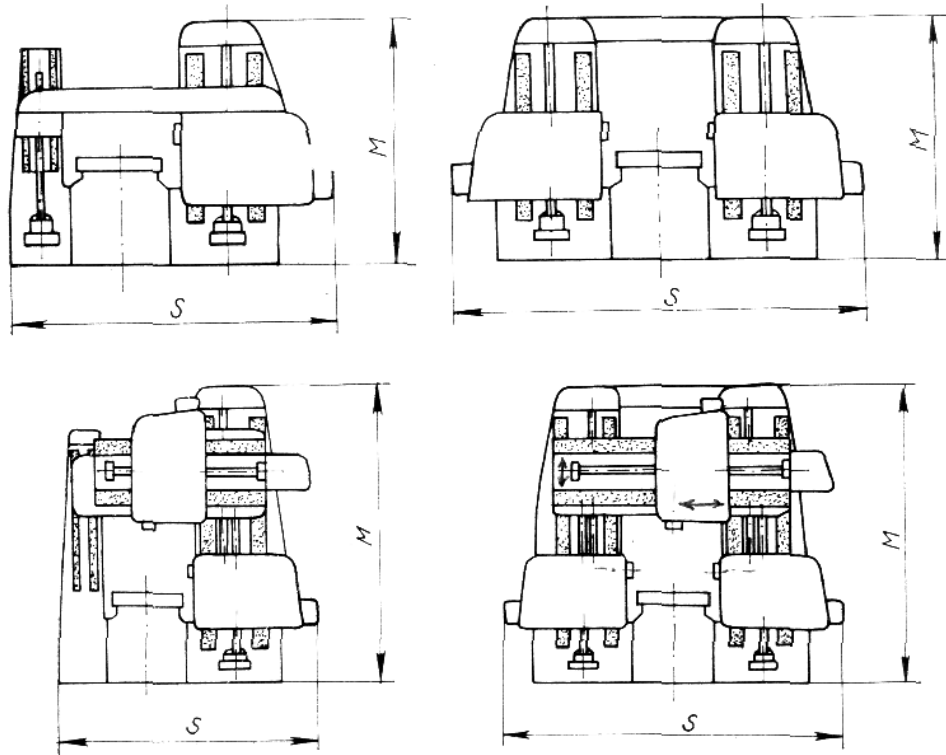
Az asztalt csigafogasléc-hajtás mozgatja (62. ábrán Cs-vel jelölve).

A csigafogasléc hajtását egyenirányú maráskor páros-csigával lehet utánállítani (63. ábra). Az asztal hosszmetzetén (64. ábra) látható a csigafogasléc-hajtás összeszerelt állapotban.

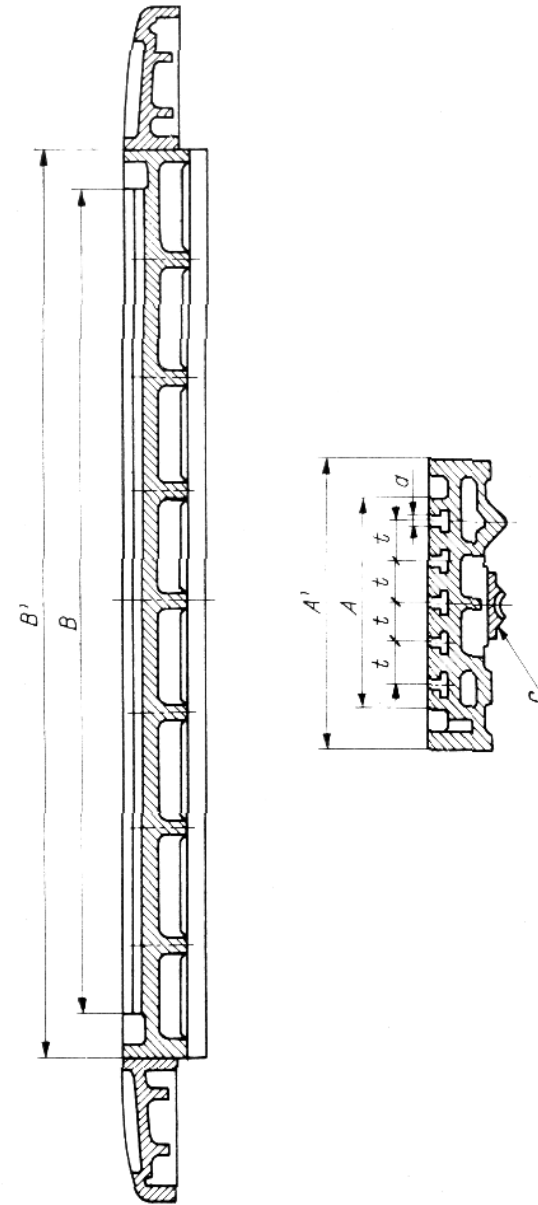
A maró motorjának a teljesítménye az ötféle gépnagyságnak megfelelően 10...13 kW. Nagy gépegységek 17 kW teljesítménnyel is kaphatók.

Marógépeket gyártanak ún. *keretciklus-vezérléssel* is (65. ábra).

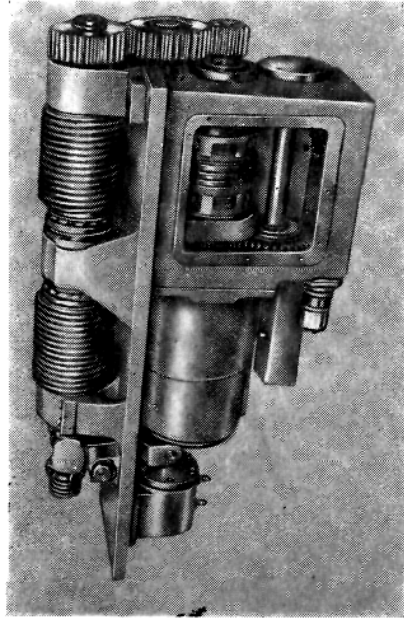
Az orsók fordulatszámtartománya 23—1500/min 19 fokozatban. Az utóbbi évtizedekben egészen nagy hosszmarógépegységek is épültek, és a legnagyobbakon turbinaházak és hajó-dieselmotorok is megmunkálhatók. Az ilyen nagy gépeket nagy méreteik és állványuk kapuformájú alakja miatt *portálmárógépeknek* nevezzük (66. ábra).



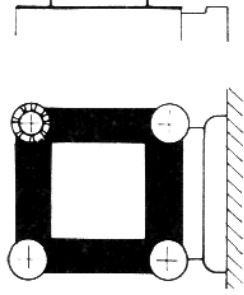
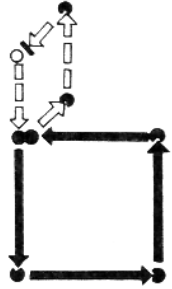
61. ábra. Csepel MH típusú hosszmarógép négy változata



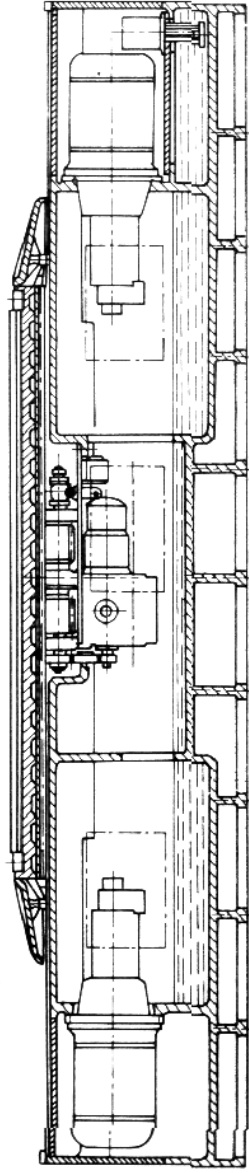
62. ábra. Csepel gyártmányú MH típusú hosszmarógépek hosszszelvénye



63. ábra. A Csepel MH típusú hosszmarógép hosszsztalhajtó mellékajtóműve, legfelül a holtjátékot kiküszöbölő kettős csigával



65. ábra. A Csepel MH típusú hosszmarógépen végrehajtható keretciklus



64. ábra. A Csepel MH típusú hosszmarógép hosszsztalhajtó mellékajtóművel és a tápegységgel

Az ábrán látható portálmárógép a Köllmann (NSZK) gyártmányú PQ típus. Úgyesen megépített, keresztirányban elmozdítható állvány-rendszere lehetővé teszi, hogy ugyanazon a gépen kisebb és nagyobb keresztmetszetű öntvényeket könnyen megmunkáljunk.

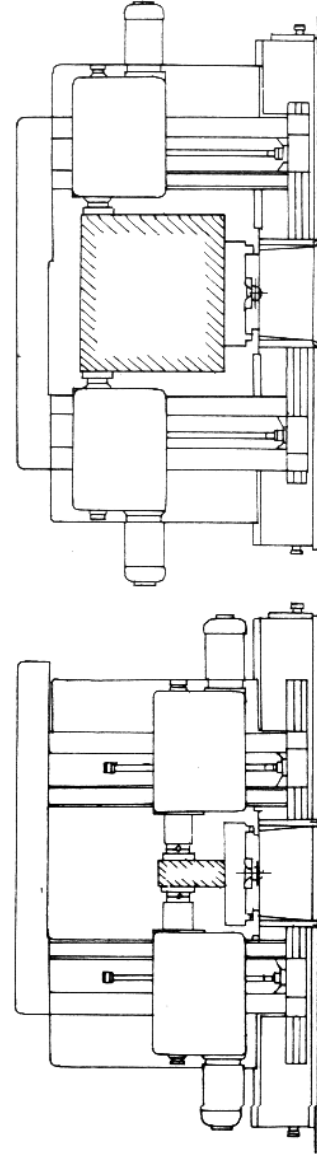
Ez a típus már nagy méretekben is készül. Az asztal szélessége 1250...1600 mm, az asztal hosszúsága 7000 mm-ig terjedhet, 250 mm-es fokozatokban. Az asztalelőtolás sebessége 3...2800 mm/min határok között általában fokozatmentes. Az asztal-gyorsjárat adottságok szerint egészen 6000 mm/min felső határig fokozható.

Az orsóház-teljesítmények 22...30 kW átlagteljesítményűek, de kaphatók 45...50 kW teljesítménnyel is. Az orsók fordulatai 10—1250/min határok között választhatók általában 18 fokozatban.

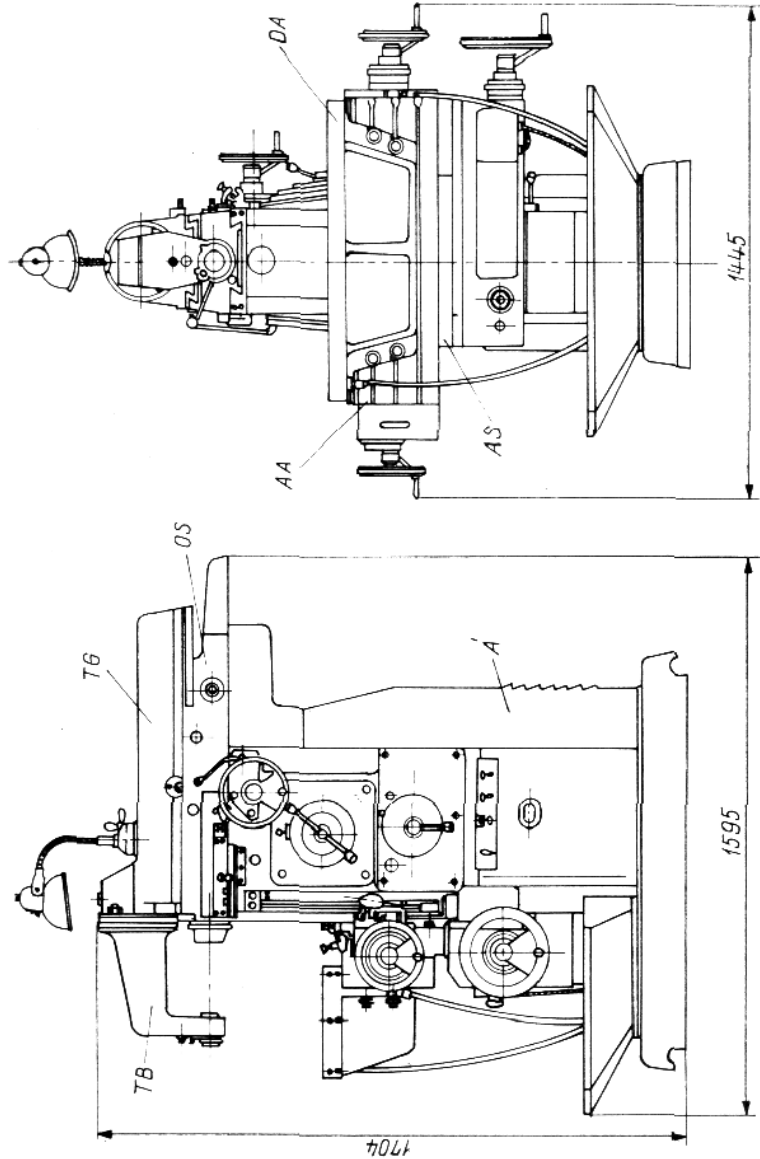
A közölt adatok között feltűnő a maróorsók viszonylag nagy teljesítménye és egyben az asztalelőtölési sebesség fokozat nélküli állíthatósága. A számított előtolási sebességet csak a szerszám éltartamához kell hozzáigazítanunk. Az előtolási fokozatok nem zavarják számításunkat, mint az a fokozatos előtolású gépeknél lehetséges.

3.5. Szerszámarmarógépek

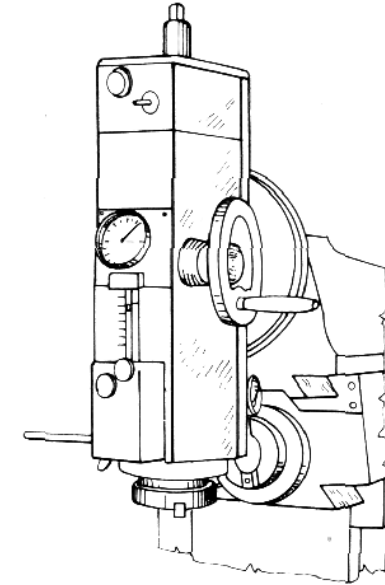
A szerszámarmarógépek szerepe a termelésben igen jelentős, annak ellenére, hogy általában nem vesznek részt közvetlenül a gyári termékek készítésében. Az olyan gépipari műhelyek, amelyeknek szerszám-szükséglete meghaladja az átlagos



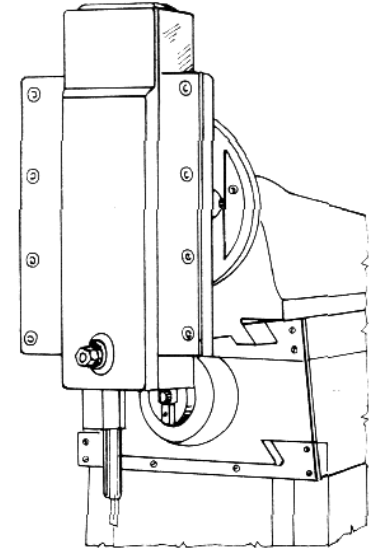
66. ábra. Köllmann (NSZK) gyártmányú PQ típusú portálmárógép összetelhető, ill. szételhető gépállványokkal. Ezáltal a gép alkalmazási lehetőségei kiszélesednek



67. ábra. MS 320—01 SZIM gyártmányú szerszámmarógép



68. ábra. FMS 320—01 független marófej (MS 320—01 szerszámmarógép különtartozéka)



69. ábra. VS 80—01 vésőfej (MS 320—01 szerszámmarógép különtartozéka)

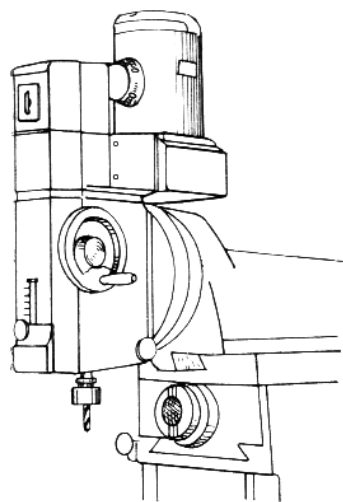
fűrő- és dörzsárszükségletet, nem tudják nélkülözni ezt az igen sokoldalú gépet.

A szerszámmarógép az idők folyamán a szerszámkészítés jellegzetes eszközévé vált, és kiegészítő tartozékaival olyan szerszám- és készülégyártó feladatok megoldására is képes, amelyeket az átlagos konzolos marógépeken nem vagy csak nagyon körülményesen lehet megoldani (67. ábra).

A szerszámmarógép szerkezetileg és külsejében hasonlít a konzolos marógéphez, de attól lényegesen eltér. A szerszámmarógépnek nincs

konzolja, helyette az *A'* állványon a függőlegesen vezetett *AS* alapszán végzi az *AA* alapszantal függőleges előtoltást. Az *AA* alapszantal vízszintes (hosszirányú) előtoltását az alapszánon levő vízszintes vezetékkel valósítjuk meg.

A keresztirányú előtolás feladatát az *OS* orsószán látja el. Az orsószán felső lapján (vezetékén) van a *TG* támgerenda, amelyre a *TB* támasztóbak (támcsapág) szerelhető. A *TG* támgerenda homlokklapján át kihozható az ide szerelhető különtartozékok hajtása. Ilyen pl. az



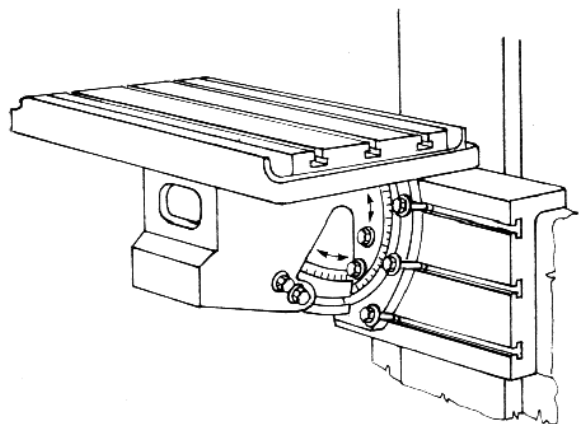
70. ábra. GMS 320—01 gyorsmarófej (MS 320—01 szerszámmarógép külön tartozéka)

FMS 320—01 függőleges marófej (68. ábra) és a VS 80—01 vésőfej (69. ábra).

A támgerenda homloklapjára a GMS 320—01 gyorsmarófej szerelhető, amelyet külön motorral hajtunk (70. ábra).

Az ABS 250 billenthető asztal (71. ábra) az egyik legáltalánosabb külön tartozék.

A szerszámmarógép igen fontos külön tartozéka az osztófej, amelyet a későbbiekben részletesen ismertetünk. E tartozékok a szerszámmarógép sokoldalú felhasználását segítik elő. A bemutatott példák még nem merítik ki a szerszámmarógép-tartozékok sorát. Mivel azonban a tartozékok a gép beszerzési költségében jelentős tétellel szerepelnek, jó előre körül kell határolni a gép felhasználási körét.



71. ábra. ABS billenthető asztal (MS 320—01 szerszámmarógép külön tartozéka)

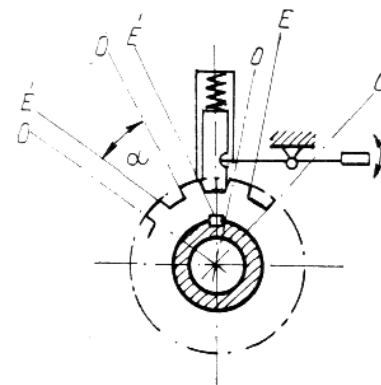
3.6. Osztófej

Legfontosabb marógéptartozék az osztófej, amelyet egyes munkáknál tulajdonképpen a gép kiegészítő részeként használunk (differenciál vagy különbözőzeti osztás és menetmarás).

Az osztófejet elsősorban a kör részekre osztására használják, menetmaráshoz ritkábban.

Az osztás művelete esetenként annyira gyakori lehet, hogy az ismétlődő osztások végrehajtására egyszerűbb készüléket használunk. Ilyen többek között a *kilincses osztófej*, amelyre az adott osztáshoz mindig a megfelelő osztótárcsát kell feltenni. Hátránya, hogy az osztótárcsa elkészítése költséges. Mivel azonban kezelése egyszerű, tömeggyártásban gazdaságosan alkalmazható.

A kilincses osztófej többnyire ékretesz-változatban készül (72. ábra). Osztótárcsája elkészíthető optikai osztófejen is, ezért ha tömeggyártásban nagyon pontos osztásra van szükségünk, a kilincses osztófej különösen jó szolgálatot tehet. Az ékretesz elkészítésének módjával is elősegíthetjük az osztótárcsa pontosságát. Az ékretesz ugyanis pontosabban készíthető el, ha az ék O síkja az osztótárcsa közepén halad át, az E síkja pedig az előzővel meghatározott α szöget zár be.



72. ábra. Kilincses osztófej

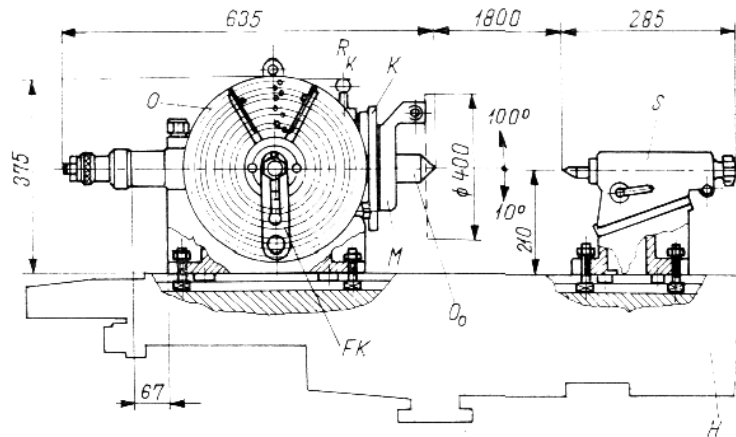
Az *egyetemes osztófej* az előzőhöz képest lényegesen bonyolultabb (és ezért drágább), de széles körben használható. Az egytetemes osztófej osztómunkájának legfontosabb végrehajtó szerve a csigahajtás, amelynek áttétele rendszerint 1:40. Ezt az áttételt kiegészítik még fogaskerekek, esetenként cserkerekek is (pl. differenciálosztáskor). Az osztófej osztási pontossága tehát első helyen a csigahajtás osztási pontosságától függ, a továbbiakban pedig az összes, az osztásban részt vevő további kerekektől. Az előzőkből nyilvánvaló, hogy az osztófej lényegében olyan hajtómű, amelynek hajtóviszonya a leggyakoribb osztások elvégzésére alkalmassá teszi.

A *hajtóviszony* (k) a szerszámgépek gyakorlatában elfogadott olyan viszonyszám, amely az áttételt mindig egyértelműen a *hajtás* oldaláról szemléli. Ennek megfelelően a gyorsító áttételt mindig *egynél nagyobb* számértékkel adjuk meg. A gépelemekben szokásos hajtóműszámítások során ezzel szemben a *módosítás* fogalmát alkalmazzák, amely az előbbi-

nek *reciprok értéke* [4]. Mint majd látjuk, ennek a hajtóműnek olyannak kell lennie, hogy az oszthatóság matematikai feltételeit kielégítse.

Az egytetemes osztófej (73. ábra) három osztási módhoz használható:

- közvetlen osztás;
- egyszerű osztás;
- differenciál- (különbözeti) osztás.



73. ábra. Egytetemes osztófej a konzolos marógép hosszasztalának végére szerelve:

M munkadarab; *O* osztóorsó (ide csatlakozik a munkadarab); *K* közvetlen osztótárcsa; *RK* közvetlen osztótárcsa retesze; *OT* osztótárcsa; *FK* forgatókar

Közvetlen osztás. A 73. ábrán látható *K* közvetlen osztótárcsán 24 reteszosztás van, amelyekkel az *RK* 2, 3, 4, 6, 8, 12, 24 osztás készülhet. Könnyen belátható, hogy ezzel a tárcsával csak olyan osztás valósítható meg a felső határig (24-ig), amelyek tartalmazzák a 24 törzstényezőit. Ezek a számok az előbb felsorolt számsorral ki vannak mérítve. Így például a 24-lyukú tárcsával nem készíthető 9-es osztás, mert a 24-ben csak egyszer szerepel a 3-as törzstényező. Ezzel szemben a 8-as osztás elvégezhető annak ellenére, hogy a 24-ben 2-es háromszor szerepel benne, mert a 24-ben is háromszor van meg.

Egyszerű osztás esetén hasonló osztási megfontolások érvényesek.

Az egytetemes osztófej leegyszerűsített vázlatát (74. ábra) szemlélve feltűnik, hogy a *T* osztótengely az *O* osztóorsóra merőlegesen áll. Ezt két dolog indokolja: egyrészt az, hogy az *FK* forgatókar hozzáfér-

hető legyen a konzolos marógép *H* hosszasztalának kezelőoldaláról (a gép homlokoldala) (l. még a 73. ábrát is), másrészt ez az elrendezés adódik a nagy áttételhez szükséges *Cs* csigahajtásból.

Egyszerű osztáskor: az *FK* forgatókar, az *OT* osztótárcsa és a *Cs* csigahajtás vesz részt az osztásban. Ilyenkor az *OT* osztótárcsát az *RO* osztótárcsa-rögzítőretesz rögzíti.

A számítások során a következő jelöléseket használjuk:

- F* a forgatókar egy osztásra eső elfordulása;
- T* az egy osztásra eső lyuk-távolságok száma;
- z* a megvalósítandó osztás-szám;
- C* a csigahajtás, ill. az osztófej állandója, melyet az 1:40 lassításnak megfelelően 40-nel kell számításba venni;
- x* az osztáshoz kívánt lyuk-kör lyukszáma.

Ezekkel a jelölésekkel:

$$Tz = Cx.$$

Ezzel az egyenlőség mindkét oldalán az osztásban részt vevő összes lyuk-távolságok számát írjuk fel.

Az egyenlőség átalakítva:

$$\frac{C}{z} = \frac{T}{x}.$$

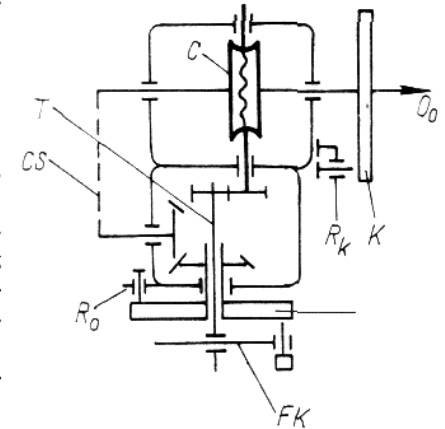
Ez az egyenlőség mindkét oldalán az egy osztásra eső forgattyú-körülfordulások számát fejezi ki, mert

$$F = \frac{C}{z} = \frac{T}{x}.$$

Ez az összefüggés az osztásszámítás alapképlete.

Az osztótárcsa két oldalán rendelkezésre álló osztólyuksorok:

15	17	19	21	27	31	37	41	47
16	18	20	23	29	33	39	43	49



74. ábra. Egytetemes osztófej egyszerű osztáshoz beállított helyzetben, cserekerékátétel nélkül

O osztóorsó (ide csatlakozik a munkadarab); *K* közvetlen osztótárcsa; *RK* közvetlenosztó tárcsa osztóretesze; *CS* 1:40 lassítású csigahajtás; *T* osztótengely; *RO* osztótárcsa rögzítő retesze, amely egyszerű osztáskor rögzíti az osztótárcsát; *OT* osztótárcsa; *FK* forgatókar; *CSK* cserekeréksor (ennek helyén egyszerű osztáskor nincs kapcsolat és az *OT* osztótárcsát az *RO* rögzíti)

Az alapképletből megállapítható, hogy adott esetben az osztás elvégezhető-e egyszerű osztással.

Ezt úgy lehet legjobban érzékelni, ha megvizsgáljuk a fenti lyuksorszámok törzstényező-tartalmát. A felsorolt lyuksorszámok tartalmazzák a törzstényezőket 50-ig, egyes törzstényezőket többször is (pl. 2, ill. 3).

1. példa. Olyan osztásszámot veszünk osztási példának, amely közvetlenül osztással nem volna elvégezhető: 76. Írjuk fel az alapképletet, és a szereplő számokat bontsuk törzstényezőkre:

$$F = \frac{C}{z} = \frac{40}{76},$$

tehát

$$F = \frac{2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 5}{2 \cdot 2 \cdot 19}.$$

Egyszerűsítve:

$$F = \frac{2 \cdot 5}{19}.$$

Tehát az osztás elvégezhető a 19-es lyukkörön. Vagyis a 19-es lyukkörön minden 10-edik lyuktáv felhasználásával elvégezhető az osztás. A 10 lyuktávolsághoz beállítjuk az ütközővillát, rögzítjük, és máris lehet osztani.

A számítás helyességét könnyen ellenőrizhetjük: Szorozzuk meg 19-et (számított lyuksorunkat) a csiga, ill. a forgatókar 1 munkadarab-fordulatra eső összes fordulatával:

$$19 \cdot 40 = 760.$$

Vagyis így megkaptuk az egy munkadarab-fordulat alatt érintett összes lyuktávok számát. Ha ezt 10-el (az egy osztásra jutó lyuktávolságok számával) elosztjuk, akkor éppen 76-ot, vagyis a kívánt osztásszámot kapjuk.

2. példa. Vizsgáljuk meg ezután valamely másik 19-es törzstényezőt tartalmazó osztást, pl. az 57-et;

$$F = \frac{C}{z} = \frac{40}{57}; \quad F = \frac{2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 5}{3 \cdot 19}.$$

Az összefüggésből tisztán felismerhető, hogy az osztás 1:40-es áttételű osztófejünkkel nem végezhető el. Ehhez 57-es lyukkör kellene, de ilyen nincs. Más lenne a helyzet, hogyha volna olyan osztófejünk, amelyen az osztócsiga 1:60 áttételű. Ez esetben az osztás ugyancsak 19-es lyukkörrel elvégezhető lenne:

$$F = \frac{2 \cdot 2 \cdot 5 \cdot 3}{3 \cdot 19};$$

egyszerűsítve:

$$F = \frac{2 \cdot 2 \cdot 5}{19} = 1 \frac{1}{19}.$$

Vagyis az osztás a 19-es lyukkörön 19 + 1 lyuktáv felhasználásával, azaz 20 lyuktávval elvégezhető.

Ellenőrzés:

$$60 \cdot 19 = 1040; \\ 1040 : 57 = 20.$$

3. példa. Ezután próbáljunk meg ismét olyan osztószámot, amely ismét tartalmazza a 19-es törzstényezőt. Legyen ez a szám 95, és osztófejünk a mindig rendelkezésre álló 1:40 áttételű:

$$F = \frac{C}{z} = \frac{40}{95},$$

vagyis

$$F = \frac{2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 5}{5 \cdot 19}.$$

Egyszerűsítve:

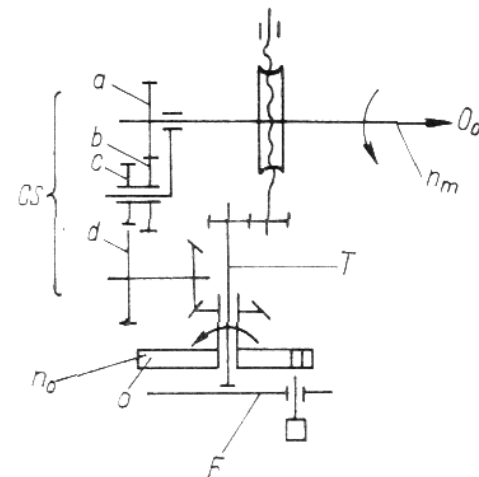
$$F = \frac{2 \cdot 2 \cdot 2}{19} = \frac{8}{19}.$$

Azaz a 19-es lyukkörön mindig 8 lyuktáv felhasználásával elvégezhető az osztás.

Ellenőrzés:

$$40 \cdot 19 = 760 \text{ és } 760 : 8 = 95,$$

vagyis számításunk helyes volt.



75. ábra. Egyetemes osztófej cserekerék-áttétellel differenciálosztáshoz

Differenciálosztást akkor hajtunk végre, ha az osztás egyszerű osztással nem végezhető el. Ilyenkor a munkadarabot forgató O osztóorsó és az OT osztótárcsa között cserekerék-áttétellel kapcsolatot (CSK) létesítünk (75. ábra) és ezzel hajtjuk az OT osztótárcsát. Így lehetővé válik, hogy az osztótárcsa lyuksorával olyan osztást is végrehajtunk, amely egyébként egyszerű osztással már nem végezhető el (76. ábra). Kerekíteni lehet lefelé és felfelé. Az egyszerű osztással el nem végezhető osztásszámot ugyanis kerekítéssel és az osztótárcsa megfelelő irányú elfordításával mégis alkalmassá tehetjük az osztásra.

4. példa. A 63-as osztást kell elvégezni (76. ábra).

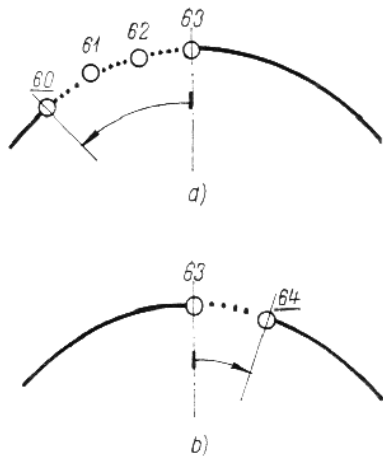
A számítás menete:

1. tisztázandó, hogy elvégezhető-e a 63-as osztás egyszerű osztással?
2. megvizsgálendő, hogy a választott kerekítési számok alkalmasak-e az osztáshoz?
3. kiszámítandó a cserekerék fogszáma, amelyekkel a z osztótárcsát készletetni vagy siettetni kell.

Először felírjuk az osztófej alapképletét:

$$F = \frac{C}{z} = \frac{40}{63}; \quad F = \frac{2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 5}{3 \cdot 3 \cdot 7}.$$

Egyszerűsíteni nem lehet, és így nyilvánvaló, hogy 63-as lyuksorra lenne szükségünk. Mivel ilyen nincs, *differenciálosztással* végezzük el az osztást. A differenciálosztás elvégzéséhez azonban ki kell számítani a cserekerékrendszer k hajtóviszonyát. Ehhez a következő jelöléseket használjuk (75. és 76. ábrák):



76. ábra. Az egytetemes osztófej lyuktárcsájának hajtása differenciálosztáskor *a* lefelé kerekítéskor (késleltetés); *b* felfelé kerekítéskor (siettetés)

differenciálosztás, akkor egy teljes munkadarab-fordulat esetén a forgattyúkar F_z fordulatot tenne, mivel az F az egy osztásra eső forgattyú-elfordulás. Esetünkben az osztótárcsa elfordításakor csak a különbözőzeti fordulat kell, amellyel az osztótárcsát vissza kell forgatnunk, hogy pontosan a 63. osztás végén jussunk a 60-as lyuksoron és a munkadarab teljes fordulatának végén a 63. lyukba, ill. a 63. lyuktávolság végére. Mindez lefelé kerekítés esetén igaz.

Itt újból utalunk rá, hogy ugyanezen idő alatt a munkadarab egy teljes fordulatot tesz. Kiszámítjuk k értékét:

$$k = \frac{n_{OT}}{n_M} = \frac{F(z' - z)}{1},$$

vagyis

$$k = F(z' - z).$$

A választott kerekítésnek 60-nak megfelelő egy osztásra eső forgattyú-körülfordulás:

$$F = \frac{2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 5}{2 \cdot 2 \cdot 5 \cdot 3},$$

- k hajtóviszony;
- n_M a munkadarab fordulatszáma;
- n_{OT} az OT osztótárcsa fordulatszáma;
- z' kerekített osztásszám.

Így tehát, mivel esetünkben a hajtóelem a munkadarab:

$$k = \frac{\text{hajtott fordulat}}{\text{hajtó fordulat}}$$

és eszerint:

$$k_{diff} = \frac{n_{OT}}{n_M}.$$

Meg kell határozni n_{OT} és n_M értékét. A kerekítést első lépésben lefelé véve: $z' < z$. Amíg a munkadarab egyszer fordul körül, addig az osztótárcsa:

$$n_{OT} = F(z' - z)$$

fordulatot tesz. Ez könnyen belátható abból a megfontolásból, hogy ha nem volna a megfontolásból, hogy ha nem volna

vagyis

$$F = \frac{10}{15}.$$

Ezzel

$$k_{diff} = \frac{10}{15} (60 - 63) = -\frac{10}{15} \cdot 3,$$

és ebből:

$$k_{diff} = \frac{2 \cdot 3 \cdot 5}{3 \cdot 5} = -\frac{2}{1}.$$

Az utóbbi törtet kell fogszámokban kifejezni.

Az osztófejek cserekerék-választéka esetenként nem azonos. Így pl. az NDK gyártmányú Ap TU-135 osztófej cserekerék-választéka:

24	24	28	30	32	39	40	44	48	48	
52	56	60	64	68	72	76	93	96	100	127

Ezzel szemben elterjedt a következő választék is:

24	24	28	32	36	40	
48	56	64	72	80	90	96

Nyilvánvaló, hogy az előbbi munkaterülete szélesebb.

A kisebb választékot vesszük alapul. Ebben az esetben a cserekerék-pá osítás:

$$k_{diff} = -\frac{2}{1} = -\frac{80}{40}.$$

A feladat ezzel azonban még nem kész, mint látjuk, az előjel negatív. Eddigi megfontolásainkból tudjuk már, hogy az osztótárcsát vissza kell forgatni, de ugyanezt jelzi a $-$ előjel is. Emiatt négy kerékkapcsolatot kell létesíteni (73. ábra):

$$k_{diff} = -\frac{80}{24} \cdot \frac{24}{40} = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d}.$$

Lássuk ezután a felfelé kerekítés esetét. Ekkor a fentieknek megfelelően $z' = 64$ -re kerekítünk:

$$F = \frac{40}{64} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 5}{2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2}.$$

Egyszerűsítve:

$$F = \frac{5}{8}$$

és

$$k_{diff} = F(z' - z),$$

vagyis

$$k_{diff} = \frac{5}{8} (64 - 63) = \frac{5}{8}.$$

Leghelyesebb ilyenkor felbontani a törtet, pl.:

$$k_{\text{airr}} = \frac{5}{2 \cdot 2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{40}{32} \cdot \frac{24}{48} = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d}$$

Még tisztázandó a fordulat iránya.

Jelen esetben az osztótárcsa fordulatirányának egyeznie kell a munkadarab fordulatirányával. Erre a célra az osztófejeket szokták közbeiktatni [5], [6].

3.7. Megmunkálóközpontok

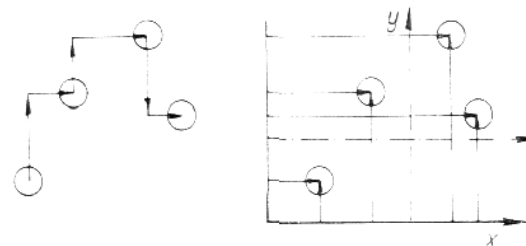
Napjainkban a megmunkálóközpontok jelentősége mind jobban fokozódik, elterjedésük azonban fokozódó jelentőségükkel nem tud lépést tartani. Ennek egyik oka, hogy a gépek beszerzése igen költséges, másik oka, hogy kezelésük magasabb szintű szaktudást kíván. A megmunkálóközpontok legjelentősebb alkalmazási területe a házak megmunkálása fúrással és marással. A fejlődésben nagy része volt a fúrómárműveken és részben a helyzetfúróműveken végzett házmegmunkálások során szerzett tapasztalatoknak. Már ennek folyamán is többféle programozási rendszert valósítottak meg az érdekelt gyárak, legutoljára a számjegyvezérlést. A munka sokrétűsége azonban további igényeket támasztott. Ennek a fejlődésnek az eredménye a megmunkáló központok megépítése. Az NC vezérléssel a gépek automatikája nemcsak a gépi mozgásokra, hanem a mellékidők nagy részére is kiterjeszhető. Így pl. sikerült automatizálni a szerszámcsereket, a szerszámbe fogást és a munkahelyzetre való beállást.

A megmunkálóközpontok működésében fontos szerepet tölt be a mozgások irányainak egyértelmű meghatározása. Ezért a mozgásirányokat a tér három irányában megvalósítandó eltolások, ill. asztalmozgásoknak megfelelően x , y és z koordinátákkal jelölik. A koordináták rendszerének helyes alkalmazásától függ a szerszám éltartamának egyidejű betartásával a mérettartás.

A szerszám tengelyének mozgásirányát mindenkor z -vel jelölik. Az x tengely a szerszám irányából nézve mindig vízszintes irányú és mindig balról jobbra mutat.

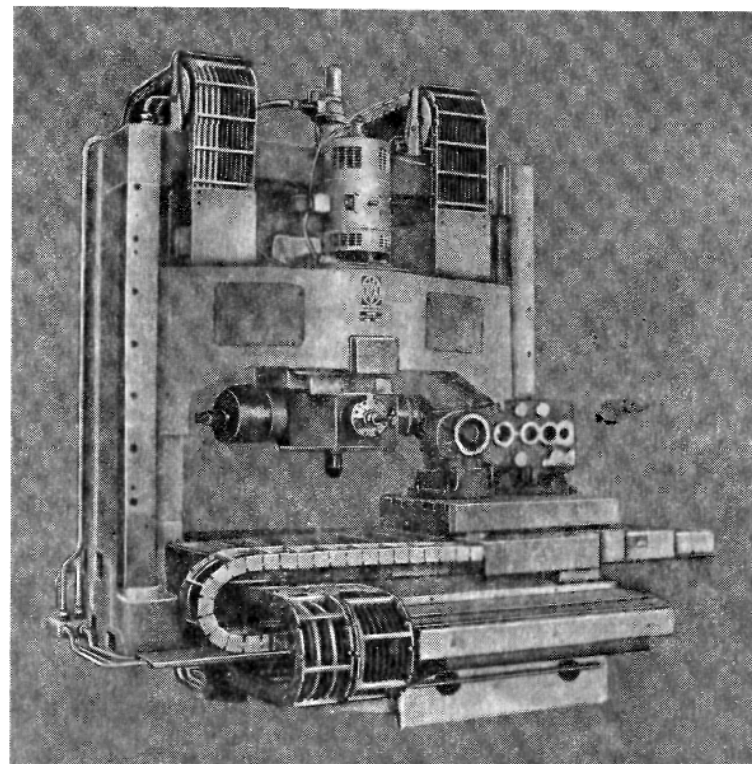
Az y tengely elvben mindig merőleges az x irányra; a megmunkálóközpontoknál többnyire vízszintes, fúrómárműveknél pedig függőleges. Az x , y és z koordinátatengelyek rendszerét a programozó szerveknek, ill. a technológusoknak már a gép első beindításakor részletesen ismerniük kell, mert minden munkaprogram lényege a koordináták nullapontjának kedvező helyzete.

A 77. ábra a furatokra állás koordinátáit mutatja. Az egyes helyezések (pozicionálások) sorrendjét hasonló elvek szerint kell elkészíteni (l. még a 65. ábrát).



77. ábra. A megmunkáló központok programozásában alkalmazott koordináták:

a: koordináta pontban látható, mert az xy síkra merőleges



78. ábra. A Csepel Szerszámgyár FVS 6-41 típusú megmunkálóközpontja

Hazánkban a Csepel Szerszámgépgyár gyárt megmunkálóközpontokat. A 78. ábrán látható FVS 6—41 típusú NC vezérlésű megmunkálóközpontnak háromféle asztalmozgása van:

- x irányú, vagyis az asztal hosszmozgása 800 mm;
- y irányú, vagyis az asztal keresztmozgása 700 mm;
- a felső asztal elfordíthatósága $4 \cdot 90^\circ$.

Az asztal mérete: 630 • 800 mm.

A szerszám vertikális (z irányú) mozgása 550 mm.

A szerszámot a hídgerendára fent beépített főmotor (6 kW) hajtja.

A szerszámotartó revolverfej négyoldalas, amelyek közül két szerszámhelyzetben lehet automatikus programozással szerszámot cserélni a 24 helyzetű szerszámfárból. Utóbbi a híd hátsó oldalán foglal helyet és együtt mozog vele.

Az előtolások fokozatnélküliek, egymástól független hajtásúak, és annyira pontosak, hogy velük akár menet is készíthető. Valamennyi előtolás 0...6000 mm/min szabályozási határon belül állítható. Az előtolásokat 6 mm emelkedésű golyós orsók végzik.

A szerszámhajtó főorsó fordulatszáma 18 fokozatban változtatható 45—2200/min határok között. A segédmozgásokat hidraulika működteti. A szánokat olajnyomással rögzítik. Az elmondottakból nyilvánvaló, hogy a házak megmunkálására — különösen ha több egymás után következő kisebb-nagyobb sorozat követi egymást — a megmunkálóközpontok a megmunkálás automatizálásával elérhető előnyeik folytán igen alkalmasak. Különösen előnyös ismételten visszatérő különféle házsorozatok gyártására, mivel a gép átállítása ilyenkor a kezdő helyzet felvételéből, szerszámcsereből és a programszalag cseréjéből áll.

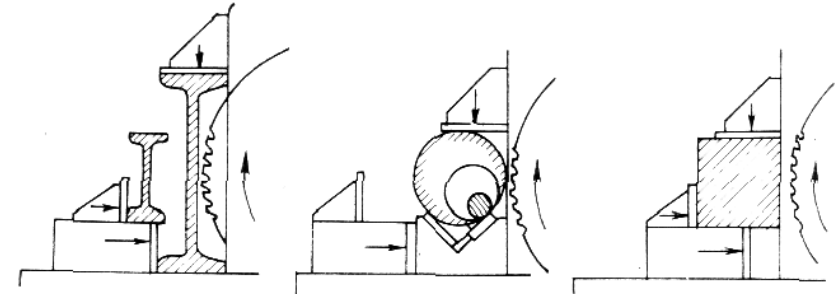
3.8. Fűrészgépek

A darabolóműhely munkáját legtöbb üzemben lebecsülik. Az anyagellátás zökkenőiért ezt a műhelyt okolják, ugyanakkor azonban nem vizsgálják meg, hogy gépeiknek korszerűsége és teljesítőképessége megfelel-e a követelményeknek.

A gépipari darabolóműhelyek legjellegzetesebb gépei a fűrészgépek. A fűrészgép tömegmunkát végez még kis sorozat esetén is, ezért nyilvánvaló, hogy az ott felmerülő bajok zavarólag hatnak a követő egész műveletsoron. Az ebből származó bajok nemcsak az anyagellátást zavarják, hanem a teljesítménykihasználásban (pl. a gépállás révén) is állandóan ismétlődő nyereségszökkentő hibaforrásokká válhatnak.

Az előzőekben csak röviden utaltunk a daraboló-műhelyekben tapasztalható gondokra. Leszűrhető tanúságként magától adódik a következ-

tesítés, hogy a bajok ellenszerét a részletes és pontosan felállított technológiai ütemtervben lehet megtalálni. Utóbbi úgy kell felállítani, hogy semmiféle sürgősségi váratlan követelmény ne zavarhassa meg. A terv végrehajtását pedig éppen olyan következetesen kell figyelemmel kísérni, mint a műhelyekben folyó bármely más munkát. A darabolóműhely szűk keresztmetszete az egész termelésre károsan hat. Ezért célszerű a darabolóműhely berendezését 25...30%-kal bővebb kapacitással tervezni. Ez aránylag könnyen megvalósítható, mert a darabolóműhely gépei más szerszámgépekhez viszonyítva aránylag olcsók.



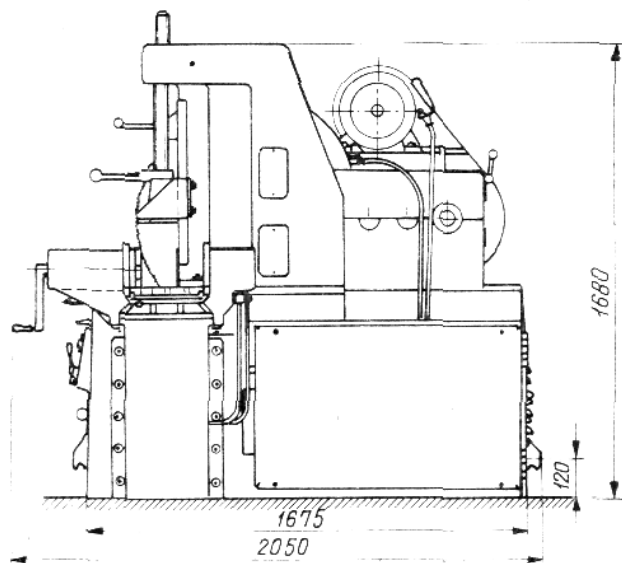
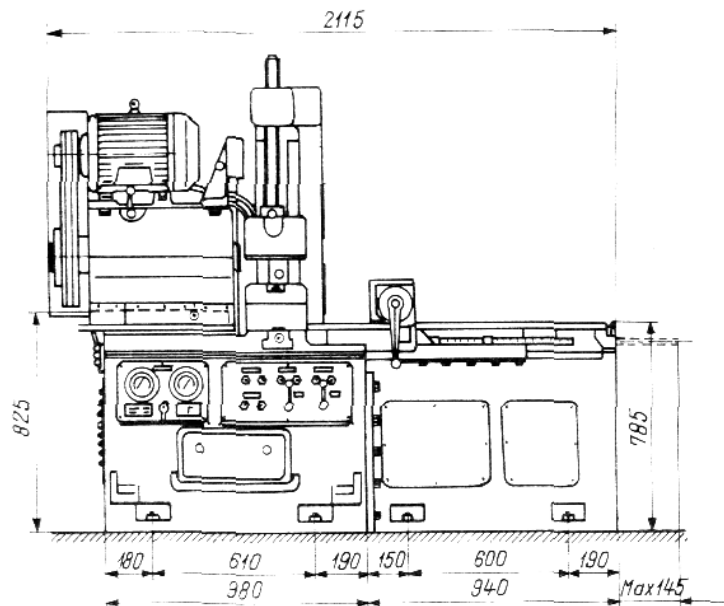
79. ábra. Változó terhelésekkel járó fűrészelési feladatok

A fűrészelési feladatok sokrétűek (79. ábra). A legszembevetőbb különbség, hogy az ábrán látható keresztmetszetek fűrészelése közben állandóan változó teljesítménnyel dolgozik a gép. Ez jellemzi a fűrészgépek munkáját. Ebből következik, hogy olyan nagyteljesítményű (betétfogas) fűrészgéptől várhatunk jó eredményt, amely rugalmasan alkalmazkodik a teljesítményváltozásokhoz. Ilyenek a fokozatnélküli előtolással (hidraulikával) dolgozó gépek.

Keretes fűrészgépet csak akkor használjunk, ha elkerülhetetlen, akkor is viszonylag kis keresztmetszetek fűrészelésére. A visszamenet üresjárata miatt ugyanis e gépek nem elég termelékenyek.

A betétfogas fűrészrel dolgozó körfűrészgép lényegesen pontosabban dolgozik a keretes fűrésznél.

Nagyobb fűrészártárcsával dolgozik a 80. ábrán látható gép. Előtolása hidraulikus, előtoló-motorjának teljesítménye 2,2 kW. Előtolása 0...400 mm/min között fokozat nélkül változtatható. Gyors visszamenet: 2000 mm/min. Főmotorjának teljesítménye: 5,5 kW. A fűrészártárcsa nagysága $\varnothing 760$ mm, fordulatszáma: 5,5; 7,5; 10 és 13/min. Forgácsoló-sebessége ennek megfelelően: 13,6; 18,5; 24,3 és 31,4 m/min. Legnagyobb fűrészeltető köracélméret 270 mm. Legnagyobb négyzetgacélméret



80. ábra. PHA 27 csehszlovák gyártmányú körfűrészgép

250×250 mm. Hűtőszivattyúmotor-teljesítménye 0,1 kW. Folyadék-szállítása 10...16 l/min. A hidraulikus előtolást fogaskerék-szivattyú működteti. A túlnyomást a nyomáshatároló (túlfolyó-) szelep akadályozza meg. A hidraulikus előtolás alkalmazkodóképessége lehetővé teszi az állandó üzemi nyomás tartását változó keresztmetszetek fűrészelésekor. Az előtolási sebesség mindenkor a fűrészelt anyag szilárdsága és méretei szerint állítható be.

Az önműködő ellennyomás-berendezés elkerülhetővé teszi, hogy az előtolás felgyorsuljon, akár a fűrészelés megkezdése előtt, akár annak befejezésekor, ill. keresztmetszet-változáskor.

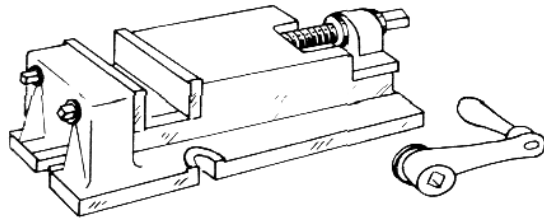
4. FELFOGÓ KÉSZÜLÉKEK ÉS TARTOZÉKOK

Maráskor a munkadarabot mereven és biztonságosan kell a marógép asztalára fogni. A rezgést, ill. csattogást csak merev felfogással lehet elkerülni. A biztonságos befogás a balesetveszély elhárítása miatt igen fontos.

A munkadarab felfogási módja maráskor sokféle lehet, a munkadarab alakja és a megmunkálandó felület elhelyezkedése szerint.

4.1. Felfogó satuk

A legegyszerűbb és különösen kis méretű munkadarabok felfogására a leggyakrabban használt készülék a felfogó satu. Különböző méretben készül, részint a marógép méreteihez, részint a felfogandó munkadarab méreteihez alkalmazkodik. A legegyszerűbb satu testének alsó lapja sík, és simára van munkálva, hogy a marógép asztalán biztosan felfekdjön. Két hornya van, ezekkel fogják le a marógépasztal T-hor-



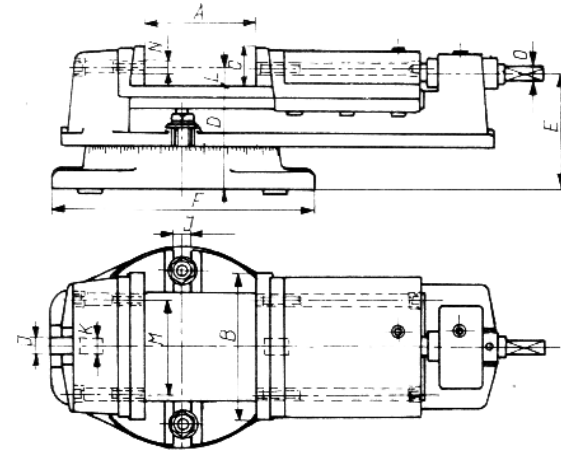
81. ábra. Felfogó satu

nyaiban elhelyezett csavarokkal a gépasztalra. A satu állópofája a testtel egy darabot képez. Ezzel szemben helyezkedik el a mozgópofa, amelyet fecskéfark alakú vagy négyszögletes kiképzésű vezetékben menetes orsón lehet mozgatni (81. ábra).

Marógépen csak pontosan elkészített felfogó satuval lehet dolgozni, mert a satu felfogó felületei tájolják a munkadarabot, ill. meghatározzák

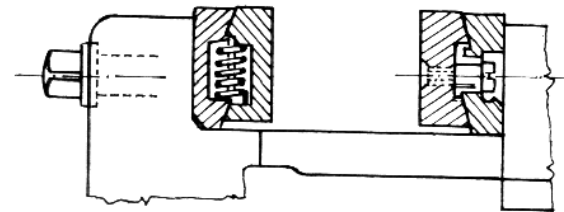
a megmunkálandó felületek helyzetét. A satupofákba edzett, köszörült, cserélhető betéteket helyeznek, hogy a pofák felületének kialakítása ne változzék a kopás vagy deformálódás következtében.

A forgóalapú satu alkalmas arra, hogy ha a felfogott munkadarab egyik felületét már megmunkáltuk, akkor arra bizonyos szögben másik felületet képezhessünk ki. Ekkor a gépasztalra felfogott satualapon levő fokbeosztáson a párhuzamos pofákba felfogott munkadarabot a rögzítőcsavarok meglazítása után a kívánt szögre elfordítjuk, és a csavarok meghúzásával az elfordított felsőrészt rögzítjük (82. ábra).



82. ábra. Forgóalapú satu

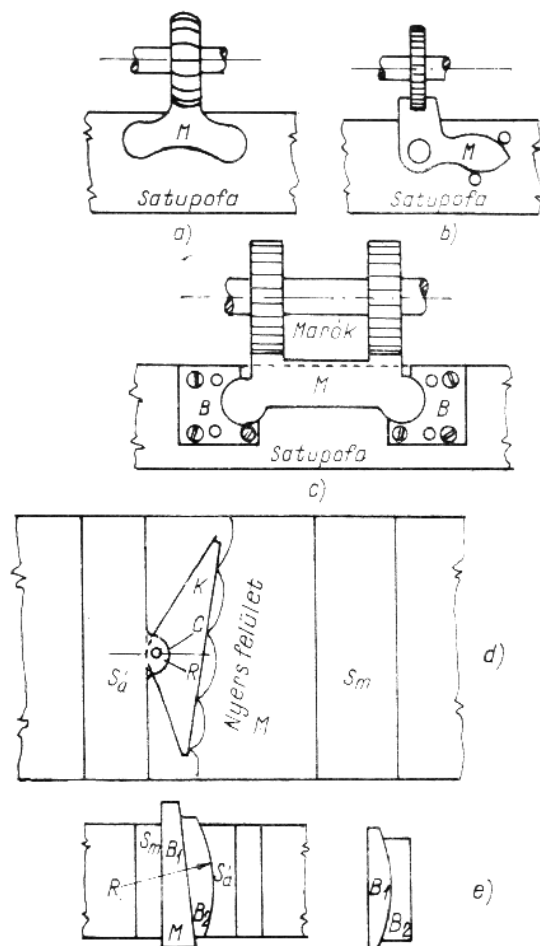
A satu pofáit gyakran azért kell cserélni, mert a satupofák megfelelő kiképzéssel igen sok feladat megoldására alkalmasak. Pl. a satupofákat úgy is ki lehet képezni, hogy a munkadarab megszorításakor azt egyszersmind a jó felfekvés céljából az alaphoz szorítják (83. ábra).



83. ábra. Leszorító satupofák

Ezáltal nem kell a munkadarabot felfogáskor kalapácsütésekkel az alaplaphoz fektetni.

Úgy is ki lehet képezni a satupofákat, hogy a munkadarab megfogásán kívül a helyzetmeghatározás feladatát is elvégzik. Ekkor az egyszerű felfogó satuból már *felfogó készülék* lesz (84. ábra).



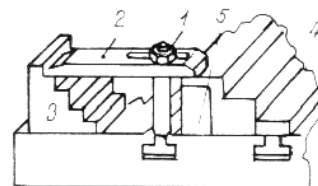
84. ábra. Különleges szerkezetű satupofák:

a satupofa alakos üreggel kis méretű öntvények befogásához; b és c betétes satupofák nyers öntvény vagy kovácsdarab befogásához; d satupofára szerelt kiegyenlítő; e íves betétpár ék alakú munkadarabok befogásához; M munkadarab; S_a és S_m álló és mozgó satupofák; B₁ és B₂ íves betétek; K kiegyenlítő

4.2. Leszorító készülékek

Ha a munkadarab olyan kiképzésű, hogy vagy a marógép asztalán felfekvő megmunkált felület felett vagy a felfekvő nyers felület felett valamilyen perem van, akkor e peremet használjuk fel a munkadarab leszorítására. Ugyancsak alkalmasak leszorításra a felfekvő felület felett levő üregek vagy furatok, amelyek megmunkáláskor nem állnak a szerszám útjába.

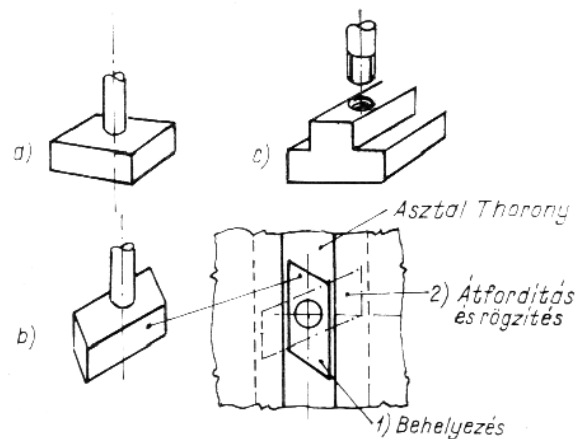
A leszorításhoz leszorítócsavarokat, leszorítóvasakat és alátéteket használunk (85. ábra).



85. ábra. A leszorítás segédeszközei:

1 szorítócsavar; 2 szorítóvas; 3 alátét; 4 támasztóléc; 5 alátét a munkadarab megtámasztására

A **leszorítócsavarok** közül legegyszerűbb a négyszögletes fejű csavar, amely a marógép asztalának T-hornyába illik. Ennél célszerűbb a trapéz alakú csavarfejki-képzés, mert ekkor a csavart a gépasztal hornyába bárhol behelyezhetjük, tehát nem kell az asztal végétől a horonyban végigtolni (86a és b ábra). A 86c ábrán az asztal T-hornyába illő anya látható, amelyhez csak megfelelő hosszú fejescsavart kell választani a leszorításhoz. Használatos még a horonyméretnél kisebb T-fejű csavar is, amely az asztal T-hornyában elfordítható. Ez esetben azonban fennáll a veszély, hogy a csavar meghúzásakor a csavar a horonyban elfordul



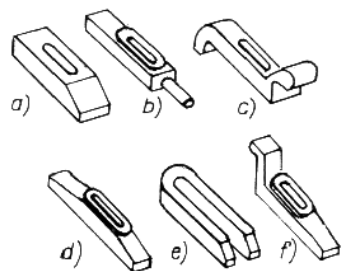
86. ábra. Szorítócsavarok:

a egyszerű T-fejű; b forgatható T trapéz-fejű; c kétrészes

és csak a sarkán fekszik fel. Ekkor a csavar erős meghúzásakor a kis felfekvő felület megsérül, vagy a horonyból kiszakad. A trapézfejű csavar meghúzásakor rögzítődik és így kellőképpen felfekszik a T-horony peremén.

A szorítóvasaknak is alkalmazkodniuk kell a munkadarabhoz, ill. a felfogási lehetőségekhez. A leginkább bevált szorítóvasak a 87. ábrán láthatók.

Az *a* általánosan használt két-három csavarátmérő hosszan ki-munkált hornyú szorítóvas. Ez megkönnyíti a beállítást és pótolja a különböző hosszúságú furatos szorítóvasakat. A *d* megoldás hasonló,

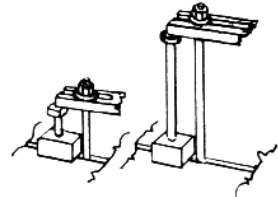


87. ábra. Szorítóvasak

nem kell a csavart mindig ki- és becsavarni, hanem elég meglazítani, a szorítóvasat hátra húzhatjuk vagy teljesen lehúzhatjuk.

mint az *a*, de nagyobb távolságok áthidalására alkalmas. A *b* szorítóvasat az esetben alkalmazzuk, ha a munkadarabon levő furatot használjuk fel a leszorításra. A *c* hajlított vagy orros szorítóvas olyan esetben kell, ha a szorítóvas felett levő rögzítőanya munka közben akadályoz. Az *f* változat is ugyanígy használható, csak az áthidalható magasságban különbözik az előbitől. Az *e* változatot akkor használjuk, ha azonos munkadarabokból többet kell megmunkálni. Előnye, hogy

Alátétet vagy ellentámaszt kell használni a szorítóvasakhoz (85. ábra),



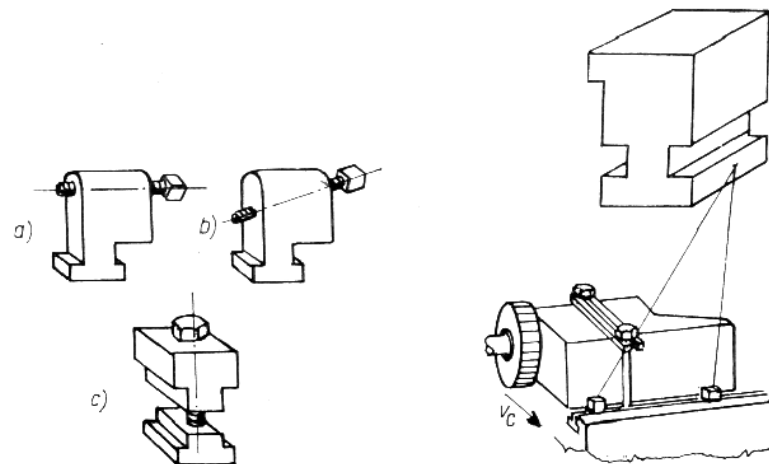
88. ábra. Magas alátétek

de kisebb munkadarabok leszorítására nem túlságosan erős igénybevétel esetén megfelelő keményfa hasáb is. A megmunkálatlan, rosszul felfekvő vasdarabok egymásra rakásából felépített alátétek használatát azonban feltétlenül kerüljük. Nagyobb magasságok esetén, vagy amikor a lépcsős alátét túlságosan hosszú leszorítóvasat kívánna, a 88. ábrán látható megoldást alkalmazzuk.

Az ütközőket és a vezetőléceket a marógépasztal T-hornyaiba illesztjük, a munkadarab oldalirányú megtámasztására. Ha nem lehet a munkadarabot közvetlenül az ütközőnek szorítani, az ütközőn a támasztáshoz csavarokat használunk. A 89. ábrán az *a* megoldású ütközőn vízszintes a szorítócsavar, míg a *b* változaton lefelé irányul. Ennek az

célja, hogy a munkadarabot ne csak oldalról határolja, hanem lefelé nyomva az asztalon való felfekvést is elősegítse. A *c* változat kétrészes ütköző, ill. támasztó. Ez utóbbi már támasztó vezetőlécként is használható.

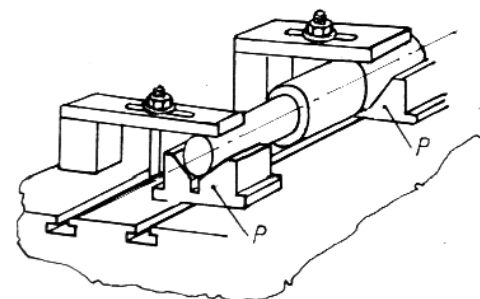
A vezetőléc támasztáson kívül tájolóra is használható (90. ábra). Ez azért lényeges, mert a szorítóvas csak leszorításra alkalmas, az elcsúszást nem akadályozza meg. A csavar szorításából eredő erő és a súrlódási tényező szorzata adja ugyanis azt a vízszintes irányú erőt, amely a forgácsolóerő vízszintes irányú komponensének ellenáll. A súrlódási



89. ábra. Ütközők

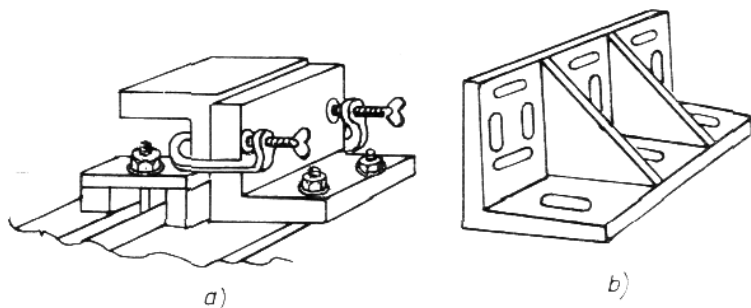
90. ábra. Vezetőléc és alkalmazása

tényező értéke azonban teljesen bizonytalan, döntő mértékben megváltoztathatja a gép asztalán levő esetleges olajréteg és a megmunkáláskor használt hűtő-kenő folyadék. Ezenkívül növelik a bizonytalanságot



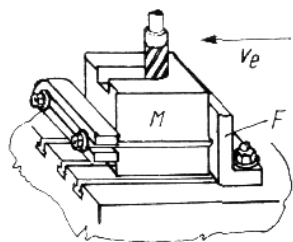
91. ábra. Tengely felfogása és tájolása prizmában

megmunkáláskor fellépő rezgések, amelyek a súrlódási tényezőt tovább csökkentik. Ez a magyarázata annak, hogy ha egy jól elhelyezett ütközőnek nyomjuk a munkadarabot, többet ér, mint fél tucat szorítóvas (90. ábra).



92. ábra. Derékszögű felfogólap

A **felfogó prizmat** hengeres munkadarabok felfogására és tájolására használják (91. ábra). A leszorítóvassal együtt alkalmazzák, de a prizma csak helyzetmeghatározásra alkalmas, nem akadályozza meg a forgácsolóerő hatására az elcsúszást. Ezért az ábrán látható felfogást még ki kell egészíteni ütközőkkel vagy vezetőlécekkel.



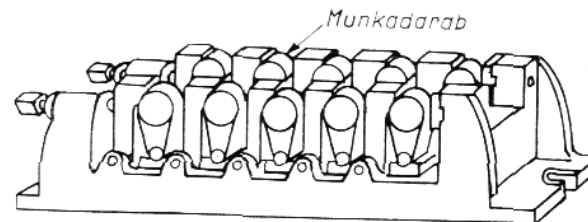
93. ábra. Derékszögű felfogólap mint rögzítőelem

A **derékszögű felfogólapot** gyakran használják szögvas alakú munkadarabok felfogására (92. ábra). A pontos elhelyezés miatt lényeges, hogy a felfogólapnak a gépasztalra és a munkadarabra felfekvő felületeit pontosan derékszögűre és simára munkáljuk. A jól tájolt derékszögű felfogólap leszorításra is használható (93. ábra).

4.3. Különleges készülékek

A marógépre való felfogáshoz a munkadarab alakja és elhelyezési lehetősége szerint igen sokféle készüléket használunk. A motor- és autógyártásban erre hagyományos készülékmegoldások alakultak ki. Erre a hazai szakirodalomban kevésbé, de a külföldiben igen sok példa van. Ezért ezek részletes ismertetésére nem térünk ki, csak példaként mutatunk be egy egyszerű készüléket.

A 94. ábrán látható felfogókészülékbe egyszerre 10 nyers kovácsdarabot lehet viszonylag gyorsan befogni, és a darabok nagyobb fejrésszének mindkét felületét a marótüskére fogott négy tárcsamaróval egy fogással síkra lehet munkálni. A billenőpofás megoldás lehetővé teszi, hogy egyetlen csavar meghúzásával öt munkadarabot rögzítsünk a ké-

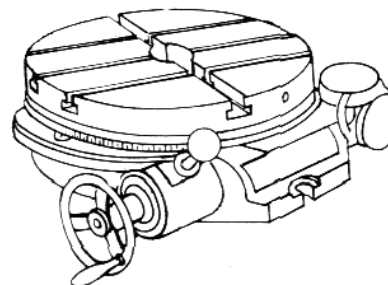


94. ábra. Kiegyenlítőpofás marókészülék nyers kovácsdarabok felfogására

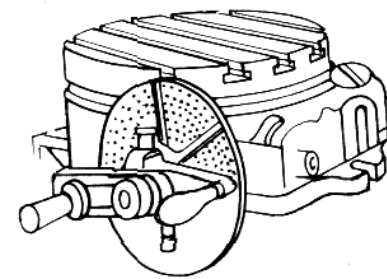
szülékben egyforma erővel. A tárcsamarók egyszerre legfeljebb két munkadarabot forgácsolnak, amelyeket a készülék megfelelően rögzít. Ugyancsak egyetlen csavar fellazításával egyszerre öt munkadarabot lehet a megmunkálás után a készülékből könnyen kiemelni.

4.4. Körasztalok

A **kézi mozgatású körasztal** a munkadarabok felfogására T-horonyokkal ellátott kör alakú asztal pontos ágyazással (95. ábra). Az asztalt csigahajtással forgatjuk el. A holtjáték kiküszöbölésére a csigakeréket a középsíkjában osztva készítik. Így a két félkerék egymáshoz képest elfordítható, s ezáltal a csiga mindkét felületén a csigakerék érintkező



95. ábra. Kézi mozgatású körasztal



96. ábra. Kézi mozgatású körasztal osztóberendezéssel

felülete szorosan felfekszik. Az osztás pontos beállítására nóniusz-beosztású skálát használunk. Ez a körasztal általános célokra megfelelő pontosságú.

Osztókészülékkel felszerelt kézi mozgatású körasztallal nagyobb osztáspontosságot lehet elérni. Az osztótárcsa furatai biztosítják a csiga pontos elfordítását, ez növeli az osztáspontosságot (a skálaleolvasáshoz képest) és gyorsítja a pontos osztást (96. ábra).

Az előtoló berendezéssel összekapcsolt körasztalt használják csavarvonal-kiképzésű hornyok és felületek elkészítésére. Ha a körasztalra tárcsát fogunk fel, és függőleges marógépen horonymaróval a tárcsába függőleges előtolással először a horony mélységét marjuk ki, aztán az előtoló szerkezetet váltókerekek segítségével összekapcsoljuk a körasztal csigájával, akkor a szögelfordulással arányos emelkedésű archimédeszi spirálist kapunk. A spirális emelkedését a váltókerekek módosítása, a csigakerék fogszáma és az előtolóórsó csavarmenet-emelkedése szabja meg.

Ha vízszintes tengelyű marógépen akarunk csavarvonalas hornyot marni valamely hengerfelületbe a körasztalon, akkor a függőleges előtolást kell a körasztal elforgatásával összekapcsolni. Ez azonban körülményes munka, és e célra alkalmasabb a függőleges marógépet vízszintes tengelyű osztófejjel használni. Magát az osztófejet a 3.6. alfejezetben ismertettük.

4.5. A marógépek tartozékai

A marógépek szokásos tartozékainak egyik csoportja a marótüskék és befogatókmányok, valamint a marószerszámok befogására használatos egyéb készülékek. Ezek részben megtalálhatók a szabványokban, részben a magyar nyelvű szakirodalomban [1]. Ezért ezekkel itt nem foglalkozunk.

Függőleges marófejjel (68. ábra) gyakran felszerelik a vízszintes tengelyű marógépet. Néha előfordul olyan természetű munka, amelyet csak függőleges tengelyű marógépen lehet elvégezni. Ekkor célszerű a függőleges marófejet használni. A berendezés a marógép vízszintes tengelyéhez rendszerint kúpkerék-áttétellel csatlakozik.

A vésőfej (69. ábra) a vízszintes tengelyű marógép különleges tartozéka. Célja, hogy valamely ritkán előforduló művelethez, jelen esetben a véséshez ne kelljen külön gépet vásárolni.

E tartozékok természetesen csak szükségből pótolják a függőleges marógépet és vésőgépet, nem lehet tőlük teljes értékű teljesítményt várni.

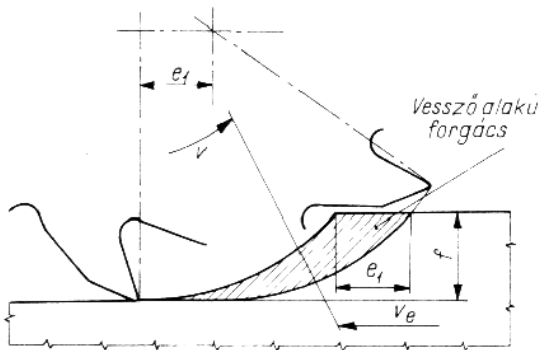
Ezzel a marógépek főbb tartozékait ismertettük, de egyáltalán nem merítettük ki azt a sok kisebb-nagyobb kiegészítő szerszámot és készüléket, amelyeket az üzemek az igen sokoldalú marási munkáikhoz használnak. Ezek a gondos szakmunkásoknál az évek során összegyűlnek és a dolgozók szekrényében megtalálhatók. Ezért igen célszerű, ha a technológus művelettervezéskor megnézi, hogy milyen készülékek, tartozékok állnak rendelkezésre.

5. MARÁS KÖZBEN FELLÉPŐ ERŐK ÉS FORGÁCSALAKOK

Az előzőkben a forgácsolással általánosságban foglalkoztunk, de a marási munka elsajátításához ismerni kell a forgácsolási folyamatok sajátosságait maráskor.

5.1. A palástmaró forgácsa

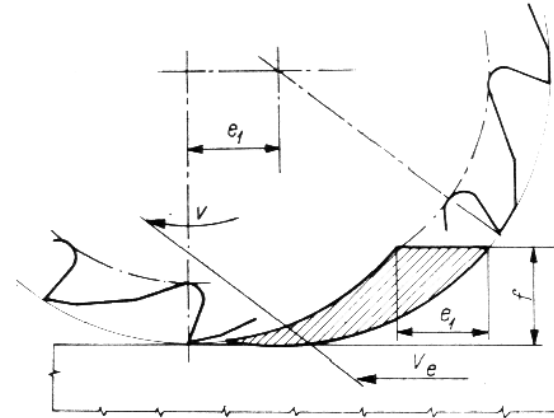
Az **ellenirányú marás** a hengeres palástmarás leggyakrabban alkalmazott módja (97. ábra). A henger alakú maró palástján elhelyezkedő forgácsolóélek úgy hatolnak a munkadarabba, hogy a maró forgácsoló főmozgásával ellentétes irányú előtoló mozgása következtében jön létre a forgácsleválasztás. Ekkor a maró élei a már megmunkált felületből ki-



97. ábra. Ellenirányú marás

indulva nulla forgácsvastagsággal hatolnak az anyagba. A marófog elfordulásával és az előtolás előrehaladásával a forgácsvastagság állandóan növekszik, és létrejön a félbajusz vagy vessző alakú forgácskeresztmetszet, mint ez az ábrán látható.

Egyirányú palástmaráskor (98. ábra) a forgácsleválasztás éppen fordított. A maró foga a legnagyobb forgácsvastagsággal felülről hatol az anyagba és nulla forgácsvastagsággal hagyja el. A forgácskeresztmetszet alakja itt is vessző alakú.



98. ábra. Egyenirányú marás

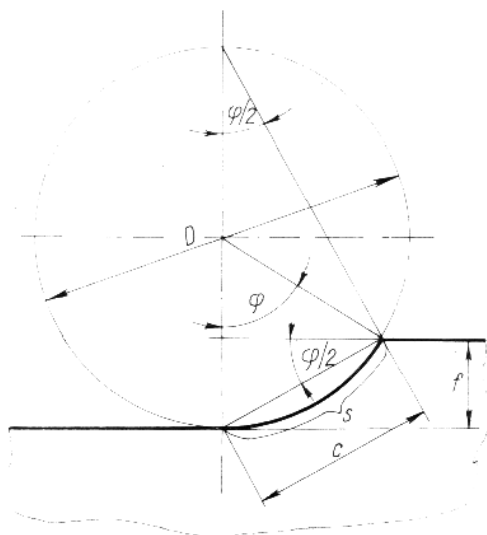
Az egyenirányú marást ritkábban alkalmazzák a gyakorlatban. A két marási mód között a forgácsalakulás számításában csak lényegtelen eltérés van. A következő számításoknál az ellenirányú marásból indulunk ki.

A **forgács kialakulását** részletesen a 99. ábra alapján tárgyaljuk, *egyenesfogú maróéleket feltételezve*. A fog éle először súrolja a már megmunkált felületet, amelybe azután a v_e előtoló mozgás következtében behatol. Előtoló mozgás nélkül nem lenne forgácsleválasztás. Éppen ebből az előtoló mozgásból következik, hogy a maró foga a munkadarabon nem köríven választja le az anyagot, hanem *hurkolt ciklois vonalán*. Mivel azonban az előtoló mozgás sebessége a forgácsoló sebességéhez viszonyítva igen kicsi, a hurkolt ciklois alig tér el a körívtől. Ez lehetővé teszi számításainkban azt az egyszerűsítést, hogy ne az igen bonyolult hurkolt cikloissal számoljunk, hanem az egyszerű körívvel. Az eltérés ugyanis kb. 1%. Ellenirányú maráskor a valóságos forgácsvastagság a számítottnál kb. 1%-kal vastagabb, míg egyenirányúnál ugyanannyival vékonyabb.

Számításaink során még egy elhanyagolással élünk. A 99. ábrán (amely nem léptékhelyes) látható, hogy a maró foga nem a legnagyobb forgácsvastagsággal lép ki a munkadarab anyagából, hanem valamivel

A forgácsívhossz meghatározásához azonban ki kell számítanunk a φ forgácsívszöget. Ezt legegyszerűbben a $\varphi/2$ kerületi félszög segítségével kaphatjuk meg a 100. ábra szerint.

Megrajzoljuk a maró átmérőjét, és bemetsszük az f fogásmélységet. Ezzel megkaptuk a φ központi forgácsívszöget és a hozzá tartozó



100. ábra. A forgácsívszög meghatározása a félszög (kerületi szög) segítségével

$\varphi/2$ kerületi szöget, valamint c -t, a forgácsív húrját. A háromszögek hasonlósága alapján felírhatjuk

$$\frac{D}{c} = \frac{c}{f}, \text{ melyből } c = \sqrt{Df},$$

tehát

$$\sin \varphi/2 = \frac{f}{c} = \frac{f}{\sqrt{Df}} = \sqrt{\frac{f}{D}}. \quad (5.9)$$

Ebből megkapjuk a φ forgácsívszöget, továbbá kiszámítjuk az s forgácsív hosszát:

$$s = \frac{\pi D \varphi}{360},$$

és ebből a közepes forgácsvastagság az (5.8)-ba behelyettesítve

$$h_k = \frac{e_1 f 360}{\pi D \varphi} \text{ mm.} \quad (5.10)$$

A közepes forgácsvastagság kiszámításakor bizonyos egyszerűsítést is alkalmazhatunk. Ha ugyanis feltételezzük, hogy a közepes forgácsvastagság $\varphi/2$ szögnél van, akkor az (5.7) képletben a négyzetgyök alatti második tagot elhagyhatjuk. Ekkor a közepes forgácsvastagság jó közelítéssel

$$h_k \approx e_1 \sqrt{\frac{f}{D}} \text{ mm.} \quad (5.11)$$

Ha a forgácsív szög kicsi, akkor ezt a képletet használhatjuk, mert ha $\varphi = 30^\circ$, az elkövetett hiba 1%, $\varphi = 45^\circ$ -nál 2,5%, $\varphi = 60^\circ$ -nál 4,5%, de $\varphi = 90^\circ$ -nál már 10,5%. Ebből következik, hogy ha a forgácsív szög növekszik, a közepes forgácsvastagság mindinkább eltolódik a $\varphi/2$ helyzetétől. Mivel az (5.7) képlet második tagja a $\varphi/2$ szög szinusztát adja, rögtön el lehet dönteni, hogy a hiba milyen értéktartományban van, és ha kell, a második tag hozzáadásával megkaphatjuk a pontos értéket.

A gyakorlatban sokszor a v_e percnkénti előtolást adják meg, s ebből kell kiszámítani e_1 fogankénti előtolást:

$$e_1 = \frac{v_e}{nz} \text{ mm/fog,} \quad (5.12)$$

ahol v_e a percnkénti előtolás mm/min;
 n a maró percnkénti fordulatszáma;
 z a maró fogszáma.

E képlet általános érvényű, minden marási módra alkalmazható.

5.2. A homlokmaró forgácsa

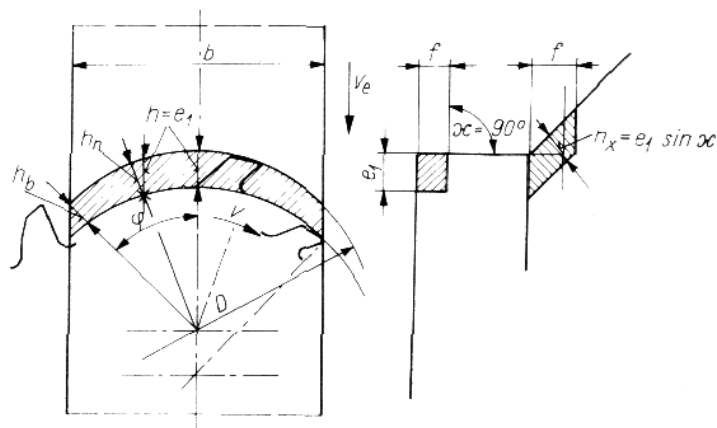
Ennél a marási módnál akkor a legkedvezőbbek a forgácsolási viszonyok, akkor tudunk vastag forgácsot leválasztani, ha a maróátmérő és a megmunkálandó felület szélességének a viszonyát 5:3...3:2 között választjuk.

A 101. ábrán látható, hogy a forgácsvastagság sokkal nagyobb, mint hengeres palástmaráskor. Legnagyobb a forgácsvastagság, amikor a marófog éppen az előtolás iránya és a maró forgástengelyében van. Ha a maróél elhelyezési szöge $\alpha = 90^\circ$, akkor $h_n = e_1$. Ekkor *körív alakú*

forgácsot kapunk, melynek két vége le van vágva. Ha a maró forgástengelye a b marási szélesség közepén mozog, akkor a belépő és kilépő forgácsvastagság egyenlő:

$$h_b = e_1 \cos \varphi \quad \text{mm.} \quad (5.13)$$

Homlokmaráskor, eltérően a palástmarással, ha a maró forgástengelye a marási szélesség középvonalába esik, φ a teljes forgácsívsszög fele.



101. ábra. A forgács kialakulása homlokmaráskor

Mivel a forgácsvastagság homlokmaráskor sokkal nagyobb, mint palástmaráskor, a közepes forgácsvastagság meghatározására az általános (5.10) képletet használjuk, átalakítva a homlokmarás viszonyaira. Homlokmaráskor is a paláston elhelyezett éllel forgácsolunk, de a palástmarás szélessége most a fogásmélységnek felel meg. A palástél működő csúcsa — akárcsak esztergáláskor — a mellékélen is forgácsol, tehát két síkban dolgozik. Ezt nevezzük *kötött forgácsolásnak*. Ezzel szemben palástmaráskor, mivel a szerszám szélesebb, mint a munkadarab, az élék *szabadon* választják le a forgácsot.

Homlokmaráskor a 101. ábra jelölése szerint a 2φ teljes forgácsívsszöghöz csak a forgácsívsszög fele, φ tartozik:

$$\sin \varphi = \frac{b}{D}. \quad (5.14)$$

A forgácsvastagság meghatározásához azt az általános esetet vesszük alapul, amikor a maró forgástengelye nem a munkadarab marási szélességének a közepén halad, a 102. ábra alapján.

Ekkor a belépőél φ_1 szögnél van a belépési forgácsvastagság:

$$h_b = e_1 \cos \varphi_1 \quad \text{mm} \quad (5.15)$$

és a φ_1 szög

$$\sin \varphi_1 = \frac{2c}{D} \quad (5.16)$$

összefüggésből számítható.

A kilépő vagy távozó forgácsvastagság

$$h_t = e_1 \cos \varphi_2 \quad \text{mm.} \quad (5.17)$$

A φ_2 szög, amelyre az e szöghöz tartozó forgácsív hosszának kiszámításához van szükségünk, a

$$\sin \varphi_2 = \frac{2(b-c)}{D}$$

képletből határozható meg.

Mínt hogy a teljes forgácsívsszög $\varphi_1 + \varphi_2$, a közepes forgácsvastagság

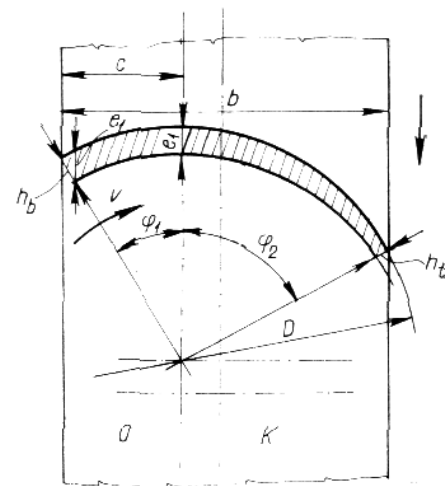
$$h_k = \frac{e_1 b 360}{\pi D (\varphi_1 + \varphi_2)} \quad \text{mm.} \quad (5.18)$$

Természetesen e számítások során is elhanyagoltuk, hogy a forgácsot határoló ígörbe nem körív, hanem hurkolt ciklois, és mindenütt körívvel számoltunk.

5.3. Forgácsvastagság egyéb marási módok esetén

A tiszta palást- és homlokmaráson kívül előfordulnak a két alapmód különféle változatai és összetételei is.

Szármaróval vagy ujjmaróval teljes átmérőszélességgel hatolva az anyagba (103. ábra), szinte az összes marási változatokkal találkozunk. Ilyenkor a forgácsívsszög 180° , a forgácskeresztmetszet alakja teljes két-



102. ábra. A forgácsívsszög meghatározása homlokmaráskor, ha a maró tengelye nem esik egybe a marási szélesség középvonalával: O maró forgástengelye; K marási szélesség közepe

szeres vessző. Kezdetben ellenirányú marással találkozunk, majd homlokmarás következik, végül egyirányú marás. Ez azért teljesen homlokmarás, mert ennek is jellemzője az ellen- és egyenirányú marás együttes fellépése. Ekkor $D=b$ és $2\varphi = 180^\circ$; $\varphi = 90^\circ$.

A közepes forgácsvastagság az (5.18) képletből:

$$h_k = \frac{e_1 b 360}{\pi D^2 \varphi} = e_1 \frac{2}{\pi} = 0,636e_1. \quad (5.19)$$

Ez esetben a közepes forgácske- resztmetszet:

$$q_k = 0,636e_1 f \text{ mm}^2.$$

A maró pontos mozgását úgy kapjuk meg, ha a körmozgást végző marót az E egyenesen legördítjük, mert ekkor keletkezik a hurkolt ciklois.

103. ábra. Szármaró (ujjmaró) forgácsa

Az egy marófordulatra eső elmozdulás tulajdonképpen az egy fordulatra eső előtolás, tehát

$$v_{e1} = 2r\pi \text{ melyből } r = \frac{v_{e1}}{2\pi} \text{ mm.}$$

De

$$v_{e1} = \frac{v_c}{n}, \text{ tehát } r = \frac{v_c}{2n\pi}.$$

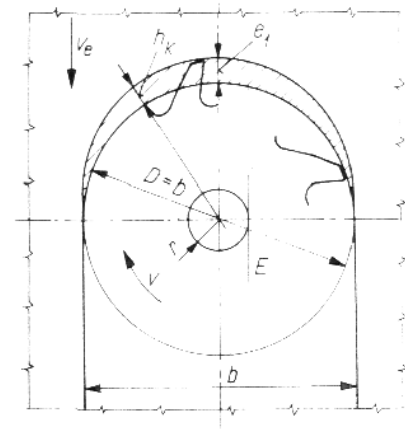
A gyakorlatban azonban ez olyan kis érték, hogy mérethelyesen nem is lehet megrajzolni.

Legyen például $D=20$ mm; $z=4$; a fogankénti előtolás $e_1=0,05$ mm; ebből $v_{e1}=0,2$ mm/ford és így a gördülősugár

$$r = \frac{0,2}{2\pi} = 0,0318 \text{ mm.}$$

Ezzel megint igazoltuk, hogy teljesen jogos az elhanyagolás, a hurkolt ciklois körívvel helyettesíthető.

Itt említjük meg, hogy a tiszta egyirányú marást palástmaráskor lehetőleg kerüljük, mert ez csak olyan marógépen végezhető, amelyen az előtolás holtjátékát megfelelő szerkezeti megoldással ki lehet küszöbölni. Ha az előtoló csavarorsó és anyag között holtjáték van, akkor mihelyt



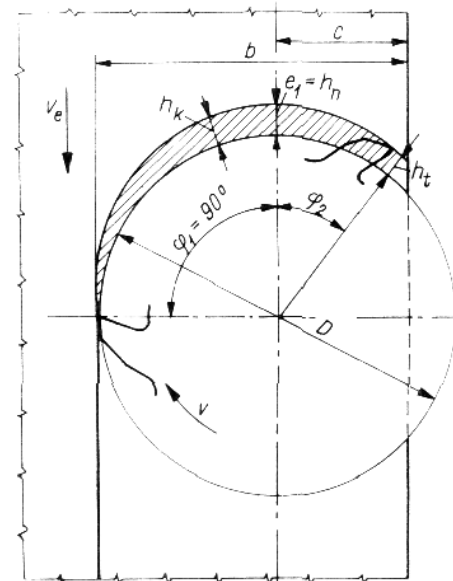
a marófog felülről behatol az anyagba, a munkadarabot eltolja. Ennek következtében az egy fogra eső előtolás, ill. forgácsvastagság annyira megnövekedhet, hogy eltörik a maró, vagy a marótüske elgörbül.

Ha azonban szármaróval az átmérő teljes szélességével dolgozunk, akkor egyszerre két-három fog van fogásban, és így nem következhet be az előbb ismertetett előrecsúszás, mert a fogak tartják a munkadarabot, és az ellenirányú rész kiegyenlíti az egyenirányban dolgozó fogat. Ezért nem fordulhat elő, hogy az egyirányú rész a munkadarabot előretolja. Szármaróval tehát holtjáték-kiküszöbölő berendezés nélküli marógépen is dolgozhatunk.

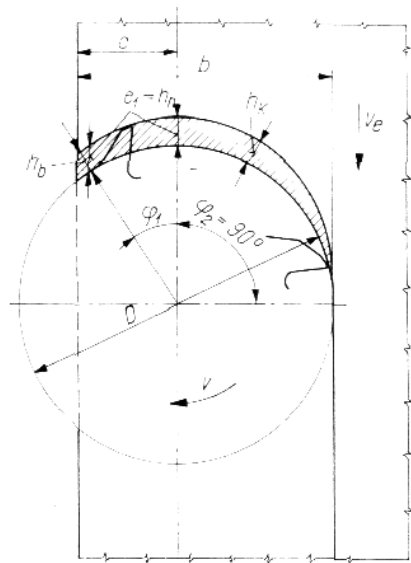
Horonymaráskor megfigyelhetjük, hogy a gyenge, kis átmérőjű marót az ellenirányú fognyomás kissé kigörcsíti, ezért az egyenirányú rész felé kissé eltolódik.

A szár- vagy horonymaró a horony mélyítésekor tengelyirányú előtolással dolgozik. A teljes horonymélység ugyanis nem munkálható ki egyetlen tengelyirányú előtolással, hanem több alkalommal is a homlokfelületen elhelyezett éllel süllyeszt a maró.

Ha a maró főleg ellenirányban dolgozik (104. ábra), a kilépési forgácsvastagság nem nulla, de a belépő igen. Ekkor az ellenirányú rész van túlsúlyban. Így az ellenirányban dolgozó fogak ellensúlyozzák az



104. ábra. A forgács kialakulása, ha a belépőnél nulla forgácsvastagsággal kezd



105. ábra. A forgács kialakulása, ha a belépőnél nagyobb forgácsvastagsággal kezd

egyirányban dolgozó fogak esetleges előtoló hatását, amit a holtjáték megenged. Ezért ilyen beállítással holtjátékos marógépen is dolgozhatunk.

Ez az eset főleg betétképes marófej, néha szármaró használatakor fordul elő. Ilyenkor is érvényesül az ellenirányban belépő fogak hajlító hatása a gyenge, vékonyzárú marók esetén.

Ha a maró főleg egyirányban dolgozik, már meg kell vizsgálni: van-e mindig annyi fog fogásban, hogy az ellenirányban dolgozók az egyirányúak előtoló hatását ellensúlyozni tudják. Ezért ezt a megoldást inkább alkalmazzuk (105. ábra).

5.4. Forgácsolóerők és -teljesítmény meghatározása

Maráskor a forgácsvastagság és ennek következtében a forgácskeresztmetszet és a forgácsolóerő is állandóan változik. Számításainkban abból az alapelvből indulunk ki, hogy a fajlagos forgácsolási ellenállás függvénye a forgácsvastagságnak, ill. a közepes forgácsvastagságnak.

Fajlagos forgácsolási ellenállás az a legyőzendő reakcióerő, amely meghatározott forgácsolási körülmények között 1 mm^2 forgácskeresztmetszet lemunkálásához kell. Mértékegysége tehát kp/mm^2 lesz.

Mint ezt már az 1. fejezetben kifejtettük, a fajlagos forgácsolási ellenállás és a forgácsvastagság között alapvető összefüggés van, mely szerint kisebb forgácsvastagsághoz nagyobb és nagyobb forgácsvastagsághoz kisebb fajlagos forgácsolási ellenállás tartozik. Az összefüggés azonban nemlineáris, mert kétszer olyan vastag forgácshoz nem félszer, hanem annál nagyobb érték tartozik. Ezt a fordított arányt exponenciális hatványkitevővel fejezzük ki.

Ebből az összefüggésből mindjárt az is következik, hogy kisebb forgácsolóerő és teljesítmény lép fel, ha ugyanazt a forgácskeresztmetszetet nagyobb forgácsvastagsággal munkáljuk le. De a nagyobb

forgácsvastagság a szerszám forgácsolóélének egységnyi hosszán nagyobb mechanikai és hőigénybevételt okoz. Ezért a szerszám éltartama nagyobb forgácsvastagság esetén csökken. A legtöbb esetben a nagyobb forgácsvastagság éltartamcsökkentő hatása kisebb, mint a forgácsolóerő csökkenéséből származó előny. Ez más szóval azt jelenti, hogy nagyobb forgácsvastagsággal dolgozva, a szerszám éltartamának kihasználása mellett ugyanannyi idő alatt nagyobb anyagterefogatot tudunk lemunkálni. Ezért a gazdaságos forgácsolás nagyolás esetén általában nagyobb forgácsvastagsággal érhető el. Ezt azonban összhangba kell hozni a felületminőségi követelmények betartásával, nagyobb forgácsvastagság esetén ugyanis növekszik a felületi érdesség.

A forgácsolóerők számításakor éles szerszámot tételezünk fel. Tompa, életlen szerszámmal dolgozva nagyobb a forgácsolóerő és a teljesítményfelvétel. E kérdés marás esetén különösen fontos, ezért a szerszámkopás okozta forgácsolóerő-, ill. teljesítménynövekedéssel a fejezet végén külön foglalkozunk.

5.4.1. Forgácsolóerő és -teljesítmény meghatározása egyenes fog esetén

Egyirányú maráskor a marófog a legnagyobb forgácsvastagsággal hatol be az anyagba, és továbbhaladva a forgácsvastagság csökken. Így a marófogon fellépő forgácsolóerő mint kerületi erő csökken (l. a 98. ábrát).

Ellenirányú maráskor a forgácsleválasztás kezdetén, vagyis $\varphi = 0^\circ$ -nál még nincs forgácsolás, de mihelyt a marófog az anyagba behatol, a forgácsívsszög növekedésétől függően növekszik a pillanatnyi forgácsvastagság az (5.2) képlet szerint. A pillanatnyi forgácsvastagság értékét behelyettesítve az (5.1) képletbe, kapjuk meg a forgácsolóélet terhelő pillanatnyi forgácskeresztmetszetet. Ha ezt megszorozzuk a hozzá tartozó forgácsvastagság által meghatározott fajlagos forgácsolási ellenállással, kiszámíthatjuk a maró egy fogán fellépő pillanatnyi kerületi forgácsolóerőt (l. a 99. ábrát):

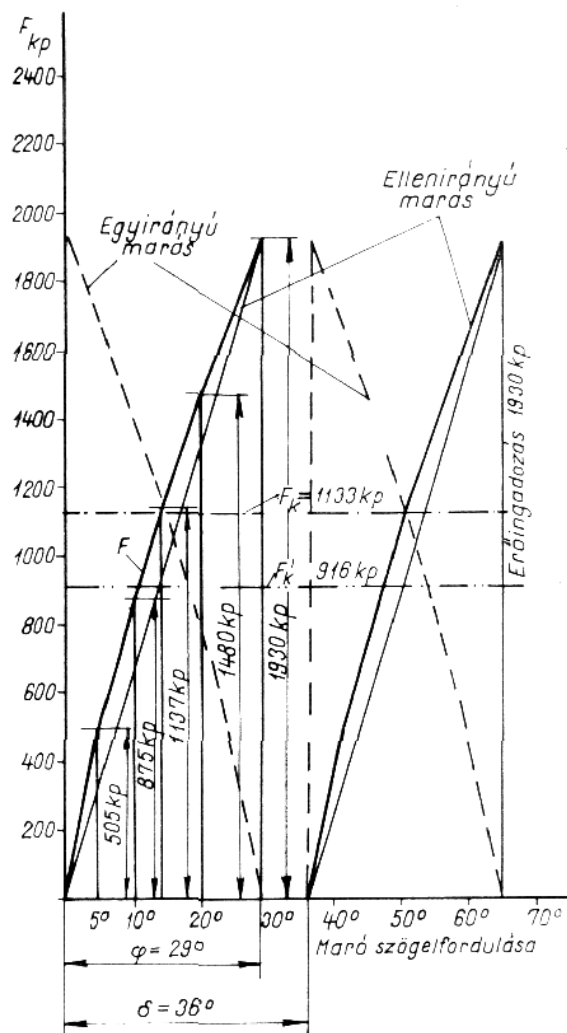
$$F_x = k_x q_x = k_x b h_x = k_x b e_1 \sin \varphi_x \quad \text{kp.} \quad (5.20)$$

Ellenirányú maráskor a marófogon fellépő kerületi erő változása a φ forgácsívsszög függvényében a 106. ábrán látható. Jobban érzékelhetjük a kerületi erő változását gyakorlati példából kiszámított értékekkel.

1. példa. $D = 80 \text{ mm}$ átmérőjű egyenesfogú palástmaróval $b = 50 \text{ mm}$ széles felületet marunk $f = 5 \text{ mm}$ fogásmélységgel. A maró fogszáma $z = 10$, az előtolás $e_1 = 0,2 \text{ mm/fog}$. A megmunkálandó anyag $\sigma_B = 75 \text{ kp/mm}^2$ szakítószilárdságú acél. Mivel tisztán marásról van szó,

nem az általános (1.18) összefüggést használjuk, hanem a pontosabb (1.14) képletet:

$$k = \frac{246}{h_k^{0,212}} \text{ kp/mm}^2.$$



106. ábra. Egyenesfogú palástmaró fogán fellépő kerületi erő változása a maró szögelfordulásának függvényében

Először azonban az (5.9) képlet alapján meghatározzuk a forgácsívsszöget

$$\sin \varphi/2 = \sqrt{\frac{f}{D}} = \sqrt{\frac{5}{80}} = 0,25,$$

amelynek $14,5^\circ$ felel meg, tehát $\varphi = 29^\circ$.

A kerületi erő, vagyis a fő forgácsolóerő görbéjének megszerkesztéséhez kiszámítjuk a $\varphi = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$ és 29° -hoz tartozó értékeket, továbbá a h_k -hoz tartozó értékeket is az (5.2) képlet alapján.

A közepes forgácsvastagság:

$$h_k = e_1 \sqrt{\frac{f}{D} - \frac{f^2}{D^2}} = 0,2 \sqrt{\frac{5}{80} - \frac{5^2}{80^2}} = 0,0484 \text{ mm}.$$

A legnagyobb forgácsvastagság h_n , ill. h_{29} ennek kétszerese $0,0968 \text{ mm}$.

Az áttekinthetőség kedvéért a kiszámított értékeket táblázatban foglaljuk össze:

φ°	h_x	$h_x^{0,212}$	k_x	$F_x \text{ kp}$
5	0,0174	0,424	581	505
10	0,0348	0,490	502	875
$h_k \approx 14$	0,0484	0,526	469	1137
20	0,0685	0,568	433	1480
29	0,0968	0,610	404	1930

Az egy fogra eső kerületi forgácsolóerő közepes értéke

$$F_k = k_k q_k = k_k b h_k \text{ kp.} \quad (5.21)$$

Behelyettesítve:

$$F_k = 469 \cdot 50 \cdot 0,0484 = 1137 \text{ kp;}$$

a legnagyobb kerületi erő pedig:

$$F_{\max} = 1930 \text{ kp.}$$

Mivel egyeneslű palástmaróval dolgozunk, az egy fogra eső kerületi erő nullától, azaz $\varphi = 0^\circ$ -tól kiindulva $\varphi = 29^\circ$ -ig eléri az 1930 kp -ot, amit a táblázat utolsó sorának adataival az (5.20)-ból számítottunk. A közepes kerületi erő $F_k = 1137 \text{ kp}$, mely arc $\sin 0,242 = 14^\circ$ -nál lép fel, tehát valamivel a közép előtt. Minthogy a fajlagos forgácsolási ellenállás növekvő forgácsvastagsággal az (5.14) képlet szerint csökken, ezért a legnagyobb kerületi erő nem éri el kétszeres forgácskeresztmetszet

mellett a közepesnek a kétszeresét, a 2274 kp-ot, hanem annak csak mintegy 85%-át.

Az F_k , vagyis az egy fogra eső közepes terhelőerő a teljesítmény kiszámításához kell, az F_{\max} legnagyobb erőből pedig a rendszer legnagyobb igénybevételét állapítjuk meg. Minél nagyobb a forgácsívsszög, annál nagyobb a különbség a közepes és a legnagyobb forgácsvastagság között, és ennek következtében nagyobb az eltérés a közepes kerületi erő kétszerese és a tényleges legnagyobb kerületi erő között.

Ha a kétszeres közepes kerületi erőnek a $\varphi=29^\circ$ -hoz tartozó pontját összekötjük a kezdőponttal, akkor — mint a 106. ábrán látható —, nagyobb munkaterületet kapunk, mint a tényleges munkaterület a kezdőponttól az F_x vonalon az F_k értékén keresztül az F_{\max} -ig. Ha tehát azt a közelítő ábrázolási módszert alkalmazzuk, hogy a kétszeres kerületi erőt fogadjuk el legnagyobbként, és a közbenső értékeket egyenesarányú növekedéssel számítjuk, túlzott biztonsággal dolgozunk.

Ha nem akarunk az F_x görbén túl sok pontot kiszámítani, akkor a legjobb megközelítési módszer az, hogy kiszámítjuk az F_k és F_{\max} értékeit, ezeket visszük fel a hozzájuk tartozó elfordulási szögek függőlegesére, és a kapott pontokat egyenesekkel kötjük össze. Ily módon néhány százalékkal kisebb munkaterületet kapunk a ténylegesnél.

A példánkban felvett viszonyok között tehát azt az igen kedvezőtlen eredményt kaptuk, hogy a kerületi erő nulláról 29° alatt 1930 kp értékre nő fel és ekkor hirtelen nullára esik vissza. A következő fog ugyanis még nem hatolt be az anyagba, mert a fogosztásszög nagyobb, mint a forgácsívsszög. A δ fogosztásszög (26. ábra):

$$\delta = \frac{360}{z} = \frac{360}{10} = 36^\circ.$$

A forgácsívsszög és a fogosztásszög viszonyából fontos következtetést vonhatunk le.

Kapcsolási tényező. A fentiekben meghatározott F_k közepes kerületi erő csak a kerületi forgácsolóerő 29° alatti értékeinek a középértéke. Ezért nem foghatjuk fel úgy, mint a maró kerületén állandóan ható közepes kerületi erőt. Példánkban ugyanis $\delta - \varphi = 36 - 29 = 7^\circ$ maróelfordulás alatt egyáltalán nincs kerületi erő. Szükségünk van olyan viszonyszámra, amelynek segítségével meghatározhatjuk az állandóan ható közepes kerületi erőt, az F'_k -t. *Az ezt meghatározó viszonyszám a kapcsolási tényező, a forgácsívsszög és a fogosztásszög aránya:*

$$\psi = \frac{\varphi}{\delta}. \quad (5.22)$$

Ha a maró egy fogára ható kerületi erő középértékét, F_k -t megszorozzuk a kapcsolási tényezővel, megkapjuk az állandóan ható kerületi erőt

$$F'_k = \psi F_k \text{ kp.} \quad (5.23)$$

Példánkban $\psi = \frac{29}{36} = 0,806$, tehát az állandóan ható kerületi erő $F'_k = 0,806 \cdot 1137 = 916$ kp. Ezt az értéket is berajzoltuk a 106. ábrán.

Látható az F_x görbéje szaggatott vonallal berajzolva, az egyirányú marásra is, amely az ellenirányú marásnak tükörképe. Ettől eltekintve az előzőekben kiszámított értékek, fordított szögelfordulással felvive, az egyirányú marásra is érvényesek, mert körívvel számoltunk és nem hurkolt cikloissal. Pontos számítással kimutatható, hogy ellenirányú maráskor a forgácsívsszög valamivel *megnyúlik*, míg egyirányú maráskor *megrövidül*. Ezek az eltérések azonban a gyakorlatban elhanyagolhatók. Példánkban a forgácsívsszög közötti eltérés a körívvel számított középértékhez képest ellenirányú maráskor 0,6%-kal hosszabb, míg egyirányú maráskor ugyanannyival rövidebb.

Végül meg kell említeni, hogy ellenirányú maráskor a maró foga, különösen egyenes él esetén, nem tud rögtön behatolni az anyagba, ha elmozdul a $\varphi=0^\circ$ értékről. Még a legjobban élezett maró élén is van egy-két század mm lekerekítési sugár. Így az egyenesélű palástmaró foga csak akkor hatolhat be a munkadarab anyagába, ha az él lekerekítési sugara által kifejtett nyomóhatást a szerszámgép, munkadarab és szerszámrendszer merevsége is le tudja győzni.

Élnyomás. Az igénybevételek szempontjából a maróél 1 mm hosszára eső terhelés is jellemző. Ezt megkapjuk, ha a marófogra eső terhelést elosztjuk palástmarásnál a marási szélességgel. Példánkban $b=50$ mm. A közepes kerületi erőből a közepes élnyomást számítjuk ki, amely a példa adataiból $p_k=22,7$ kp/mm. A legnagyobb élnyomás $p_{\max}=38,6$ kp/mm. Az állandóan ható kerületi erőből számítva $p'_k=18,25$ kp/mm, de ez már csak képletes érték.

Az állandóan ható kerületi erőből meghatározhatjuk a forgácsolásra fordított tiszta teljesítményt. (Ezt azért kell hangsúlyozni, mert a marógép hajtásához szükséges ún. *bevezetett* teljesítmény ennél szükségszerűen nagyobb.)

F'_k -t az (5.23)-ból számítva

$$P_f = \frac{F'_k v}{4500} \text{ LE, ill. } P_f = \frac{F'_k v}{6120} \text{ kW.} \quad (5.24)$$

Mivel

$$F'_k = \psi F_k = \frac{\varphi}{\delta} k_k b h_k \text{ kp,}$$

ezért felírható, hogy:

$$P_f = \frac{\psi k_k h_k b v}{6120} \text{ kW.} \quad (5.25)$$

A forgácsolósebesség ismert képlete:

$$v = \frac{\pi D n}{1000} \text{ m/min,} \quad (5.26)$$

amelyet az (5.25) képletbe helyettesítve és π -vel egyszerűsítve kapjuk:

$$P_f = \frac{\psi k_k h_k b D n}{1944000} \text{ kW.} \quad (5.27)$$

E képletben a fajlagos forgácsolási ellenállást k_k -val jelöltük. Ezzel kívánjuk felhívni a figyelmet arra, hogy ennek értéke a h'_k tényleges közepes forgács vastagsághoz tartozik.

Végül tisztában kell lennünk azzal, hogy az így kiszámított teljesítmény középérték. Mert amikor a maró foga a legnagyobb forgácsvastagságot választja le, akkor az F_k értékhez viszonyítva a forgácsolóerő 85%-kal nagyobb. Példánkban azonban nem is az F_k -val, hanem az annál kereken 20%-kal kisebb F'_k -vel számolunk. Tehát 916 kp értékre számítottuk ki a közepes teljesítményt, holott pillanatnyilag fellép 1930 kp kerületi erő is. Ekkor a kerületi erők aránya szerint 2,1-szer nagyobb a teljesítmény, viszont $36 - 29 = 7^\circ$ szögelfordulás alatt maró fog egyáltalán nem dolgozik, ekkor tehát a teljesítmény nulla.

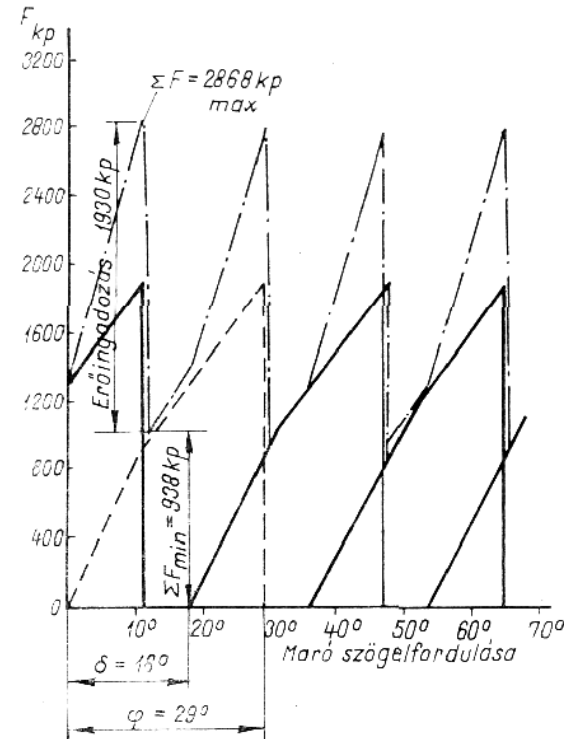
A forgácsolóerő alakulása különböző fogosztású egyeneselű palástmarók esetén. A 106. ábrán olyan marási példát mutattunk be, amelyben a maró fogai munka közben kiléptek az anyagból, mielőtt az anyagba a következő fog behatolt volna. Erre az esetre jellemző, hogy $\psi < 1$, ezért az állandóan hatónak feltételezett közepes kerületi erő $F'_k < F_k$.

A példát úgy módosítjuk, hogy a fogszámot a kétszeresére növeljük, különben minden változatlan marad.

2. példa. Fogszám: $z = 20$. Ebből a kapcsolási tényező $\delta = 18^\circ$ -nál

$$\psi = \frac{29}{18} = 1,612.$$

Ebben a változatban is megszerkesztjük a kerületen fellépő forgácsolóerők diagramját, de az egyszerűség kedvéért csak az F_k és F_{\max} erőket kötjük össze. Ennek következtében az F_x görbe domborúságából származó munkatöbblet elvész, de mivel az F_k számított érték, lényeges hibát nem követünk el. A 107. ábrán láthatjuk, hogy most a $\varphi = 20^\circ$



107. ábra. Egyenesfogú palástmaró fogain fellépő kerületi erők eredője a maró szögelfordulásának függvényében, ha $\psi > 1$

forgácsívzögnek megfelelő elfordulás alatt $18 - 11 = 7^\circ$ -on dolgozik csak egy fog, míg 22° alatt két fog dolgozik. Ez a kapcsolási tényező értékéből is kitűnik. Ha a kapcsolási tényező n egész száma után is van még érték (tehát $\psi > n$), akkor ez azt jelenti, hogy a forgácsívzöghöz tartozó maróelfordulás alatt bizonyos ideig $n + 1$ fog dolgozni, míg a többi idő alatt csak n fog.

Ha a kapcsolási tényező éppen n egész szám, akkor állandóan n fog dolgozik. Ennek jelen példánkban az a feltétele, hogy a forgács-

ívszög egyenlő vagy egész számú többszöröse legyen a fogosztás-szögnek, $\varphi = \delta$ vagy $\varphi = n\delta$.

A két fogon fellépő kerületi erő meghatározására a szerkesztés nem elég pontos, mert a kezdőpontot az F_k értékével összekötő egyenes az F_x görbe domborulatát levágja. A pontos értéket úgy határozzuk meg, hogy kiszámítjuk a $\varphi = 11^\circ$ -hoz tartozó $h_{11} = 0,2 \sin 11^\circ = 0,0382$ mm forgácsvastagságot, valamint az ehhez tartozó fajlagos forgácsolási ellenállás értékét az (1.14) képletből, és az (5.20) képletbe behelyettesítünk:

$$F_{11} = 491 \cdot 0,0382 \cdot 50 = 938 \text{ kp.}$$

Ehhez hozzáadjuk az $F_{\max} = 1930$ kp-ot, így az eredő $F'_{\max} = 2868$ kp (107. ábra).

Az állandóan hatónak feltételezett kerületi erő

$$F'_k = \psi F_k = 1,612 \cdot 1137 = 1830 \text{ kp.}$$

Végül összehasonlítás céljából kiszámítjuk mindkét példa teljesítményét az (5.25) vagy az (5.27) képlettel. A két képletben vagy a maró fordulatszámára vagy a maró forgácsolósebességére van szükségünk. Minthogy a marógépeken a fordulatszám a beállítható érték, a $v = 20$ /min és $D = 80$ mm átmérőből a fordulatszám:

$$n = \frac{20\,000}{\pi 80} = 79,6 \approx 80/\text{min.}$$

A $z = 10$ fogú változatra (1. példa) az (5.27) képletbe a már kiszámított $F_k = 1137$ kp értékét behelyettesítve

$$P_{f10} = \frac{0,806 \cdot 1137 \cdot 80 \cdot 80}{1944\,000} = 3 \text{ kW.}$$

A $z = 20$ fogú változatban (2. példa) a teljesítmény ennek a kétszerese, mert csak a kapcsolási tényező értéke növekszik a kétszeresére, a többi érték változatlan marad, tehát $P_{f20} = 6$ kW.

Ellenőrizzük ezeket az értékeket az (1.8) összefüggésből levezetett térfogati képletből:

$$P_f = \frac{k_k V}{6120} \text{ kW;}$$

a percnként leválasztott térfogatot kiszámíthatjuk a marási szélesség, a fogásmélység és a percnkénti előtolás szorzatából:

$$V = \frac{bfv_e}{1000} \text{ cm}^3/\text{min.} \quad (5.28)$$

Az (1.8)-ba behelyettesítve:

$$P_f = \frac{k_k bf v_e}{6120\,000} \text{ kW.} \quad (5.29)$$

Az előtolás:

$$v_e = e_1 z n = 0,2 \cdot 10 \cdot 80 = 160 \text{ mm/min.} \quad (5.30)$$

Az értékeket behelyettesítve:

$$P_{f10} = \frac{469 \cdot 50 \cdot 5 \cdot 160}{6120\,000} = 3,06 \text{ kW.}$$

Ez az érték kb. 2%-kal több, mint az előbbi, mert a kerületi erőkből levezetett képletben alhanyagoltuk azt az erőttöbbletet (munkaterületet), amely abból adódik, hogy a marófog a legnagyobb erő elérése után nem lép ki rögtön az anyagból, és nagysága nem csökken rögtön nullára. Ezzel szemben az (5.29) képletben a teljes leforgácsolt anyagterfoggal számoltunk. Ez utóbbi képlet azonban nem ad semmiféle tájékoztatást a kerületi erőkről, amelyek nélkül nem kaphatunk tiszta képet a maráskor fellépő erőhatásokról.

A pontos képhez hozzátartozik még a percnként leválasztott anyagterfogat meghatározása az (5.28) képlettel. Ezt már gyakorlatilag kiszámítottuk, mert az 1. példában az (5.29) képletben szerepel.

$$V = \frac{50 \cdot 5 \cdot 160}{1000} = 40 \text{ cm}^3/\text{min.}$$

A fajlagos teljesítmény, vagyis az 1 kW-tal 1 min alatt leválasztott forgácsolóterfogat

$$V_f = \frac{V}{P_f} = \frac{40}{3,06} = 13,1 \text{ cm}^3/\text{kW min.}$$

Ezt az (1.9) képletből is kiszámíthatjuk:

$$V_f = \frac{6120}{k_k} \text{ cm}^3/\text{kW min;} \quad \frac{6120}{469} = 13,1 \text{ cm}^3/\text{kW min.}$$

3. példa. Igen tanulságos példának azt a változatát is megvizsgálni, amikor a $z = 10$ fogú maróval csökkentett, vagyis $e_1 = 0,1$ mm/fog előtolással dolgozunk. Ezzel kívánjuk csökkenteni az igen tetemes (1930 kp) erőingadozást. Nyilvánvaló, hogy kedvezőtlen mind a szerszám-gép, mind a szerszám igénybevétele szempontjából az olyan megmunkálási

mód, amelynek során az erőigénybevétel a szerszám minden egyes 29°-os elfordulásakor nulláról 1930 kp-ra emelkedik, majd utána pillanatnyilag nulárra esik vissza.

$e_1 = 0,1$ mm/fog-ra csökkentett előtolás esetén az előbbi példa adatait felhasználva, $h_k = 0,0242$ és $h_n = 0,0484$ mm értéket kapunk. Ezek az előbbi értékeknek a felét adják, mert egyenesen arányosak e_1 -gyel. Ha az elsőhöz kiszámítjuk a fajlagos forgácsolási ellenállást (mert a második már szerepel a példánkban), $k = 542$ és $k_n = 469$ kp/mm²-et kapjuk.

A q_k és q_{max} értékei a $h_k b$ és $h_n b$ alapján 1,21 és 2,42 mm², így $F_k = 645$ kp és $F_{max} = 1137$ kp.

Látható, hogy bár az e_1 értékét a felére csökkentettük, az F_k értéke csak 43,2%-kal, az F_{max} -é pedig csak 41,2%-kal csökkent. Vagyis annak ellenére, hogy a fogankénti előtolást a felére csökkentettük, a legnagyobb erőingadozás 1930-ról csak 1137 kp-ra csökkent. A percenként leválasztott anyagterefogat viszont a felére csökkent.

A V_f fajlagos forgácsolási teljesítmény $6120/542 = 11,3$ cm³/kW min. A percenként leválasztott anyagterefogat az előbbinek fele, vagyis 20 cm³/min, így

$$P_f = \frac{V}{V_f} = \frac{20}{11,3} = 1,77 \text{ kW},$$

tehát ez is 41,2%-kal csökkent 50% helyett. A V_f fajlagos forgácsolási teljesítmény 13,1 cm³/kW min-ről 11,3-ra 13,2%-kal csökkent az 1. példához képest, a viszonylagos forgácsolási teljesítmény 15,2%-kal növekedett 1,53 kW-ról 1,77-re. *Mint látjuk, kisebb előtolással, azaz kisebb közepes forgácsolási vastagsággal végzett munka aránytalanul kisebb fajlagos forgácsolási teljesítményű, mint a nagyobb forgácsolási vastagsággal végzett. Egyedüli előny, hogy az erőingadozás 41,2%-kal csökkent.*

Az összehasonlítást az (1.9) képlet alapján végeztük el; a forgácsolási alakképletből számítottuk ki a V_f értékét. Ezzel arra kívánjuk felhívni a figyelmet, hogy milyen egyszerűen és előnyösen lehet felhasználni a V_f értékeit, mivel azt a mindenkor k értékéből igen könnyen kiszámíthatjuk.

Az eddigiek azt bizonyítják, hogy a fellépő nagy erőingadozás miatt egyeneselű palástmaróval nagyon kedvezőtlenek a megmunkálási körülmények. Ezért ezt a marótípust nem használjuk és nem is található a szabványosított marók között.

5.4.2. Forgácsolóerő és -teljesítmény meghatározása homlokmaráskor

A homlokmaró foga, mint már a 101. ábrán láttuk, igen jelentős ($h_b = e_1 \cos \varphi$) forgácsolási vastagsággal hatol a munkadarab anyagába. Ebből következik, hogy belépéskor a forgácskeresztmetszet:

$$q_b = f e_1 \cos \varphi \text{ mm}^2.$$

A legnagyobb forgácskeresztmetszet:

$$q_{max} = f e_1 \text{ mm}^2.$$

Ekkor ugyanis $\varphi = 0^\circ$ és $\cos 0^\circ = 1$.

De az (5.15) képlet csak akkor adja a belépő forgácsolási vastagság helyes értékét, ha a homlokmaró élének a α elhelyezési szöge 90° .

Ezért a homlokmarás esetén a tényleges forgácsolási vastagság képleteinek általános érvénye érdekében minden képletet ki kell egészíteni $\sin \alpha$ szorzótaggal.

Belépéskor a kerületi erő:

$$F_b = k_b f e_1 \cos \varphi \text{ kp.} \quad (5.31)$$

Ha a maró forgástengelye a marási szélesség közepén halad, akkor a kilépő kerületi erő megegyezik a belépővel. A legnagyobb kerületi erő:

$$F_{max} = k_n f e_1 \text{ kp.} \quad (5.32)$$

Az egy fogra eső közepes kerületi erő:

$$F_k = k_k h_k f \text{ kp.} \quad (5.33)$$

A k fajlagos forgácsolási ellenállást a tényleges közepes forgácsolási vastagság függvényében az (1.13) képlettel számítjuk ki

$$k = \frac{225}{h_k^{0,242}} \text{ kp/mm}^2; \quad \sigma_B = 75 \text{ kp/mm}^2$$

szakítószilárdságú acélra.

Ezek után határozzuk meg a homlokmaráskor a fő forgácsolóerő, ill. kerületi erő lefolyását ugyancsak példa keretében.

A kiindulási adatok az előbbi palástmarási példa adataival egyeznek, hogy a két marási mód között párhuzamot vonhassunk.

4. példa. A marási szélesség $b = 50$ mm; fogásmélység $f = 5$ mm; $e_1 = 0,2$ mm/fog; az MSZ 8503 szabványszámú gyorsacél betétkés marót használunk, átmérője: $D = 80$ mm; fogszáma $z = 6$. Egyszerűség kedvéért a maró forgástengelye a marási szélesség középvonalán halad, így a belépő és kilépő kerületi erők azonosak lesznek.

Legelőször a forgácsívszöget számítjuk ki:

$$\sin \varphi = \frac{b}{D} = \frac{50}{80} = 0,625; \quad \varphi = 38,7^\circ;$$

így $\alpha = 90^\circ$ -nál $h_b = 0,2 \cdot \cos 38,7^\circ = 0,156$ mm; $h_n = e_1 = 0,2$ mm.

Mínt hogy $\varphi_1 = \varphi_2$, és figyelembe véve az elhelyezési szöget is, az (5.18) képlet alakja:

$$h_k = \sin \alpha \frac{e_1 b 180}{\pi D \varphi^\circ} \text{ mm}, \quad (5.34)$$

tehát

$$h_k = \frac{0,2 \cdot 50 \cdot 180}{\pi 80 \cdot 38,7^\circ} = 0,185 \text{ mm}.$$

A k értékeit az előbbi három forgácsvastagsághoz az (1.13) képlet alapján kiszámítjuk, és a számított értékeket összefoglaljuk:

φ_x°	h_x	$h_x^{0,242}$	k_x	F_x kp
38,7	0,156	0,638	353	275
közép	0,185	0,665	339	313
0	0,2	0,678	332	332

Ezekkel az adatokkal megrajzoljuk a 108. ábrán a kerületi erők változását a maró szögelfordulásának függvényében. Meg kell még határozunk a kapcsolási tényezőt is, amely jelenleg hatfogú maró ($\delta = 60^\circ$) esetén

$$\psi = \frac{2\varphi}{\delta} = \frac{77,7}{60} = 1,29.$$

Az állandóan ható kerületi erő:

$$F'_k = \psi F_k = 1,29 \cdot 313 = 404 \text{ kp},$$

amelyet szintén berajzolhatunk a 108. ábra diagramjába.

A kerületi erő változásának görbéje elég lapos, ezért a diagramról is leolvashatjuk a második fog belépéséhez tartozó kerületi erőt. Ezt számítással pontosan is meghatározhatjuk. A második fog a középállás után $21,3^\circ$ -nál lép be a munkadarab anyagába ($38,7 + 21,3 = 60^\circ$), míg a legnagyobb érték $\varphi = 30^\circ$ -nál jelentkezik, mert ekkor lesz a két marófogon fellépő erő összege a legnagyobb. Az ezekhez tartozó for-

gácsvastagságok: $h_{21,3} = 0,2 \cos 21,3^\circ = 0,186$ mm és $h_{30} = 0,2 \cos 30^\circ = 0,1734$ mm.

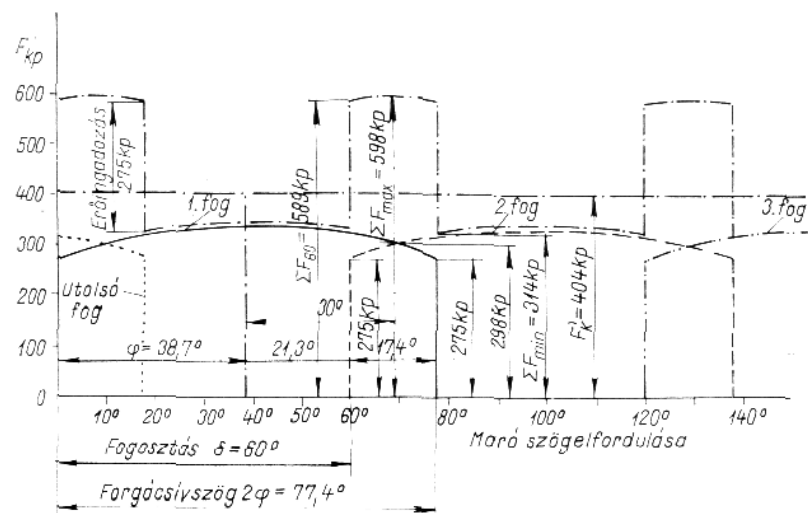
Az ezekhez tartozó k értékek 338 és 344 kp/mm², így $F_{21,3} = 314$ kp és $F_{30} = 298$ kp.

Ezekből az értékekből $\Sigma F_{60} = 275 + 314 = 589$ kp és $\Sigma F_{\max} = 2F_{30} = 2 \cdot 298 = 596$ kp.

A tiszta forgácsolási teljesítményt mind az (5.27), mind az (5.29) képletből kiszámítjuk:

$$P_f = \frac{\psi F_k D n}{1944 000} = \frac{1,29 \cdot 313 \cdot 80 \cdot 80}{1944 000} = 1,32 \text{ kW}.$$

(Mint a palástmaró példákban, itt is $v = 20$ m/min forgácsolósebességekhez kereken $n = 80$ /min tartozik.)



108. ábra. Homlokmaró fogain fellépő kerületi erők eredője a maró szögelfordulásának függvényében

Az (5.29) képletéhez szükségünk van a v_c értékére. $v_c = 0,2 \cdot 6 \cdot 80 = 96$ mm/min, arányosan kisebb a $z = 6$ fogsám miatt az 1. példában szereplő $z = 10$ -zel szemben.

$$P_f = \frac{k b f v_c}{6120 000} = \frac{339 \cdot 50 \cdot 5 \cdot 96}{6120 000} = 1,32 \text{ kW}.$$

Mint látjuk, itt nincs eltérés a két számítási móddal kapott eredmény között. Homlokmarás esetén az állandóan kevésbé változó for-

gácsvastagság miatt a be- és kilépéskor fellépő pillanatnyi többlet teljesítmény ez esetben elhanyagolható.

Lényeges szempont, hogy e marási módnál, mint ez a $h_k = 0,185$ mm-es közepes forgácsvastagságból következik, sokkal kedvezőbb a fajlagos forgácsolóteljesítmény:

$$V_r = \frac{6120}{339} = 18,1 \text{ cm}^3/\text{kW min},$$

amely az 1. példában kapott $13,3 \text{ cm}^3/\text{kW min}$ -nál $38,6\%$ -kal kedvezőbb. *Vagyis homlokmarással ugyanazon teljesítménnyel és azonos fogankénti előtolással az egyenesfogú palástmarással szemben $38,6\%$ -kal több anyagterefogatot tudunk lemunkálni.*

Jelen munkánkban azonban egy perc alatt csak

$$V = \frac{50 \cdot 5 \cdot 96}{1000} = 24 \text{ cm}^3/\text{min}$$

anyagterefogatot tudunk lemunkálni, mert a maró fogszáma csak hat a palástmaró tíz fogával szemben. Ennek az a magyarázata, hogy a betétkéses homlokmarónak nagyobb a fogosztásszöge ($\delta = 60^\circ$, a palástmaróé 36°). Így ugyanazon kerületen kevesebb fog helyezkedik el.

Hasonlítsuk össze a forgácsolóélen fellépő közepes és legnagyobb élynyomást:

$$p_k = \frac{313}{5} = 62,6 \text{ és } p_{\max} = \frac{339}{5} = 67,8 \text{ kp/mm},$$

tehát lényegesen nagyobbak, mint palástmarás esetén, mert homlokmaráskor a közepes forgácsvastagság

$$\frac{0,185}{0,0484} = 3,82\text{-ször nagyobb.}$$

E homlokmarási példában az erőingadozás sokkal kedvezőbb, mint ha egyenesfogú palástmarással dolgozunk. Homlokmarási példánkban $596 - 314 = 282$ kp erőingadozás jelentkezik az 1. példában palástmaráskor fellépő 1930 kp-dal szemben. Ez $6,77$ -szer nagyobb, mint homlokmaráskor. *Azon kívül az erőingadozás homlokmaráskor vízszintes, míg palástmaráskor közel függőleges, ami kedvezőtlenebb.*

A homlokmaró fogait szerkezeti okokból a szabványosnál jobban nem sűrítethetjük, míg a felvett palástmaró nem szabványos kivitelű, mert — mint már megjegyeztük — ilyen marót éppen az ismertetet kedvezőtlen tulajdonságai miatt nem használják.

5. példa. A 4. példában szereplő homlokmaróval a $V = 40 \text{ cm}^3/\text{min}$ forgácsolóteljesítmény elérésére növeljük meg a marók fogankénti előtolását.

Ez természetesen az élvonalnyomást jelentősen fokozza, ami azonos forgácsolósebesség esetén az éltartam csökkenését okozza. Az éltartam csökkenésének ellensúlyozására anélkül, hogy ennek részletes számításával most foglalkoznánk, a forgácsolósebességet 25% -kal csökkentve, $v = 15 \text{ m/min}$ -re választjuk. Ennek a sebességnek $n = 60/\text{min}$ felel meg, és a fogankénti előtolást $e_1 = 0,45 \text{ mm/fog}$ értékre választjuk. Az ebből adódó percenkénti előtolás

$$v_c = 0,45 \cdot 6 \cdot 60 = 162 \text{ mm/min},$$

amelyből a példánkban felvett $f = 5 \text{ mm}$ fogásmélységet figyelembe véve az 5. példában

$$V = \frac{5 \cdot 50 \cdot 162}{1000} = 40,5 \text{ cm}^3/\text{min}.$$

Végül ellenőrizzük, hogy ezt az eredményt milyen erőhatásokkal és teljesítménnyel értük el. Ebben az esetben $h_k = 0,416$ és $h_n = 0,45 \text{ mm}$, amelyeknek 275 és 273 kp/mm^2 fajlagos forgácsolási ellenállás felel meg:

$$F_k = 572 \text{ és } F_{\max} = 615 \text{ kp}; \quad F'_k = 737 \text{ kp},$$

mert a kapcsolási tényező változatlan maradt. Ezekből adódik a 108. ábra értékeinek arányos átszámításával, hogy a legnagyobb erőingadozás jelen esetben csak 518 kp, vagyis a palástmaráskor fellépő ingadozás:

$$\frac{1930}{518} = 3,72\text{-ed része.}$$

A fajlagos forgácsolóteljesítmény most a 275 kp/mm^2 közepes fajlagos forgácsolási ellenállásból számítva $6120/275 = 22,3 \text{ cm}^3/\text{kW min}$, tehát a $40,5 \text{ cm}^3/\text{min}$ forgácsolóteljesítményhez $1,82 \text{ kW}$ szükséges az 1. példa palástmarás $3,06 \text{ kW}$ -jához képest, vagyis ennek csak $59,2\%$ -a. Ezzel is bizonyítani kívántuk, hogy a homlokmarás előnyösebb az egyenesfogú palástmarásnál.

5.4.3. Forgácsolóerő és -teljesítmény meghatározása szármaróval végzett maráskor

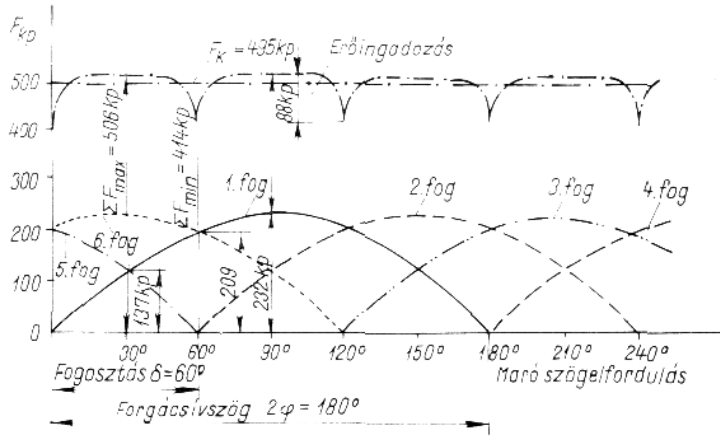
6. példa. A megmunkálandó acél szakítószilárdsága $\sigma_B = 75 \text{ kp/mm}^2$, ezért a fajlagos forgácsolási ellenállás értékeit az (1.13) képlettel számítjuk.

$f = 10 \text{ mm}$; a maróátmérő $D = 30 \text{ mm}$; fogsám $z = 6$; a fogankénti előtolás (a gyenge szerszám miatt) $e_1 = 0,05 \text{ mm/fog}$.

$v=16$ m/min forgácsolósebességhez $n=170$ /min fordulatszám tartozik. A percnkénti előtolás $v_c=0,05 \cdot 6 \cdot 170=51$ mm/min.

A kerületi erő diagramjához meghatározzuk a $\varphi=60^\circ$, 30° és 0° -hoz tartozó értékeket, valamint a közepes kerületi erő nagyságát egy fogra vonatkoztatva, végül az erők eredőjét.

A szármáró elhelyezési szöge $\alpha=90^\circ$, tehát valamely φ_x -hez tartozó $h_x=e_1 \cos \varphi_x$. Ebből adódó forgácsvastagságok: $h_{60}=0,025$; $h_{30}=0,0433$ és $h_0=e_1=0,05$ mm. Az ezekhez tartozó fajlagos forgácsolási ellenállás értékei: $k_{60}=549$; $k_{30}=482$; $k_0=464$ és $k_k=518$ kp/mm², miután az (5.34) képletből kiszámítottuk $h_k=0,031$ mm közepes forgácsvastagságot.



109. ábra, A szármáró fogain fellépő kerületi erők eredője a maró szögelfordulásának függvényében

A 109. ábrán látható a szármáró adataiból számított kerületi erők diagramja a maró szögelfordulásának függvényében, amikor a kerületi erők: $F_{60}=137$, $F_{30}=209$, $F_0=232$ és $F_k=165$ kp.

A kapcsolási szám:

$$\psi = \frac{2\varphi}{\delta} = \frac{180}{60} = 3,$$

tehát $F'_k=3F_k=3 \cdot 165=495$ kp. Minthogy állandóan három fog dolgozik, az erőingadozás $495-418=77$ kp, igen kedvező.

A forgácsolási tiszta teljesítmény az (5.27) képletből

$$P_f = \frac{\psi F_k D n}{1944000} = \frac{3 \cdot 165 \cdot 30 \cdot 170}{1944000} = 1,28 \text{ kW.}$$

Ellenőrizve az (5.29) képlettel

$$P_f = \frac{k b f v_c}{6120000} = \frac{518 \cdot 10 \cdot 30 \cdot 51}{6120000} = 1,28 \text{ kW,}$$

tehát helyesen számoltunk.

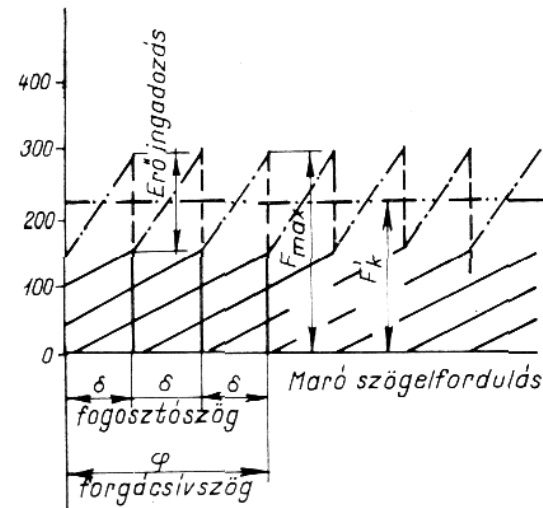
Végül határozzuk meg a percnként leválasztott anyagterfogatot és a fajlagos forgácsolásteljesítményt:

$$V = \frac{10 \cdot 30 \cdot 51}{1000} = 15,3 \text{ cm}^3/\text{min};$$

$$V_f = \frac{6120}{k} = \frac{6120}{518} = 11,8 \text{ cm}^3/\text{kW min.}$$

A 106–109. ábrákon különféle marók fogain fellépő kerületi erők változásai láthatók. Esetenként elegendő az egyenesfogú palástmaró fogain lejátszódó erőhatásokat és az eredő erőt leegyszerűsített alakban ábrázolni.

7. példa. Az eljárást a 110. ábrán mutatjuk be. A legnagyobb erő kiszámított értékét összekötjük a belépési pont nulla értékével. Természetesen a φ -t és δ -t ekkor is meg kell határozni. Csak $\varphi=3\delta$ a kiindulás



110. ábra. Egyenesétű palástmaró fogain fellépő kerületi erők eredője a szögelfordulás függvényében, ha a kapcsolási tényező $\psi=3$ (egyszerűsített diagram)

egyeneselű palástmarónál, és az F_k értékét vázlatosan visszük fel. Ilyen esetben megközelítően $F_{\max} = 1,9F_k$ értékkel számolunk. Az erőingadozás értékét ez az egyszerű ábra is jól tükrözi, és kiszámítása, valamint felrajzolása csak pár percet vesz igénybe.

Ezek a számítások csak tájékoztató jellegűek, mert a fajlagos forgácsolási ellenállás tájékoztató értékeivel számoltunk, és elhanyagoltuk a γ homlokszögnek és a forgácsolósebességnek befolyását a fajlagos forgácsolási ellenállásra. Ez $\pm 15\%$ -os eltérést okozhat. Pontos számításra tömeggyártásban van szükség. A későbbiekben figyelembe vesszük a homlokszög és különösen keménység szerszámok esetén a forgácsolósebesség változását is a fajlagos forgácsolási ellenállás, a forgácsolóerő és a forgácsolási teljesítmény számításakor.

5.4.4. Forgácsolóerő és -teljesítmény meghatározása palástmaráskor, ferde esetén

Az előző példákban látható, hogy különösen az egyenesfogú maróval való palástmaráskor igen nagy a munka közben fellépő erőingadozás. Ez nagyon hátrányos, mert mind a szerszámgépet, mind a szerszámot, a munkadarabot és annak felfogóelemeit igen erősen igénybe veszi. *Minden szerszámgép — munkadarab — szerszámrendszernek van bizonyos felső határa, amelyet szilárdsági, merevségi okokból nem lehet túllépni.*

Ezért a gyakorlatban a marógépek munkateljesítményét igen gyakran csak 10...20%-ra vagy még ennyire sem használják ki. *Az erőingadozás az egyenesfogú palástmaráskor a legnagyobb, tehát ekkor legkisebb a teljesítmény.* Ezért nem szabad az ilyen típusú marót használni, ennél fogva nem is szerepel a szabványosított marók között.

A fogak számának sűrítésével csökken az erőingadozás, de ez annak a következménye, hogy ugyanakkora v_c értéknél kisebb az egy fogra eső előtolás. Egyenesfogú palástmaró esetén, mint ez a 107. és 110. ábrából, valamint az 1. és 7. példákban látható, az erőingadozás mindig az egy fogon fellépő legnagyobb erővel lesz egyenlő. Ha sűrűbb a fogosztás, és így $\psi > 1$, akkor csak az a különbség, hogy a kerületi erő nem nullára esik vissza, hanem arra az értékre, amekkora a következő, már fogásban levő fogon fellépő kerületi erő.

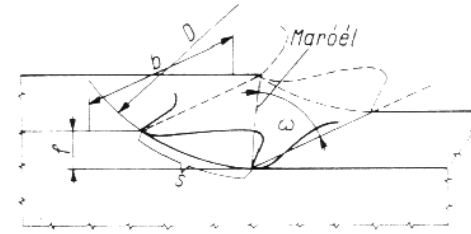
Az erőingadozást csökkenti a maró fogainak ferde, pontosabban csavarvonalú kiképzése. Ez azt jelenti, hogy a marófog éle nem párhuzamos a maró forgástengelyével, hanem az él érintője kitérő egyenes. Keskeny marókra a ferde fog elkészíthető egyenesszögbe állított átmarással, de nagyobb szélesség esetén a maró készítésekor az előtoló mozgáson kívül még ezzel arányos szögelfordulásról is gondoskodni kell.

A maró fogának ferdeségét úgy választhatjuk meg, hogy amikor a maró egyik foga munka közben a munkadarab egyik oldalán az anyag-

ból kilép, akkor alatta a következő fog az ellenkező oldalon éppen belépjen. Ebben az esetben a marófog ferdeségi szöge

$$\operatorname{tg} \omega = \frac{s}{b}. \quad (5.35)$$

Ekkor azt a feltételt is teljesíteni kell, hogy a forgácsolási hossz és a maró kerületén a fogosztás is egyenlő legyen, azaz $s=t$. Ez csak akkor lehetséges, ha $\varphi = \delta$, ami csak a legkritikább esetekben fordulhat elő (111. ábra).



111. ábra. Ferdeélű marófog kialakítása

8. példa. Emeljük fel az 1. példában szereplő maró fogszámát 10-ről 12-re. 12 fog esetén $\delta = 30^\circ$. A többi adat az 1. példa szerint marad. A forgácsolási szög tehát $\varphi = 29^\circ$, ellenben $360:29 = 12,4$, és ezt a $z = 12$ közelíti meg legjobban.

A fogosztás,

$$t = \frac{\pi D \delta}{360} = \frac{\pi 80 \cdot 30}{360} = 20,95 \text{ mm},$$

ezzel szemben a forgácsolási hossz:

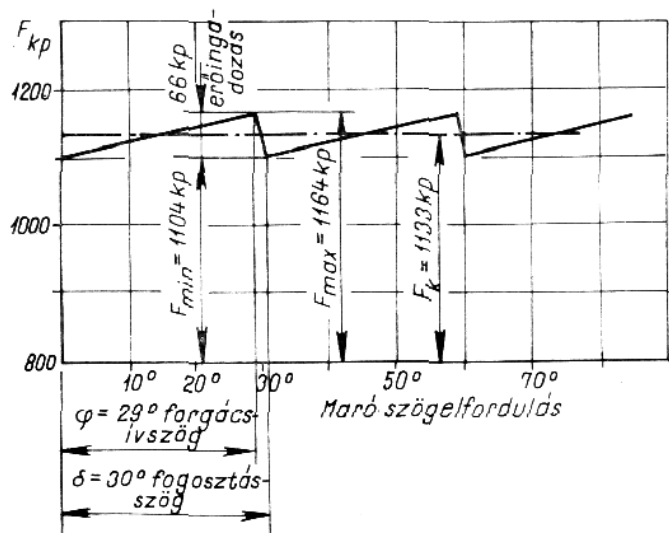
$$s = \frac{\pi D \varphi}{360} = \frac{\pi 80 \cdot 29}{360} = 20,25 \text{ mm}.$$

Mint hogy a marási szélesség $b = 50 \text{ mm}$, a maró ferdeségi szöge $\operatorname{tg} \omega = 20,25/50 = 0,407$, amelynek megfelel $22,15^\circ$. $e_1 = 0,2 \text{ mm/fog}$ előtolási értékkel, a közepes forgácsolási vastagság $h_k = 0,0484 \text{ mm}$ lenne. Ezt azonban a fog ferdesége miatt meg kell szorozni $\cos 22,15^\circ = 0,925$ -tel. Ezért $h'_k = \cos \omega h_k = 0,0447 \text{ mm}$. A h'_k értékéhez tartozó $k = 485 \text{ kp/mm}^2$ az (1.13) képletből, de $q_k = h_k b = 0,0484 \cdot 50 = 2,42 \text{ mm}^2$, $F_k = 1172 \text{ kp}$. Ha q_k -t h'_k érték alapján számítanánk, akkor ehhez nem $b = 50 \text{ mm}$ -t kellene venni, hanem a $22,15^\circ$ ferdeségű csavarvonalét, és így az eredmény ugyanaz maradna.

Ha a fogosztáshoz tartozó szög, δ is 29° lenne, akkor állandóan egy

teljes fog dolgozna, mert a munkadarab egyik oldalán a ferde fog éppen belekezd az anyagba nulla forgácsvastagsággal, amikor a másik oldalon az előtte levő fog éppen kilép a legnagyobb forgácsvastagsággal. Ezt a fogat ebben a pillanatban éppen a közepes forgácsolóerő terheli.

Mivel azonban a fogosztás nem lehet 29° , hanem csak 30° , ezért a következő fog csak akkor léphet be az anyagba, amikor az előző fagon akkora a terhelés, amely megfelel $\varphi=1^\circ$ és $\varphi=28^\circ$ -nak megfelelő forgácsvastagság között megterhelt fognak. Az egyik oldalon tehát viszonylag növekszik a terhelés, míg a másik oldalon csökken. Ez gyakorlatilag alig különbözik az előbbi közepes terheléstől. Számítsuk ki pontosan ennek az erőnek a nagyságát, és a már ismert módon rajzoljuk fel a diagramját (112. ábra).



112. ábra. Kis ferdeségű palástmarón fellépő kerületi erők változása a maró szögelfordulásának a függvényében

A diagram megrajzolásához szükségünk van $\varphi=1^\circ$ és $\varphi=28^\circ$ -nak megfelelő forgácsolóerőkre. A marófog ferdeségét úgy választjuk meg, hogy az 50 mm marási szélességhez 29° szögelfordulás tartozik, vagyis arányosan 1° -hoz 1,725 mm szélesség. Erre a szélességre vonatkozó közepes forgácsolóerőt a hozzá tartozó közepes forgácsvastagságokkal, tehát $\varphi=0,5$ és $28,5^\circ$ értékekhez számítjuk ki, amelyek értékei:

$$h_{0,5} = 0,2 \sin 0,5^\circ = 0,00175 \text{ mm};$$

$$h_{28,5} = 0,2 \sin 28,5^\circ = 0,0955 \text{ mm};$$

és a hozzájuk tartozó forgácskeresztmetszet:

$$q_{0,5} = h_{0,5} \cdot 1,725 = 0,00302 \text{ mm}^2$$

és

$$q_{28,5} = h_{28,5} \cdot 1,725 = 0,1645 \text{ mm}^2.$$

Ezekhez a forgácskeresztmetszetekhez meghatározzuk a hozzájuk tartozó fajlagos forgácsolási ellenállás értékeit a $\cos \omega$ figyelembevételével:

$$h'_{0,5} = 0,00162, \text{ ill. } h'_{28,5} = 0,0883 \text{ mm},$$

és

$$k_{0,5} = 2540 \text{ és } k_{28,5} = 412 \text{ kp/mm}^2,$$

amelyekkel a hozzájuk tartozó közepes forgácsolóerők:

$$F_{0,5} = 7,62 \text{ kp és } F_{28,5} = 67,8 \text{ kp}.$$

Az előbbit is, meg az utóbbit is az $F_k=1172$ kp-ból le kell vonni, vagyis 30° maró szögelforduláshoz 1112 kp kerületi erő tartozik. Az egész erőingadozás mindössze 60 kp, ami a jelenlegi legnagyobb kerületi erőnek 5%-a. Összehasonlítva az egyenesfogú palástmarónál fellépő 1930 kp-dal, annak 32-ed része.

A kapcsolási tényező:

$$\psi = \frac{29}{30} = 0,966,$$

tehát az állandónak feltételezett kerületi erő az (5.23) képlet szerint $F'_k=1133$ kp.

Ebben az esetben is kiszámítjuk a tiszta forgácsolási teljesítményt az (5.27) képlet szerint:

$$P_f = \frac{1133 \cdot 80 \cdot 80}{1944000} = 3,73 \text{ kW}.$$

Kiszámítjuk a percnkénti előtoltást az (5.30) képletből:

$$v_c = 0,2 \cdot 12 \cdot 80 = 192 \text{ mm/min},$$

és ebből ellenőrizzük a forgácsolási teljesítményt az (5.29) képlet szerint:

$$P_f = \frac{485 \cdot 5 \cdot 50 \cdot 192}{6120000} = 3,8 \text{ kW}.$$

Tehát itt is van kb. 2%-os eltérés a már ismertetett okok miatt. A fajlagos forgácsteljesítmény:

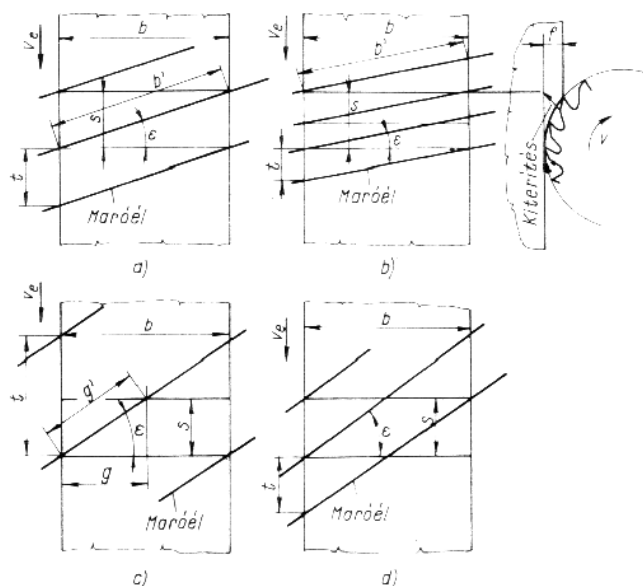
$$V_f = \frac{6120}{485} = 12,6 \text{ cm}^3/\text{kW min.}$$

A percenként leválasztott anyagtérfogat:

$$V = 5,17 \cdot 9,28 = 48 \text{ cm}^3/\text{min.}$$

Ebből a példából is láthatjuk, hogy az ilyen *kis fogferdeségű maróval igen jó eredményeket lehet elérni a viszonylag széles felületek megmunkálásakor*. A fajlagos forgácsteljesítmény a 4. példában szereplő homlokmaró 18,1 cm³/kW min értékéhez képest 30%-kal kisebb, de az erőingadozás az ottani 285 kp-hoz viszonyítva annak 4,75-öd része. Továbbá ez esetben az $e_1=0,2$ mm/fog értékkel természetesen megfelelően nagyobb forgácselőteljesítménnyel $V=48$ cm³/min forgácsteljesítményt értünk el a homlokmarás 24 cm³/min értékével szemben.

Ha ugyanezt a marót keskenyebb felület marására használjuk fel,



113. ábra. A kapcsolási tényező értékei különböző fogferdeségű palástmarókra, kiterített ábrázolásban:

a) állandóan egy fog dolgozik, $\psi=1$; b) állandóan két fog dolgozik, $\psi=2$; c) nagy fogferdeségű marónak állandóan egy foga dolgozik, $\psi=1$; d) nagy fogferdeségű maró, ha $\psi=2$

már nagyobb erőingadozást mutató diagramot kapunk, annak ellenére, hogy a kapcsolási tényező az eddig számított módszer szerint változatlan marad.

Már az eddigiek is bizonyítják, hogy a kis fogferdeségű palástmarók bizonyos esetekben igen jól dolgoznak, mégis a gyakorlatban nemigen terjedtek el. Ezért vizsgáljuk meg a nagy fogferdeségű marók viszonyait is.

Nagy fogferdeségű marók. A 113. ábrán szembeállítjuk a kis és nagy fogferdeségű marók két-két változatát, sűrűbb és ritkább fogazással. Kiterített képen a szögelfordulás alapján érzékeltetjük a marófogak helyzetét a kiterített paláston.

Az a ábra azt az ideális állapotot mutatja, amikor a forgácsívhossz és a fogosztás egyenlő, vagyis amikor a maró egyik foga az egyik oldalon éppen belekap az anyagba, akkor a másik oldalon éppen kilép. Ugyanabban a pillanatban azonban a következő fog ugyanazon az oldalon, ahol a fog kilép, belekap az anyagba. Ekkor a teljes szélességen, ha két fog munkájából összetéve is, mindig egy teljes fog dolgozik b' foghosszon. Ilyenkor semmi erőingadozás sincs. Az állandóan ható kerületi erő pontosan egyenlő a közepes kerületi erővel, azaz $F_k = F'_k$.

A b ábrát kiegészítésként mutatjuk be; itt látható, hogy az egyenletes járás megoldható oly módon is, ha egyszerre nem egy, hanem kettő, három stb. ferde fog dolgozik egyszerre, vagyis

$$\text{tg } \omega = \frac{s}{nb},$$

ahol n az egyszerre dolgozó fogak számát jelenti.

A gyakorlati felhasználást tekintve, ez a megoldás — mint az ábrából is látható — nagyon kedvezőtlen a sűrű fogosztás miatt. Ezért a fogak között olyan kicsi a forgácstér, hogy még az $e_1=0,2$ mm/fog előtolás sem felel meg. Ez azt jelenti, hogy a közepes forgácsvastagság a kétszeres fogszám miatt csak a fele lesz, mint az 1. példában, tehát $h'_k=0,0224$ mm, amelyhez $k=551$ kp/mm² tartozik az előbbi 485 helyett. A fajlagos forgácsteljesítmény tovább romlik:

$$V_f = \frac{6120}{551} = 11,1 \text{ cm}^3/\text{kW min.}$$

A leválasztott forgácstérfogat ugyanakkora marad, mert a kétszer akkora fogszám miatt az e_1 a felére csökkent, de most a változatlan $V=48$ cm³/min leválasztásához az 1. példa 3,8 kW-ja 4,32-re növekszik. Ez a homlokmarás (4. példa) 3,06 kW-jához képest már 38,5%-kal nagyobb. Az erőingadozás még a 112. ábrán látható változatnál is kedvezőbb.

A 113c ábrán láthatjuk, hogy az egyenletes járás megoldható abban az esetben is, ha a maró foga nem dolgozik a munkadarab teljes szélességében. Ekkor az a lényeges, hogy amikor az egyik oldalon a teljes forgácsívhosszon dolgozó fog elhagyja a nulla forgácsvastagságot, akkor a másik oldalon a következő fog éppen kapjon bele az anyagba. Ezzel elérjük, hogy ha nem is egyetlen fog, de két fognak a munkája mindig egy fognak a teljes forgácsívhossznak megfelelő teljesítményével dolgozik.

A nagy fogferdeségű maró további előnye, hogy nem túlhatározott, mint a kis ferdeségű maró. Mindig lehet találni olyan szöget, amely megfelel a

$$\operatorname{tg} \omega = \frac{t}{b} \quad (5.36)$$

feltételnek. A fogferdeség hajlásszögének tangense a fogosztás és a marási szélesség viszonya.

Nagy előnye még ennek a megoldásnak, hogy a fogásmélység és ezzel együtt a forgácsívszög sem szerepel a feltételekben, csak a marási szélesség. Ha szigorúan vesszük, elméletileg ez a kis ferdeségű maróknál is fennáll, de ehhez olyan nagy marási szélesség tartozik, ami a gyakorlatban nem fordul elő.

9. példa. A $D=80$ mm átmérőjű maró fogszámát most $z=5$ -re választjuk az MSZ 3849 szerint. E maró fogferdeségi szöge szabvány szerint $\omega=45^\circ$, de ettől a számítás érdekében most kissé el kell térnünk, hogy a kiindulási feltételüknek eleget tudjunk tenni. A fogosztás:

$$t = \frac{\pi D}{80} = \frac{\pi 80}{5} = 50,2 \text{ mm},$$

tehát $\omega \sim 45^\circ$ (pontosan $45^\circ 08'$).

A fogácsoló-, ill. kerületi erő számítása most már eltér az eddigiektől, mert többé nem szerepel a marási szélesség, hanem annak csak az a része, amely a forgácsívhossznak megfelel. A forgácsívhosszat már előzőleg kiszámítottuk ($s=20,25$ mm), mert a fogásmélység változatlanul $f=5$ mm és a maró átmérője is maradt $D=80$ mm. A fogásmélységnek megfelelő g marási szélesség a nagy fogferdeségű hengeres palástmaróknál a 113c ábra szerint

$$g = \frac{s}{\operatorname{tg} \omega} = s \operatorname{ctg} \omega. \quad (5.37)$$

Mínthogy $\omega=45^\circ$, amelynek tangense $=1$, így $g=20,25$ mm. Az

ehhez tartozó fogácskeresztmetszet: $q_g = h_k g \text{ mm}^2$. A fogankénti előtolás $e_1=0,2$ mm/fog, mint az 1. példában, így a $h_k=0,0484$ mm, amelyből

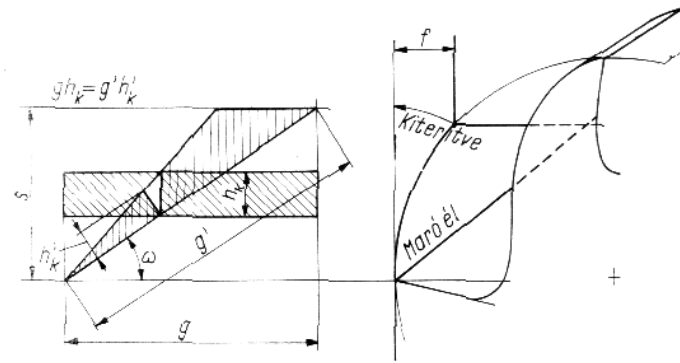
$$q_g = 0,0484 \cdot 20,25 = 0,985 \text{ mm}^2.$$

Természetesen a fajlagos forgácsolási ellenállás értékét az ω figyelembevételével kell megállapítanunk (114. ábra):

$$h'_k = h_k \cos \omega. \quad (5.38)$$

Jelen esetben

$$h'_k = 0,0484 \cdot 0,707 = 0,0342 \text{ mm}.$$



114. ábra. A valóságos közepes forgácsvastagság meghatározása ferdefogú maró esetén

Az ennek megfelelő fajlagos ellenállás értéke az (1.14) képlet szerint $k=502$ kp/mm²: a kiszámított q_g figyelembevételével a közepes kerületi erő, amely most megegyezik az állandóan ható erővel és egyúttal a legnagyobb erővel is:

$$F_k = F'_k = F_{\max} = 495 \text{ kp}.$$

Mínthogy a maró fordulatszama $n=80$ /min, így a v_e percenkénti előtolás értéke 80 mm/min a kevés fogszám miatt. A percenként leválasztott anyagterefogat az (5.28) képlet alapján $V=20$ cm³/min, így a tiszta forgácsolási teljesítmény $P_f=1,64$ kW. A fajlagos forgácseljesítmény $V_f=12,2$ cm³/kW min.

Ebből látható, hogy a nagyferdeségű maró minden erőingadozás nélkül dolgozik, de a forgácseljesítménye $V=20$ cm³/min kicsi, és így a gép teljesítményének a kihasználása is kicsi.

Ez a marófajta mint nagy teljesítményű maró él a köztudatban, nem is ok nélkül, mert ha a felület minőségével szemben nem támasztunk túlzott követelményeket, a fogankénti előtölést a kétszeresére emelhetjük: $e_1 = 0,4$ mm/fog.

10. példa. Ha $e_1 = 0,4$ mm/fog, akkor a $h_k = 0,0684$ mm, amelyhez $k = 435$ kp/mm² érték tartozik, és most $F_k = 895$ kp lesz.

Észrevéve, hogy a $V = 40$ cm³/min forgácsteljesítményt, és $V_f = 14,1$ cm³/kW min, amely az eddigi homlokmaróval (4. példa) elért kedvező 18,1 értékhez viszonyítva csak 22%-kal rosszabb, viszont semmi erőingadozás sincs. A szükséges forgácsolási teljesítmény $P_f = 2,84$ kW.

Sem ezt a változatot, sem az előbbit nem ábrázoljuk, mert a kerületi erő a maró szögelfordulásának függvényében csak egy egyenes vonalat ad.

A 113. ábra d változatán látható, amikor a fogszám a c változathoz képest kétszeres, és így a marási szélességen mindig két teljes fog munkájából származó egyenletes kerületi erő lép fel.

Már a kis fogferdeségű marónál feltűnhetett, hogy a forgácskeresztmetszetet $q = h_k b$ összefüggésből számítottuk. E maróknál a fogásban levő él hossza ugyanis ferdeség miatt megnövekszik (114. ábra):

$$b' = \frac{b}{\cos \omega},$$

amelyhez $h'_k = h_k \cos \omega$ közepes forgácsvastagság tartozik. A k fajlagos forgácsolási ellenállás értékeit is a h'_k szerint számítottuk. Ezért az előbbi képletekből

$$q = b' h'_k = \frac{h_k b \cos \omega}{\cos \omega} = h_k b.$$

Mint ahogy a $\cos \omega$ -val egyszerűsíteni lehet, a forgácskeresztmetszetet helyesen számítottuk.

Ha nagy fogferdeségű maró éle a teljes forgácsívén dolgozik, akkor ennek a vetülete g , ami az (5.37) képlet szerint

$$g = \frac{s}{\operatorname{tg} \omega} = s \operatorname{ctg} \omega.$$

A dolgozóél valóságos hossza

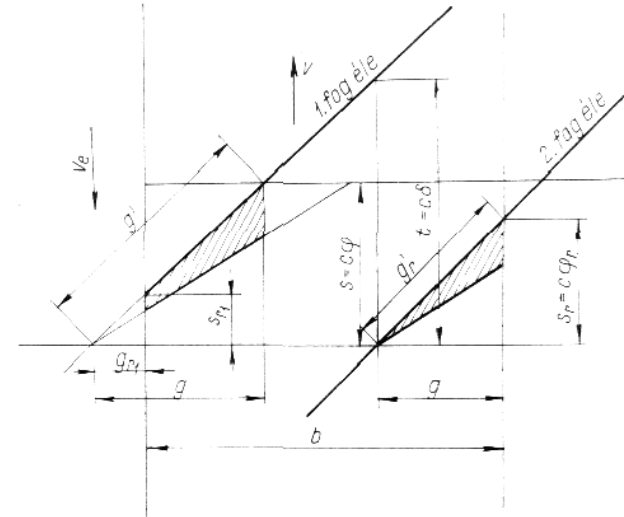
$$g' = \frac{g}{\cos \omega},$$

és így a forgácskeresztmetszet (115. ábra):

$$q = g' h'_k = \frac{g h_k \cos \omega}{\cos \omega} = g h_k,$$

tehát a nagy fogferdeségű marók esetén is helyesen számítottuk ki a forgácskeresztmetszetet, de a fajlagos forgácsolási ellenállás értékét mindig a h'_k szerint számítsuk.

Gyakorlatilag már ezt a módszert alkalmaztuk, amikor a kis fogferdeségű maró a $0^\circ - 1^\circ$ közötti forgácsívhoz tartozó kerületi erőt határoztuk meg (8. példa).



115. ábra. A forgácskeresztmetszet adatainak meghatározása, ha a ferdefogú maró fogai a forgácsív hosszának, ill. a forgácsív szögnek csak egy részén dolgoznak

Vizsgáljuk meg azt az általános esetet is, amikor a ferdefogú maró fogai csak s_r részforgácsív hosszán, ill. φ_r részforgácsív szögön dolgoznak (115. ábra). Mivel diagramjainkat eddig is a szögelfordulás függvényében rajzoltuk meg, ezért a viszonyítást a forgácsív szögekkel végezzük.

$$\frac{g}{\varphi} = \frac{g_r}{\varphi_r}; \quad g_r = \frac{g \varphi_r}{\varphi} \quad \text{mm.} \quad (5.39)$$

Ez az élhossz vetülete abban az esetben, amikor a maró foga még csak részben hatolt be a munkadarab anyagába.

Másik változat, amikor a maró foga már részben elhagyta az anyagot. Ebben az esetben, ami a 115. ábra jobb oldalán látszik, a képlet módosul:

$$\frac{g}{\varphi} = \frac{g - g_{r1}}{\varphi - \varphi_{r1}}; \quad g - g_{r1} = \frac{g(\varphi - \varphi_{r1})}{\varphi}. \quad (5.40)$$

Ez az élhossz vetülete, amikor az él egy része már kilépett az anyagból. A forgácskeresztmetszet:

$$q_r = g_r h_k \varphi_r; \quad \text{ill.} \quad q_{r1} = \frac{(g - g_{r1}) h_k}{\varphi - \varphi_{r1}}.$$

Ez azt jelenti, hogy első esetben a φ_r szöghöz tartozó forgácsdarabnak kell a közepes forgácsvastagságát meghatározni, míg a második esetben a $\varphi - \varphi_{r1}$ szöghöz tartozóét, de a fajlagos forgácsolási ellenállás értékének meghatározásához az így kapott közepes forgácsvastagságot még meg kell szorozni $\cos \omega$ -val.

Ferdefogú marók kapcsolási tényezője. Mint a példából láttuk, kis fogferdeségű maró esetén még az egyenesfogú marónál levezetett kapcsolási tényezővel is eredményesen tudunk számolni, bár az egyenletes járás szempontjából egészen más volt az eredmény, mint az egyenesfogúnál. Ez utóbbinál $\psi = 1$ esetében 1930 kp erőingadozást kaptunk, míg a kis fogferdeségűnél $\varepsilon = 0,966$ esetében 60 kp-ot.

A kapcsolási tényező helyes értelmezése a nagy fogferdeségű marók esetében fontosabb. Ez a maró, ha viszonylag széles felületen dolgozik, a felület egyik sarkán hatol be az anyagba és annak szélességén végigvonulva a másik oldalon lép ki felül az anyagból. Ez működési szempontból lényegesen különbözik az egyenesfogú palástmaró működésétől. Az egyenesfogú palástmaró foga ellenirányú marás esetében alul teljes szélességében hatol az anyagba és a forgácsívszög befutása után egyszerre lép ki. Itt a kapcsolási tényező azt jelenti, hogy a forgácsívhosszban egyszerre hány fog van fogásban. Ennek nem kell egész számnak lennie, mert a forgácsívszög alatti szögelforduláskor nem kell, hogy állandóan mindig több fog legyen fogásban.

A nagy fogferdeségű marónál nem a forgácsívszögtől függ teljes mértékben, hogy egyszerre hány fog van fogásban, hanem főleg a marási szélességtől. *Ezért a nagy fogferdeségű maró kapcsolási tényezője azt jelenti, hogy a marási szélességen egyszerre hány fog dolgozik.* A kapcsolási tényező itt is csak abban az egész kivételes esetben egész szám, ha

$$\operatorname{tg} \omega = \frac{nt}{b},$$

ahol n a számított és éppen fogásban levő fogak száma egész számot jelent. Minden más esetben a kapcsolási tényező törtszám, mely azt jelenti, hogy az alatt a szögelfordulás alatt, amíg a maróél egy pontja végigvonul a teljes marási szélességen, bizonyos ideig a kapcsolási tényező egész számának megfelelő fog lesz fogásban.

Minél kevésbé tér el a kapcsolási tényező az egész számtól, annál kisebb az erőingadozás. A legnagyobb erőingadozás akkor lép fel, ha $\psi = 1,5 \dots 2,5$ stb. Ez természetesen viszonylagos, mert pl. $\psi = 3,5$ -nél a tényleges erőingadozás kisebb, mint $\psi = 1,5$ -nél. Ezzel szemben sűrűbb fogazás esetén a nagyobb egész számú a kapcsolási szám, a fogankénti előtolás pedig kisebb, mint a ritkafogú marónál. Ezért a közepes forgácsvastagság is kisebb, de a fajlagos forgácsolási ellenállás nagyobb. Nagyobb egész számú kapcsolási tényező esetén kedvezőtlenebb a teljesítménykihasználás, mint kisebb fajlagos forgácseljesítménynél.

Nagy fogferdeségű maró kapcsolási tényezője általánosságban a következők szerint határozható meg. Ha :

$$\psi = \frac{\varphi}{\delta} = 1,$$

akkor

$$t = b \operatorname{tg} \omega; \quad l = \frac{b \operatorname{tg} \omega}{1} = \frac{b}{t \operatorname{ctg} \omega},$$

de ha $b \neq t \operatorname{ctg} \omega$, akkor ebből általánosan következik, hogy

$$\psi = \frac{b}{t \operatorname{ctg} \omega}. \quad (5.41)$$

Az összefüggés azt mutatja, hogy a b marási szélességen t fogosztás esetén hány fog helyezkedik el.

Határozzuk meg a nagy fogferdeségű maró egy fogán fellépő kerületi erőt, az állandóan hatónak feltételezett kerületi erő és ezekből a tiszta forgácsolási teljesítmény kiszámítására. Mivel a maró foga nem a teljes marási szélességben dolgozik, hanem a nagy ferdeség miatt csak g szélességben, ezért az (5.37) képlet felhasználásával az *egy marófogra jutó közepes kerületi erő* $F_k = kq_k$, de az (5.37) képletből

$$q_k = gh_k = s \operatorname{ctg} \omega h_k,$$

tehát

$$F_k = ks \operatorname{ctg} \omega h_k \quad \text{kp.} \quad (5.42)$$

Mint hogy közepesen ψ fog dolgozik, az állandóan hatónak feltételezett kerületi erő:

$$F'_k = \psi F_k = \psi k s \operatorname{ctg} \omega h_k \text{ kp.} \quad (5.43)$$

A teljesítményfelvétel a kerületi erőből számítva:

$$P_f = \frac{\psi F_k v}{6120} = \frac{\psi k s \operatorname{ctg} \omega h_k v}{6120} \text{ kW.} \quad (5.44)$$

Ha e képletbe a ψ értékét az (5.41) képletből behelyettesítjük:

$$P_f = \frac{k s b h_k v}{6120 t} \text{ kW.} \quad (5.45)$$

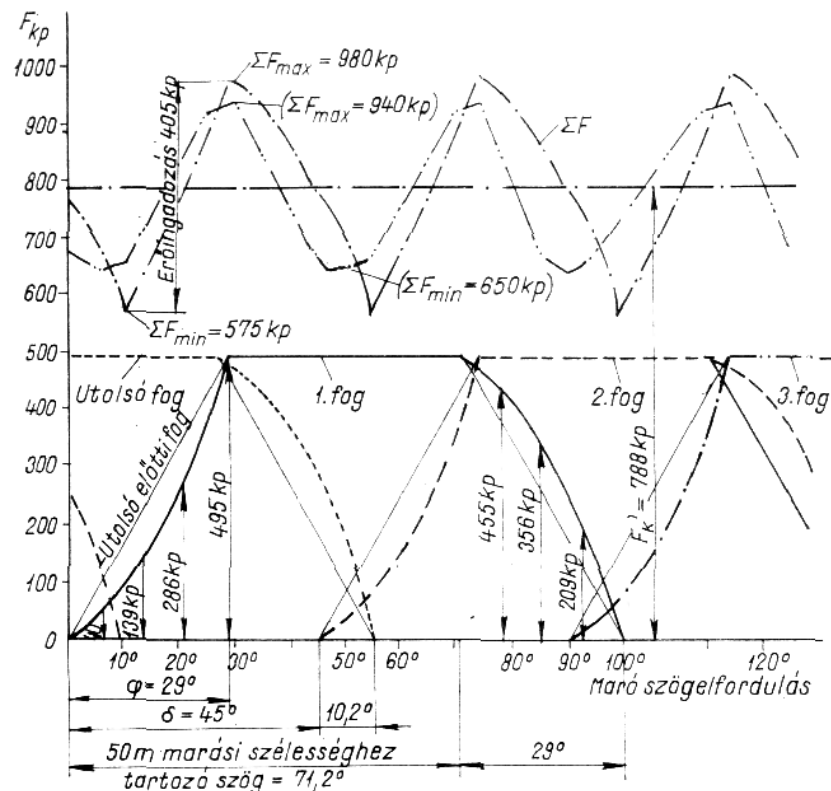
Ha itt is kiküszöböljük a v forgácsolósebességet a D és n bevezetésével, kapjuk az (5.44) képletből:

$$P_f = \frac{\psi k s \operatorname{ctg} \omega h_k D n}{1950000} \text{ kW.} \quad (5.46)$$

11. példa. Nagy fogferdeségű maró működése. Az eddigi példa adatait vesszük alapul továbbra is, csupán annyiban térünk el, hogy az MSZ 3848 szerinti $D=80$ mm átmérőjű maróhoz $z=8$ fogat választunk. A fogankénti eltolás változatlan, $e_1=0,2$ mm/fog, a maró fordulatszám $n=80$ /min, a fogásmélység $f=5$ mm, a marási szélesség $b=50$ mm. A közepes forgácsvastagság $h_k=0,0484$ mm, de a fajlagos forgácsolási ellenállás meghatározásához $h'_k=0,0342$ mm értékhez az (1.14) képlet szerint $k=502$ kp/mm² fajlagos forgácsolási ellenállás tartozik. A forgácsívhossz $s=20,25$ mm és most a nyolcfogú maró fogosztása $t=31,4$ mm. Mint hogy $\omega=45^\circ$, ezért $\operatorname{tg} \omega = \operatorname{ctg} \omega = 1$. Így az (5.37) képlet szerint $g=20,25$ mm, $q=0,985$ mm² és $F_k=495$ kp, mint az előző példánkban. Az (5.41) képlet szerint $\psi=1,59$ és $F'_k=788$ kp. Ezekkel már tulajdonképpen mindent meghatározunk, de rajzoljuk meg erre az esetre is a kerületi erő pontos diagramját a szögelfordulás függvényében, és állapítsuk meg az erőingadozást. Mint látjuk, ebből a szempontból felvételünk kedvezőtlen, mert a kapcsolási tényező majdnem a két egész szám közé esik.

A marófog ferdeségét a 113. ábrához viszonyítva *ellenkező irányúra* választjuk azért, hogy ne kelljen a koordináta-rendszer pozitív irányát az eddigiekhez képest ellenkező irányba felvinni, vagyis a viszonyok a 115. ábrán látottaknak felelnek meg. Mivel $g=s$, ezért az s forgácsívhosszhoz tartozó $\varphi=29^\circ$ szögelforduláshoz $g=20,25$ mm tartozik. Tehát éppen ekkor lesz a fog teljes fogásban, és ekkor éri el a teljes

$F_k = F_{\max}$ terhelést, mert a terhelt fog mentén nullától a h_k -n keresztül h_n -ig minden forgácsvastagság előfordul. A nagy fogferdeségű marónak az egyenesfogúval szemben tehát az az előnye, hogy a fog teljes fogásban is csak közepes terhelést kap, és bármilyen széles is a munkadarab, egy marófogra ennél nagyobb terhelés nem juthat változatlan fogásmélység esetén.



116. ábra. Nagy fogferdeségű palástmaró fogain fellépő kerületi erők és eredőjük változása a maró szögelfordulásának függvényében

A kerületi erő változását a szögelfordulás függvényében a 116. ábrán rajzoltuk fel. Egyelőre azt tudjuk, hogy 29° szögelfordulás után a marófogon a terhelés eléri a 495 kp-ot. Ezután ez a terhelés marad addig a pontig, ameddig a fog terhelt hossza $g'=g/\cos \omega=28,8$ mm csökkenni kezd. Ekkor kezd kilépni az anyagból a fog éle. Ennek a pontnak a meg-

határozásához tudnunk kell, mekkora szögelfordulás után kezdődik a fog terhelésének a csökkenése. Ezt arányosság segítségével minden nehézség nélkül meghatározhatjuk. Az előzőkben megállapítottuk, hogy g szélességhez φ , vagyis a teljes forgácsívsszög tartozik mint szögelfordulás. Tehát felállíthatjuk a következő arányosságot:

$$g : \varphi = b : \varphi_b;$$

ebből a b szélességhez tartozó szögelfordulás:

$$\varphi_b = \frac{\varphi_b}{g}. \quad (5.47)$$

Példánkban

$$\varphi_b = \frac{29 \cdot 50}{20,35} = 71,2^\circ,$$

tehát egy marófogon 29° -tól $71,2^\circ$ -ig való szögelfordulásig a kerületi erő változatlan. Ettől kezdve fokozatosan csökken, amíg további 29° , összesen $100,2^\circ$ fog után a marófog teljesen ki nem lép az anyagból.

Rajzoljuk fel 0° -tól 29° -ig, továbbá $71,2^\circ$ – $100,2^\circ$ -ig a fogon felépő kerületi erő változását.

Ehhez leghelyesebb, ha a 29° -ot felosztjuk négy részre, és 7° , 14° , 21° -okhoz határozzuk meg a kerületi erőt. Meghatározzuk ($3,5^\circ$, 7° és $10,5^\circ$ -hoz) a hozzájuk tartozó élrész vetületét, a középpértékükhöz a forgácsvastagságot, valamint $\cos \omega$ -val megszorozva, a rész-forgácskeresztmetszetekhez tartozó fajlagos forgácsolási ellenállást. Ezzel megkaptuk az erögörbe felfelé tartó ágában az erő változását, amíg el nem éri az állandó $F_k = 495$ kp értéket. De $71,2^\circ$ -tól kezdve a marófog alul kezd kilépni az anyagból, és további 29° szögelfordulás után a kerületi erő nullára esik. Ennek a kerületi erőnek a változását úgy számítjuk ki, hogy az előbb kapott részereket fokozatosan kivonjuk az $F_k = 495$ kp erőből. Tehát nem kell új számítást végezni, mert a kapott adatokból a lezálló ág változásai is meghatározhatók.

A kiszámított adatokat megint táblázatosan foglaljuk össze:

φ_x^0	h_x	$h_x \cos \omega$	k_x	g_x	q_x	F_x	$F_k - F_x$
3,5	0,0122	0,00862	675	4,91	0,0599	40,4	455
7	0,0244	0,01725	582	9,82	0,239	139	356
10,5	0,0364	0,02575	534	14,74	0,537	286	209

Ezekkel az adatokkal most már felrajzolhatjuk először az első fogra vonatkoztatva a kerületi erők változását (a rajzon folytonos vonal-

lal kihúzva). Azután figyelembe véve, hogy a fogak 45° osztás után következnek, a többi fog erőváltozásait is.

Érdekes, hogy most az erőváltozás görbéje kezdetben konkáv és az állandó érték után kifutáskor konvex. Láthatjuk azt is, hogy $100,2^\circ$ -on keresztül egyszerre három fog is dolgozik, míg 35° -on keresztül csak kettő. Az eredő kerületi erőt ezek után a pontos rajzból kiadódó értékek összegezéséből kapjuk meg. Így számítjuk az összegezett értékekből az erőingadozást is.

$$\Sigma F_{\max} - \Sigma F_{\min} = 980 - 575 = 405 \text{ kp.}$$

Ez nem nagyon kedvező érték, mert a 980 kp-nak 41,3%-a.

A 116. ábrán vékony vonallal megrajzoljuk az egyszerűsített szerkesztést is. A fog belépési pontját az anyagba egyenes vékony vonallal kötöttük össze az F_k elérésének pontjával, hasonlóképpen az F_k egyenesének a végpontját a teljes kifutás nulla pontjával. Ha az így kapott kerületierő-változási görbéknek az eredőjét is megrajzoljuk (vékony eredményvonal), a legnagyobb erőnél 980 kp helyett 4%-kal kisebb erőt kapunk, de az eredő legkisebb értékénél jelentősen nagyobb erőt kapunk, 650 kp-t 575 kp helyett, vagyis 13%-kal többet. Ennek az a következménye, hogy az egyszerűsített eljárás az erőingadozásra sokkal kisebb értéket, $940 - 650 = 290$ kp-ot ad, ami a pontos értéknek 71,6%-a. Ezért nem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy az erőingadozás pontos meghatározására az egyszerűsített szerkesztés nem megbízható.

Végül számítsuk ki a tiszta forgácsolási teljesítményt az (5.46) képletből:

$$P_f = \frac{1,59 \cdot 495 \cdot 80 \cdot 80}{1944000} = 2,59 \text{ kW.}$$

A percnként leválasztott anyagterefogat $z=8$ fogszámmal $V=32$ cm^3/min , mert a percnkénti előtolás $v_e = ezn = 0,2 \cdot 8 \cdot 80 = 128$ mm/min .

Az (5.29) képlettel ellenőrizzük:

$$P_f = \frac{502 \cdot 5 \cdot 50 \cdot 128}{6120000} = 2,62 \text{ kW,}$$

tehát itt 1,3% eltérés jelentkezik a már ismert okokból.

A fajlagos forgácseljesítmény $V_f = 12,1$ $\text{cm}^3/\text{kW min}$, ami a homlokmaróval kapott 18,1-hez viszonyítva 32,5%-kal kisebb.

A percnként leválasztott anyagterefogat növelése végett ezzel a maróval is növelhetjük a fogankénti előtolást, de ez egyszermind az erőingadozás növekedésével jár. Mindenesetre azonban az itt meghatározott 405 kp erőingadozás az egyenesfogú marónál fellépő 1930 kp-nak csak 4,76-od része.

Végül vizsgáljuk meg, hogy a jelenlegi $z=8$ fogú maróval milyen ferdeségi szög esetén lehet kedvezőbb az erőingadozás értéke. Ha a ψ kapcsolási tényező értékét 1,1-re vagy 1,9-re vesszük, akkor sokkal kedvezőbb erőingadozási értéket kapunk. Az (5.41) képletből az első esetben $\omega=34,75^\circ$, a másodikban 50° , tehát jelen esetben a nyolcfogú maró az erőingadozás szempontjából nem kedvező.

Ha a marási szélességet változtatjuk, pl. $b=30$ mm-re, akkor a nyolcfogú 45° -os fogferdeségű maró kapcsolási tényezője:

$$\psi = \frac{30}{31,4} = 0,955,$$

tehát igen kedvező érték.

A hazai szabványosítás az $\omega=20^\circ$ kis ferdeségű és az $\omega=45^\circ$ nagy fogferdeségű marókat szabványosította. A kis fogferdeségű marók fogosztása sűrűbb, a nagy fogferdeségűeké ritkább. Így a szabványos választék elég nagy, és mint az előzőkben közölt egyszerű számításból látjuk, gyorsan megállapítható az elvégzendő marási munka adataiból, hogy milyen maró dolgozik kedvezően, kis erőingadozással.

A túlzott ferdeség hátrányos, mert egyrészt csökkenti a közepes forgácsvastagságot, ezáltal pedig a fajlagos forgácsolási ellenállás növekszik, a teljesítménykihasználás kedvezőtlen, másrészt erősen növekszik a maró tengelyirányú nyomása. Ez különösen a régi típusú nyomógyűrűs marógépeken káros. Az új típusú marógépeken axiális golyóscsapágy a tengelyirányú nyomást minden nehézség nélkül felveszi.

Homlokmaráskor az egyenletes járás körülményeit a 108. ábrából olvashatjuk le. Amikor valamely fog F_b kerületi erővel behatol az anyagba, mindig hirtelen erőnövekedéssel jár. Ha a fogakat tengelyirányban ferdén helyezük a marófejbe, vagy martfogazású kivételben a fogakat ferdére, ill. csavarvonalúra képezzük ki, ez némileg csökkenti a hirtelen fellépő erőnövekedést. Ekkor a ferdeség és fogásmélység arányában $0,5 \approx 1^\circ$ szögelfordulás alatt éri el a belépő erő legnagyobb értékét. Ez azonban az erőingadozást nem csökkenti, csak annak pillanatnyi értékét késlelteti.

Ezzel szemben mindig fennáll a homlokmarásnak az az előnye, hogy a fogásban levő élvonal mindig kisebb, mint palástmarásnál. Ennek az az oka, hogy még $\kappa=45^\circ$ elhelyezési szög esetén is csak $1,41f$ lesz a fogásban levő élvonal hossza. Mivel a fogásmélység általában a marási szélességnek a törtrésze, ezért az egy fogra eső kerületi erő homlokmaráskor a nagyobb forgácsvastagság ellenére is jelentősen kisebb, mint palástmarás esetén.

Ha a megmunkálandó felület igen keskeny, homlokmaráskor is

előfordulhat, hogy fog nincs fogásban, tehát

$$\psi = \frac{2\varphi}{\delta} < 1$$

(101. ábra), ezért a kerületi erő bizonyos szögelforduláson nulla. Ilyen esetekben megvizsgálandó, hogy a nagy fogferdeségű palástmaró vagy ferdefogú szármáró nem dolgozik-e kedvezőbben.

Csökkenthetjük az erőingadozást, ha sűrűbb fogú (kisebb fogosztású) maróval dolgozunk, egyúttal a fogankénti előtölést is csökkentjük, ha ugyanazt a percenkénti forgácsteljesítményt akarjuk megtartani. **Az erőingadozást annyira kell lecsökkenteni, hogy a keletkező rezgések káros hatását kiküszöböljük.**

Ha homlokmaráskor a maróátmérő és marásszélesség közötti 3:2 arányt fenntartjuk, akkor az egy fogon fellépő kerületi erő szélső értékei között az eltérés jelentéktelen. A belépéskor fellépő kerületi erő csak 17%-kal kisebb, mint a legnagyobb erő:

$$F_b = 0,83 F_{\max}.$$

Ha a közepes kerületi erőhöz viszonyítjuk az erőingadozást, akkor:

$$F_b = 0,875 F_k,$$

és a legnagyobb erő csak 5%-kal nagyobb, mint a közepes kerületi erő:

$$F_{\max} = 1,05 F_k.$$

A fogak sűrítésének, ill. az egy fogra eső előtölés csökkentésének két hátránya van:

- A fogak közötti forgácstér csökken és ez forgácsbeszorulást okozhat.
- A kisebb közepes forgácsvastagság következtében a fajlagos forgácsolási ellenállás növekszik, tehát rosszabb V_1 fajlagos forgácsteljesítményt kapunk. Ez azonban még mindig kedvezőbb, mint általában a palástmaráskor kapott érték.

Az F_b és F_{\max} értékek tájékoztató jellegűek. Ezek ugyanis pontosan a 3:2 maróátmérő és marási szélesség viszonyhoz tartoznak. A gyakorlatban nem várható, hogy a munkadarabon a marási szélesség és a rendelkezésre álló maró átmérője pontosan megfeleljen ennek az aránynak.

A kép teljessége érdekében módosítsuk homlokmarási példánkat, és a kapott adatokat hasonlítsuk össze a 4. példában kiszámított adatokkal.

12. példa. E példában is $b=50$ mm marási szélesség; $f=5$ mm fogásmélység; $D=80$ mm maróátmérő; $\delta_B=75$ kp/mm² szakítószilárdságú acélananyag szerepel, csak az e_1 fogankénti előtölést csökkentjük

0,12 mm/fog értékre, mert a fogszámot 6-ról 10-re emeltük fel. A maró percnkénti fordulatszáma $n=80/\text{min}$. Ezekkel az adatokkal a percnkénti előtolás $v_e=0,12 \cdot 10 \cdot 80=96 \text{ mm/min}$, és így a percnként leforgácsolt anyagtérfogat is $V=24 \text{ cm}^3/\text{min}$, mint a 4. példában.

A belépési forgácsvastagság $h_b=0,12 \cos 38,7^\circ=0,0936 \text{ mm}$;

$h_k=0,1082 \text{ mm}$; $h_n=0,12 \text{ mm}$.

Az ezekhez tartozó forgácskeresztmetszetek: $q_b=0,468$; $q_k=0,541$; $q_{\max}=0,6 \text{ mm}^2$.

A fajlagos forgácsolási ellenállás értékei: $k_b=399$; $k_k=386$; $k_n=376 \text{ kp/mm}^2$.

A kerületi erő értékei: $F_b=187$; $F_k=209$, $F_{\max}=225 \text{ kp}$.

$\psi = 77,4/36 = 2,15$; $F'_k = 450 \text{ kp}$.

Az erőingadozás az előbbi hatfogú maróhoz képest 275 kp helyett csak 187 kp, az előbbinek 68%-a.

A teljesség kedvéért még kiszámítjuk, hogy $V_f=15,85 \text{ cm}^3/\text{kW}$ min és $P_f=1,52 \text{ kW}$. A V_f tehát az előbbi példa $18,1 \text{ cm}^3/\text{kW}$ min értékéhez viszonyítva 12,3%-kal csökkent, míg a P_f az előbbi $1,32 \text{ kW}$ -hoz képest 14,4%-kal növekedett.

Érdekes még összehasonlítani a most kapott adatokat a nagy fogferdeségű palástmaró adataival a 11. példa és a 116. ábra nyomán. Az erőingadozás 187 kp az előző példa 405 kp-jával szemben. De ez az összehasonlítás így nem helytálló, mert míg az előző példában a percnként leforgácsolt anyagtérfogat $32 \text{ cm}^3/\text{min}$ volt, a jelen esetben csak $24 \text{ cm}^3/\text{min}$. Ezért egyenlő alapra hozva felemeljük a fogankénti előtolást $0,16 \text{ mm/fog}$ értékre, hogy ugyanazon anyagtérfogatot kapjuk. Anélkül, hogy a számítást részleteznénk, ez esetben az erőingadozás, amely a belépési kerületi erővel egyenlő, $F_b=233 \text{ kp}$, ez pedig a 405 kp-nak csak 57,6%-a.

Az összehasonlítás értékelésekor hangsúlyozzuk, hogy homlokmaráskor igyekeztünk a legkedvezőbb körülményeket létrehozni, míg a nagy fogferdeségű palástmarásra majdnem a legkedvezőtlenebb példát mutattuk be. Ezzel szemben ki kell emelnünk, hogy a nagy fogferdeségű palástmaróval teljesen egyenletes, erőingadozás nélküli járást is elérhetünk.

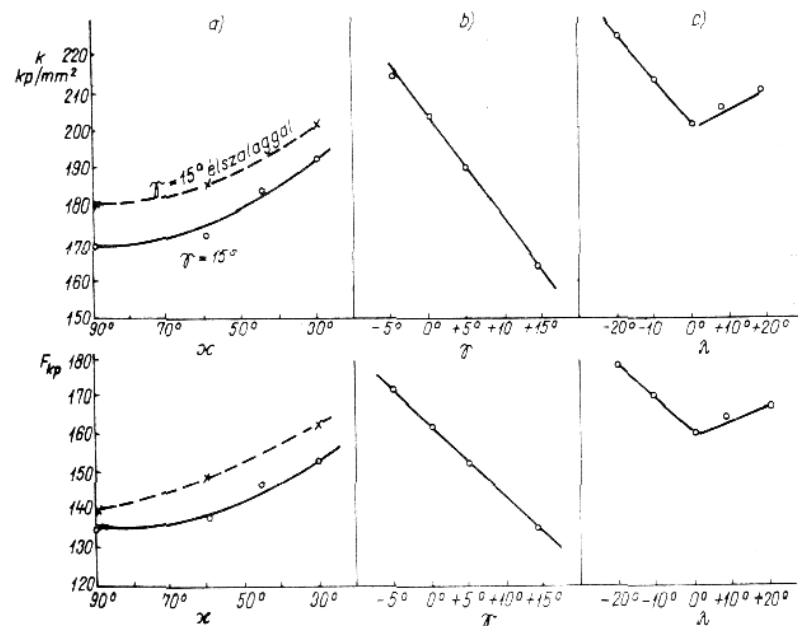
A példák azt bizonyítják, hogy nem lehet általánosítani, és kijelenteni, hogy a nagy fogferdeségű marók egyenletesebben járnak, mint a homlokmarók, mert homlokmaráskor a belépő kerületi erő mindig erőingadozást okoz. Ha nem vizsgáljuk meg pontosan a körülményeket, a nagy fogferdeségű palástmaró erőingadozási szempontból is kedvezőtlenebb lehet, mint a homlokmaró, viszont a homlokmaró mindig kedvezőbb V_f értékkel dolgozik a nagyobb forgácsvastagság következtében.

5.5. Az élgeometria befolyása a forgácsolóerőkre

Eddigi számításainkban a forgácsolóerőket és a teljesítményt a megközelítő általános érvényű képletekből számítottuk ki. Pontos számítás esetén figyelembe kell venni a forgácsolóélek geometriáját is. Eddig nem vettük figyelembe az élszögek befolyását a forgácsolóerőkre. Ez azonban nem hanyagolható el.

A maráskor fellépő jelenségeket keményfém szerszámokkal esztergálási kísérletek alapján határoztuk meg, de ezek értelemszerűen a marásra is érvényesek. A kutatási adatok a Gépipari Technológiai Intézetben az 1950-es évek elején végzett kísérletekből származnak.

A vizsgálatok három anyagminőségre terjedtek ki és a α elhelyezési szög, a γ homlokszög, valamint a λ terelőszög változásának befolyását állapították meg a forgácsolóerőre, ill. a fajlagos forgácsolási ellenállásra.



117. ábra. A fő forgácsolóerő és a fajlagos forgácsolási ellenállás változásai α , γ és λ élszögek változásaitól függően:

Anyag: AC 45.61 HB=201 kp/mm keménységű szénacél; fogásmélység $f=2 \text{ mm}$; előtolás $e=0,4 \text{ mm/ford}$; forgácsolósebesség $v=124 \text{ m/min}$

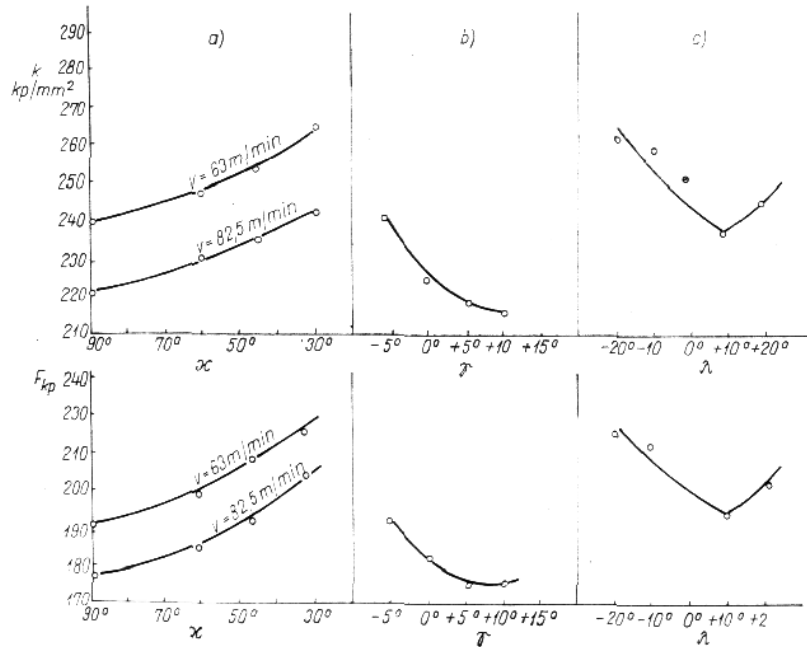
A három anyagminőség:

1. 201 HB keménységű 69 kp/mm² szakítószilárdságú AC 45.61 acél (117. ábra);
2. 327 HB keménységű 110 kp/mm² szakítószilárdságú acél (hőkezelt) (118. ábra);
3. 155 HB keménységű öntöttvas (119. ábra).

Keményfémlapkás esztergakéssel forgácsoltak, ezért nem lehetett 15°-nál nagyobb homlokszöggel dolgozni. A forgácsolósebességek a keményfémnek megfelelően a 201 HB keménységű acélhoz $v=124$ m/min; a 327 HB keménységű acélhoz $v=82,5$ és 66 m/min, az öntöttvashoz $v=66$ és 55 m/min volt, de a két sebesség között a kísérleti eredményekben nem mutatkozott eltérés.

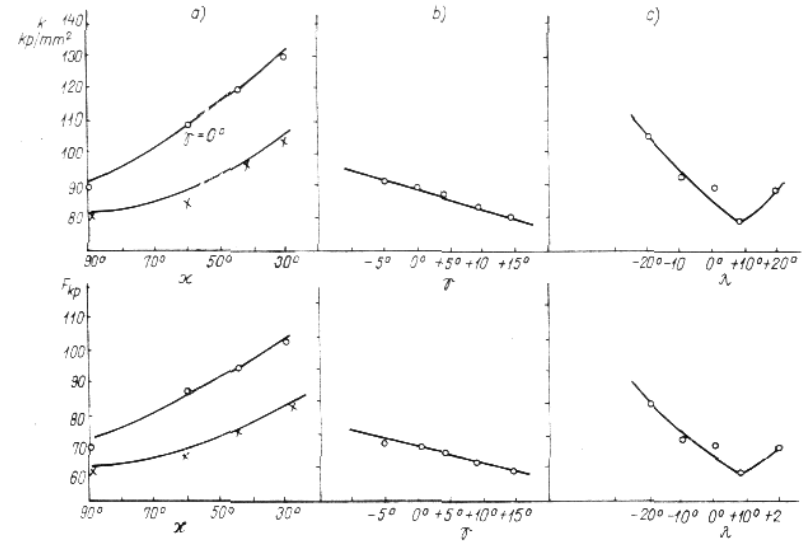
A fogásmélység minden esetben $f=2$ mm, az előtolás pedig $e=0,4$ mm/ford volt.

A marást szem előtt tartva, bennünket főleg a homlokszög befolyása érdekel a fő forgácsolóerőre, mert mind az elhelyezési, mind a terelő



118. ábra. A fő forgácsolóerő és a fajlagos forgácsolási ellenállás változásai α , γ és λ élszögektől függően:

Anyag: HB=327 kp/mm² hőkezelt szénacél; $f=2$ mm; $e=0,4$ mm/ford; $v=82,5$ és 65 m/min



119. ábra. A fő forgácsolóerő és a fajlagos forgácsolási ellenállás változásai α , γ és λ élszögektől függően:

Anyag: HB=155 kp/mm² Brinell keménységű öntöttvas; $f=2$ mm; $e=0,4$ mm/ford; $v=66$ és 55 m/min

szög változása a forgácsvastagság változását vonja maga után, amit a forgácsvastagság meghatározásakor úgyis figyelembe veszünk.

A 117., 118., 119. ábra b oszlopában látható a fő forgácsolóerő változása a γ homlokszög függvényében. A kísérletek szerint a fő forgácsolóerő a homlokszög növelésével csökken. Az erő csökkenésének mértéke HB 201 keménységű acél esetén 1,36%, HB 327 keménységű esetén pedig 1%-a a homlokszög egy fokkal való növelése esetén.

A HB 155 keménységű öntöttvas esetén a fő forgácsolóerő csökkenése nem egészen lineáris a homlokszög növelésével, de — mint a 119. ábra b oszlopában látható — megközelítőleg elfogadható, hogy öntöttvasnál a fő forgácsolóerő 0,66%-kal csökken a homlokszög fokonkénti növelésével.

Mínthogy más kísérleti eredmények nem állnak rendelkezésre a homlokszög és a fő forgácsolóerő összefüggéséről, e kísérletek eredményeit kell általánosanunk. Még azt a könnyítést is el kell fogadnunk, hogy a fő forgácsolóerő változása csak az anyag keménységétől függ, és nem vesszük tekintetbe sem kémiai összetételét, sem a különböző hőkezelések következtében bekövetkező szövetszerkezeti változását. Azt a törvényszerűséget azonban már az ismertetett kísérletek is kimutatták,

hogy a fő forgácsolóerő változása lágyabb acélok esetén nagyobb mértékű, mint keményebbek esetében.

Különböző keménységű acélokkal végzett kísérletek adataiból felállíthatunk olyan exponenciális egyenletet, amellyel meghatározhatjuk a különböző Brinell-keménységű acéloknál a fő forgácsolóerő változását a homlokszög egy fokra eső változására. Itt eltekintünk az egyenlet levezetésétől, és ismertetjük a képletet:

$$y\% = \frac{1,36}{\left(\frac{HB}{201}\right)^{0,63}} \quad (5.48)$$

E képlettel pl. $HB=250$ kp/min keménységű acélra $y=1,19\%$ értéket kapunk. E képlet alkalmazásakor nem szabad elfelejteni, hogy a fő forgácsolóerő a homlokszög növekedésével csökken és megfordítva.

A kísérletek is igazolják az 1. fejezetben ismertetett általános megállapítást, hogy keményebb acélok esetén a fajlagos forgácsolási ellenállás, tehát a forgácsolóerő is kisebb mértékben változik, mint lágyabb acélok esetén. Keményebb acélok fajlagos forgácsolási ellenállási értékeit a közepes forgácsvastagság függvényében kevésbé meredek egyenes ábrázolja, mint a lágyabb acéloké (10. ábra).

A homlokszög növelésével javulnak a forgácsleválasztás körülményei, így csökken a fő forgácsolóerő és a fajlagos forgácsolási ellenállás, ha a többi feltételek változatlanul maradnak. Ez a törvényszerűség kizárólag a homlokszög változására vonatkozik, függetlenül a forgácsvastagság növekedésétől vagy csökkenésétől.

Szabad és kötött forgácsolás. Az előbbi törvényszerűséget esztergálási kísérletekből vezettük le. Az esztergálás során — mint már említettük — *kötött forgácsolást* végzünk, mert az esztergálás csúcsa tele anyagban dolgozik. Ezáltal megnövekszik a csúcs, ill. csúcs körül a fő- és mellék-forgácsolóélnek az igénybevétele, mert ekkor nem egy, hanem két síkról kell az anyagot leválasztani. Ez a *kötött forgácsolás jellemzője*.

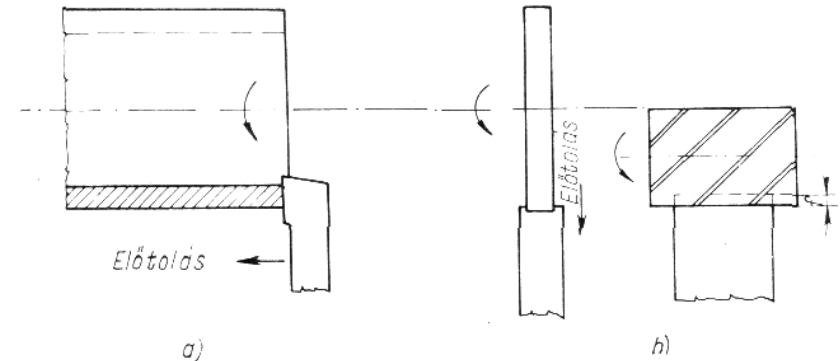
Ha vékonyfalú csövet esztergálunk oly módon, hogy a fogásmélység nagyobb, mint a cső falvastagsága, akkor a forgácsolóél csak egy síkon választja le a forgácsot, minden kötöttség nélkül. Ekkor ugyanazt a forgácskeresztmetszetet kisebb forgácsolóerővel tudjuk leválasztani. Ez a *szabadforgácsolás* (120. ábra).

Kötöttforgácsolással dolgozik a homlokmaró, mert a forgácsolóél csúcsa a mellékével együtt vesz részt az anyagleválasztásban, akárcsak esztergáláskor. Szabadforgácsolással dolgozik a palástmaró, amikor

a maró szélessége nagyobb, mint a marási szélesség, vagyis a forgácsolóélek túlnyúlnak a munkadarab határolóélein.

A tárcsamaróval végzett horonymarás kétszeresen kötött forgácsolás, akárcsak a beszúróesztergálás. Ez esetben a szerszám mindkét csúcsán kötött.

Eddigi számításainkban az adatok főleg kötöttforgácsolásra vonatkoztak. Az 1. fejezetben is megemlítettük, hogy számításaink csak akkor érvényesek, ha a forgács szélessége legalább 4...5-szöröse a forgács vas-



120. ábra. Szabadforgácsolás:

a csőesztergálás; b tárcsaesztergálás; c palástmarás; M munkadarab, Sz szerszám

tságának kötöttforgácsolás esetén. Ugyanis, ha a fogásmélység, ill. a forgácsszélesség többszörösen nagyobb, mint az előtolás, ill. a forgácsvastagság, akkor a szerszám csúcsán közvetlenül fellépő kötöttség forgácsolóerőt növelő hatása a szabadabban dolgozó jóval hosszabb élhez viszonyítva már veszít jelentőségéből. Sajnos, erre vonatkozólag sincsenek pontos kísérleti adatok, hogy a forgácsszélesség és vastagság viszonyának függvényében milyen változás áll fenn a fő forgácsolóerő és a fajlagos forgácsolási ellenállás értékében. Ezért becslésre vagyunk utalva, mely szerint zömök forgács esetén $f=(2...3)e$, 6...8%-ra tehető a fajlagos forgácsolási ellenállás, ill. a fő forgácsolóerő növekedése az $f=(5...10)e$ -hez viszonyítva. De kétszeresen kötött forgácsoláskor ez 12...16%-ra növekszik. Sőt beszúróesztergálás és fűrészelés esetén, amikor igen keskeny az él, még ennél is nagyobb értékkel kell számolni.

Ez a magyarázata annak, hogy a fajlagos forgácsolási ellenállásra palástmaráskor kedvezőbb adatokat kaphatunk, mint esztergáláskor.

Igazolják ezt a megállapítást azok a kísérleti eredmények, amelyek során megállapították a fajlagos forgácsolási ellenállás értékeinek a változását nagyferdeségű palástmarókkal a forgácsvastagság függvényében, a fogak homlokszög-kiképzései esetén.

Megvizsgálták a fajlagos forgácsolási ellenállás változásait a forgácsvastagság függvényében homlokmaró esetén is, és vizsgálták a forgácsolósebesség kis mértékű változásának a befolyását is.

A kísérletekhez A 42 acélt használtak 47 kp/mm^2 szakítószilárdsággal.

A gyorsacélból készült marók jellemző adatai:

A palástmaró $D=107,7 \text{ mm}$; $\gamma_n=27^\circ$; $\omega=46^\circ$ és $z=5$;

B palástmaró $D=99,8 \text{ mm}$; $\gamma_n=15^\circ$; $\omega=43^\circ$ és $z=8$;

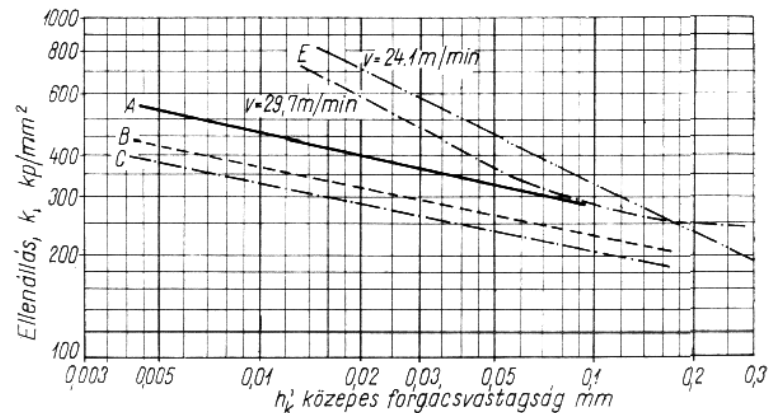
C palástmaró $D=106 \text{ mm}$; $\gamma_n=8^\circ$; $\omega=46^\circ$ és $z=10$.

E gyorsacél betétkéses homlokmaró:

$D=255,5 \text{ mm}$; $\gamma_n=14^\circ$; $\omega=10^\circ$; $\kappa=90^\circ$;

$r=3 \text{ mm}$ és $z=14$.

A kísérleti fordulatszám az A, B és C maróhoz $n=75/\text{min}$, ennek megfelelően az átmérők alapján a forgácsolósebesség $v=25,65$; $23,5$ és 25 m/min . A fogásmélység $f=5 \text{ mm}$. A h_k -ra különféle értékeket kaptunk, amikor a percnkénti előtolás értékeit $9,5 \dots 500 \text{ mm/min}$ között változtattuk. A kísérletek során megmértük a forgácsolásra fordított tiszta teljesítményt és ennek adataiból, valamint a fogásmélység, maróátmérő és a fogankénti előtolás értékeiből kiszámítottuk a h_k értékeit. A kiindulási adatokból az (5.29) képlet alapján meghatároztuk a tényleges közepes forgácsvastagsághoz, h_k -hoz tartozó k fajlagos forgácsolási ellenállás értékeit. A kapott kísérleti értékek csaknem szórás nélkül adták a 121. ábrán látható diagram értékeit.



121. ábra. A k fajlagos forgácsolási ellenállás értékei maráskor a h_k közepes forgácsvastagság függvényében:

anyag: A 42, 47 kp/mm^2 szakítószilárdságú acél

Az E homlokmaróval a kísérleti adatokat két fordulatszámra, tehát két forgácsolósebességgel vettük fel: $n=30/\text{min}$ és $n=37/\text{min}$, azaz $v=24,1 \text{ m/min}$ és $v=29,7 \text{ m/min}$. A fogásmélység itt is $f=5 \text{ mm}$, az előtolás $v_e=9,5 \dots 125 \text{ mm/min}$.

Érdekes jelenség, hogy a homlokmaróval 23% sebességkülönbség esetén a kisebb közepes forgácsvastagságnál a fajlagos forgácsolási ellenállás értékeiben 26%-os eltérések mutatkoznak. Ennek a megvilágítására a későbbiekben térünk ki, amikor a fő forgácsolóerő és a fajlagos forgácsolási ellenállás és a forgácsolósebesség összefüggésével foglalkozunk.

A 121. ábra adatai módot nyújtanak arra, hogy összehasonlítsuk a homlokszög változásának a befolyását a fajlagos forgácsolási ellenállásra, amit már a 117. és 118. ábra alapján kialakított (5.48) képlettel állapítottunk meg. A 121. ábrán $0,1 \text{ mm}$ közepes forgácsvastagság esetén a $C \gamma=8^\circ$ -os maróval $k=275$; a $B \gamma=15^\circ$ -os maróval $k=235$ és az $A \gamma=27^\circ$ -os maróval $k=205 \text{ kp/mm}^2$ értéket olvashatunk le. A 8° és 15° közötti hét fokra $12,1\%$ fajlagos forgácsolási ellenálláskülönbség jut, tehát fokonként $1,51\%$. Ha az (5.48) képletből számítjuk ki, akkor $1,73\%$ -ot kapunk. Ezek elég közel esnek egymáshoz. Ezzel szemben a $15^\circ \dots 27^\circ$ közötti 12° homlokszögeltérésre csak $12,7\%$ jut, amelyből egy fokra csak $1,06\%$ esik.

A 117. és 118. ábra adatai azonban sokkal keményebb acélra vonatkoznak, és a homlokszög $0^\circ \dots 15^\circ$ között változott. Ez már indokolhatja a $15^\circ \dots 27^\circ$ közötti extrapolált értéknél mutatkozó eltérést, különösen a 121. ábrán szereplő jóval lágyabb acél esetén.

Az E homlokmaróra vonatkozó adatok kis forgácsvastagság esetén sokkal nagyobb k értéket adnak, mint a palástmaróra. Ez egyrészt a homlokmaró kötött forgácsolási viszonyából származik, szemben a palástmaró szabadforgácsolásával, másrészt a homlokmaró betétkésélei már bizonyos mértékig kopottak voltak. Ez kisebb forgácsvastagság esetén jelentős eltérést okozhat.

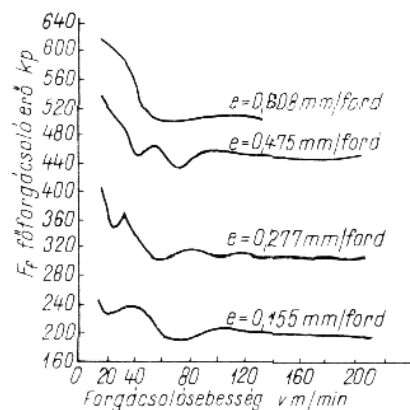
Ha kis fogferdeségű, de különösen ha nagy fogferdeségű palástmaró fajlagos forgácsolási ellenállásainak értékeit akarjuk meghatározni, és figyelembe tudjuk venni a tényleges homlokszöveget, akkor a 121. ábra adatai pontosabbak, mint az eddig használt (1.14)-ből számított értékek. Ezek ugyanis az általános megállapításból származnak, amelyeknek pontosságát $\pm 15\%$ tájékoztató értéknek tekintettük; nem térünk ki sem a homlokszög befolyására, sem a kötött és szabad forgácsolás közötti eltérésekre. A 121. ábra adatai azonban 47 kp/mm^2 szakítószilárdságú acélra vonatkoznak. Ha más szilárdságú acélra kell a fajlagos forgácsolási ellenállás adatait meghatározni, akkor a kapott értéket át kell számítanunk a szakítószilárdság vagy a Brinell-keménység alapján. Mint már említettük, a különböző összetételű és szövetszerkezetű

acélok fajlagos forgácsolási ellenállása nem egyforma, még azonos keménység, ill. szakítószilárdság esetén sem. Bár ezek az eltérések általában elég kis határok között mozognak, mégis ha erősen ötvözött és különlegesen hőkezelt acélok megmunkálásáról van szó, kellő óvatossággal járjunk el.

5.6. A forgácsolósebesség változásának befolyása a fő forgácsolóerőre, ill. a fajlagos forgácsolási ellenállásra

A gyorsacél szerszámok forgácsolósebessége korlátozott, ezért a forgácsolósebesség befolyása a forgácsolóerőkre és a fajlagos forgácsolási ellenállásra kevésbé jelentős. Kétségtelen, hogy kisebb forgácsolósebesség esetén is érezhető hatását a sebességváltozás, de ez elhanyagolható. Keményfém szerszámmal azonban olyan nagy forgácsolósebességet érhetünk el, amikor a forgácsolóerő változását már nem lehet figyelmen kívül hagyni.

Ezt a kérdést jól megvilágítják a szerző vezetésével az 1950-es évek elején a Vasipari Kutató Intézetben végzett kísérletek. Ezek annyiban térnek el a szakirodalomban ismertett kísérletektől, hogy az összefüggéseket nemcsak egyetlen előtolással, azaz forgácsolósebességgel végezték, hanem különféle forgácsolósebességgel.



122. ábra. A fő forgácsolóerő változása a forgácsolósebesség függvényében négy különböző előtolással és $f=4$ mm fogásmélység esetén:

Szerszám: [kettős homlokszögű keményfém esztergákés; $\gamma_2 = -5^\circ$; $\gamma_3 = +15^\circ$; $\alpha = 90^\circ$; $\alpha = 6^\circ$; $\tau = 6^\circ$; $r = 0,4$ mm. Anyag: $\delta_B = 73,2$ kp/mm² szakítószilárdságú lágyított, szemcsés perlitcs gyengén ötvözött C = 0,95 % széntartalmú acél

hanem különféle forgácsolósebességgel. Ekkor kitudt, hogy a forgácsolóerő változása nemcsak a forgácsolósebességtől függ, hanem a forgácsolósebességtől is.

A fő forgácsolóerő változását a 122. ábra szemlélteti, míg az ebből kiszámított fajlagos forgácsolási ellenállás változása a 123. ábrán látható a forgácsolósebesség függvényében.

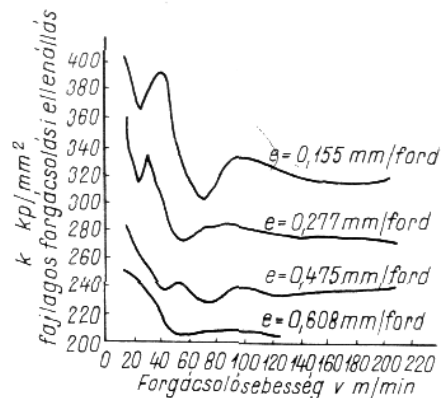
A keményfém esztergákéses kísérleteket négyféle előtolással végeztük: $e=0,155$; $0,277$, $0,475$ és $0,607$ mm/ford. Minthogy a α homlokszög 90° , így az előtolás értékei a forgácsolósebesség értékeivel egyenlők. A homlokszög ún. kettős kialakítású, mert a kés nagyobb előtolással nem bírta volna ki a terhelést.

A 15...204 m/min forgácsolósebességet gyorsacél kés természetesen nem bírta volna ki, sőt a legnagyobb forgácsolósebességgel a keményfém kés is csak 128 m/min-ig bírta.

Az ábrákon látható, hogy a fő forgácsolóerő, ill. a fajlagos forgácsolási ellenállás kezdetben kis sebességnél magasán indul, és a kezdeti hullámzások után jut nyugalmi állapotba. Igen lényeges, hogy kezdetben ez a hullámzás valóban fellép, és helytelen, hogy egyes kutatók ezt a hullámzást egyenletesen csökkenő görbével helyettesítették. Ez magyarázza a 121. ábrán az E homlokmarónál az eltéréseket két különböző, egymástól kevésbé eltérő sebesség esetén.

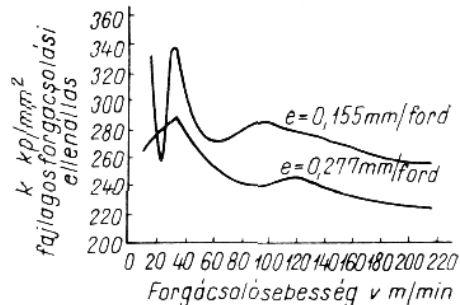
Igen fontos annak a felismerése is, hogy minél nagyobb a forgácsolósebesség, annál hamarabb, azaz kisebb sebességen következik be a fő forgácsolóerő és a fajlagos forgácsolási ellenállás görbéjének nyugalmi állapota. Ez a 0,608 mm forgácsolósebesség esetén már $v=40$ m/min körül beáll, míg a kis, 0,155 mm-es forgácsolósebesség esetén csak 120...140 m/min körül. Ezt úgy értelmezzük, hogy a görbe nyugalmi állapota a forgács és szerszámhomloklap közötti bizonyos hőmérsékleten következik be. Vastagabb forgács előbb melegszik fel erre a hőmérsékletre.

A 122. és 123. ábrán a kettős homlokszögű élkiképzés miatt kisebb sebességnél nem mutatkozott olyan nagy eltérés, mint a 121. ábrán az E homlokmaróval. De ha a homlokszög — mint a gyorsacél szerszámoknál szokásos — 14° (nem kettős homlokszög),

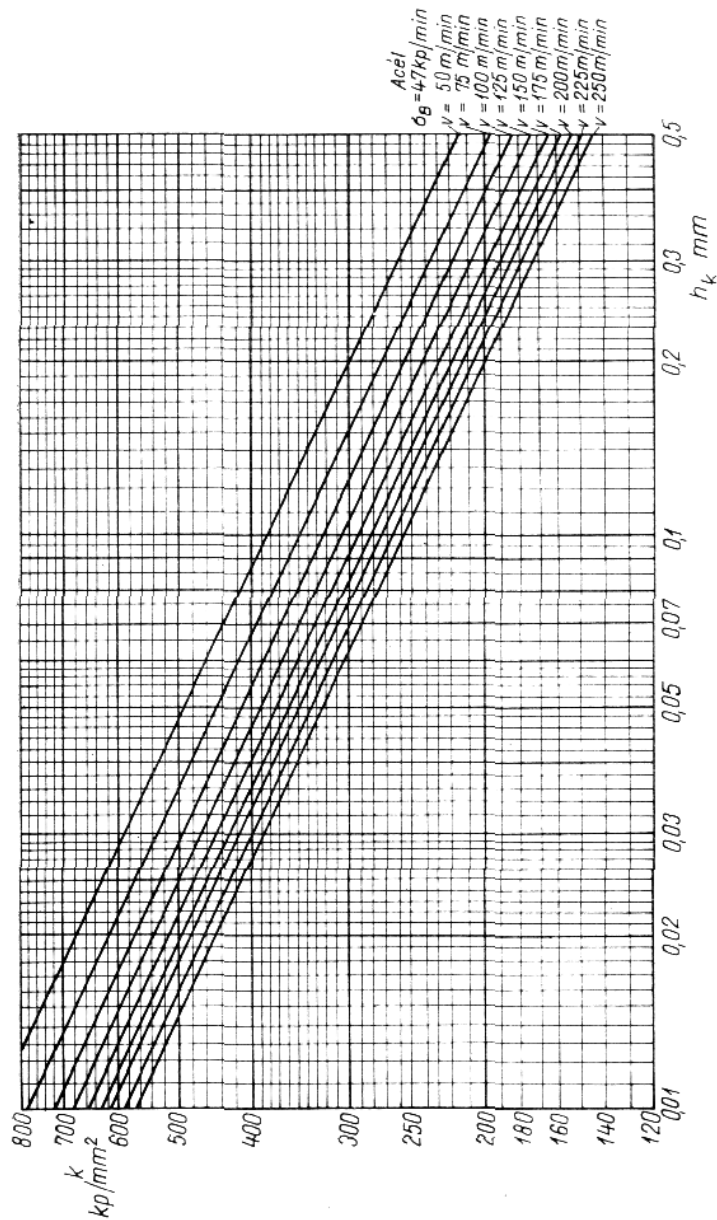


123. ábra. A fajlagos forgácsolási ellenállás változása a forgácsolósebesség függvényében. A forgácsolási viszonyok megegyeznek a 122. ábra forgácsolási viszonyaival

123. ábra. A fajlagos forgácsolási ellenállás változása a forgácsolósebesség függvényében. A forgácsolási viszonyok megegyeznek a 122. ábra forgácsolási viszonyaival



124. ábra. A fajlagos forgácsolási ellenállás változása a forgácsolósebesség függvényében két különböző előtolással $f=4$ mm fogásmélység esetén. Az esztergákés homlokszöge $\gamma=+14^\circ$, a többi adat megegyezik a 122. ábra adataival



125. ábra. A fajlagos forgácsolási ellenállás értékei. A 42 minőségű 47 kp/mm² szakítószilárdságú acél keményfém betétkéses marófejjel végzett homlokmaráskor a h_k közepes forgácsvastagság függvényében, különböző forgácsolósebesség esetén

akkor a gyorsacélokhöz alkalmazott sebességnél igen lényeges erőhullámzás mutatható ki (124. ábra). Itt már kimutatható a 26%-os eltérés a 24,1 és 29,7 m/min forgácsolósebesség között.

A nagy fogferdeségű marók igen egyenletes fajlagos forgácsolási ellenállásértékei (121. ábra) azt bizonyítják, hogy ez esetben nincs olyan erőingadozás, mint homlokmaráskor. Ezt azzal lehet indokolni, hogy bár az egyes marófogak a forgácsiívzögnek megfelelő elfordulás alatt nulla forgácsvastagságtól a legnagyobb forgácsvastagságig dolgoznak, egyszerre több fog dolgozik, ezért az erőhullámzás nem következik be.

A keményfémbetétes homlokmarók viszont már olyan nagy sebességgel dolgoznak, hogy azoknál beáll a stabil állapot.

A forgácsolósebesség befolyása a fő forgácsolóerőre homlokmaró esetén. A vizsgálatokhoz ugyanazt az A 42 minőségű, 47 kp/mm² szakítószilárdságú acélt használtuk, mint a 121. ábrán ismertetett kísérletekhez, de keményfémbetétes marófejjel dolgoztunk. A marófej jellemzői: $D=148,5$ mm; $\gamma_n = -10^\circ$; $\gamma_t = -10^\circ$; $\alpha=90^\circ$; $r=0,5$ mm. A keményfém lapka minősége P20 (régii B). Ezt a marófejet jelöljük F-fel.

Ezzel a marófejjel a fajlagos forgácsolási ellenállás értékeit hat különböző forgácsolósebességre határoztuk meg: $v=55$; 88,6; 109,5; 140; 175 és 221,5 m/min. A 125. ábrán látható, hogy $h_k=0,03$ mm-nél 55 m/min sebesség esetén $k=600$ kp/mm², míg a legnagyobb 221,5 m/min sebesség esetén $k=420$ kp/mm². A két érték között igen jelentős, 43% különbség van. Nagyobb közepes forgácsvastagságnál ez a különbség kissé csökken, pl. $h_k=0,2$ mm-nél 40%.

Hasonlítsuk össze ezeket az adatokat az E gyorsacél betétkéses marófejjel kapott értékekkel. Az E marófejjel ugyancsak $h_k=0,03$ mm-nél $v=29,7$ m/min sebesség esetén $k=420$ kp/mm², de már $v=24,1$ m/min esetén $k=500$. A $h_k=0,2$ mm-nél az E marófej mindkét sebesség esetén $k=235$ kp/mm², ezzel szemben az F keményfémbetétes marófej a legnagyobb $v=221,5$ m/min sebesség esetén $k=215$ kp/mm²-tel dolgozik. Ez azt jelenti, hogy a kereken nyolcszoros sebességgel dolgozó keményfém kiegyenlíti, ill. túlszárnyalja azt a hátrányt, amit a két szerszám közötti 24°-os homlokszög-különbség a gyorsacél javára okozott. Az azonos fajlagos forgácsolási ellenállásértéket $v=175$ m/min sebesség esetén érjük el. A kezdeti megközelítő számításaink során azért nem vettük figyelembe a keményfém és gyorsacél szerszámok közötti különbséget, mert amit a keményfém maráskor nagyobb sebessége révén nyerünk, azt elveszítjük a kedvezőtlenebb homlokszög miatt.

5.7. A fajlagos forgácsolási ellenállás értékei különböző szilárdságú acélokra

Az előzőkben ismertetett kísérletekből megállapítottuk a fajlagos forgácsolási ellenállás értékeit a közepes forgácsvastagság függvényében. Minthogy más szilárdságú acélokra nincsenek hasonló pontosságú kísérleti adatok, ezért a rendelkezésre álló adatokat kell átszámítanunk különböző szilárdságú acélananyagokra.

Ezért először meg kell határoznunk a 121. ábra adataiból az összefüggéseket háromféle szögkiképzésű palástmaróra:

$$\gamma_n = 27^\circ\text{-os } A \text{ maróra: } k = \frac{128}{h_k^{0,204}} \text{ kp/mm}^2;$$

$$\gamma_n = 15^\circ\text{-os } B \text{ maróra: } k = \frac{143}{h_k^{0,207}} \text{ kp/mm}^2;$$

$$\gamma_n = 8^\circ\text{-os } C \text{ maróra: } k = \frac{172}{h_k^{0,212}} \text{ kp/mm}^2.$$

A $\sigma_B = 75 \text{ kp/mm}^2$ szakítószilárdságú acélra az átszámítást a szovjet kísérletek alapján végezzük a K_m anyagminőség-helyesbítő tényező meghatározásával. A kísérletek szerint 55 kp/mm^2 szakítószilárdság alatt a szilárdság függvénye megtörik, ezért más hatványkitevővel kell számolni. Ha x -szel jelöljük az átszámítandó szilárdságot (amely 55-nél nagyobb) és z -vel a kiindulási szakítószilárdságot (amely 55-nél kisebb), akkor az anyagminőség helyesbítő tényezője:

$$K_m = \left(\frac{x}{55}\right)^{0,75} \left(\frac{55}{z}\right)^{0,35}; \quad (5.49)$$

behelyettesítve:

$$K_m = \left(\frac{75}{55}\right)^{0,75} \left(\frac{55}{47}\right)^{0,35} = 1,261 \cdot 1,0565 = 1,33.$$

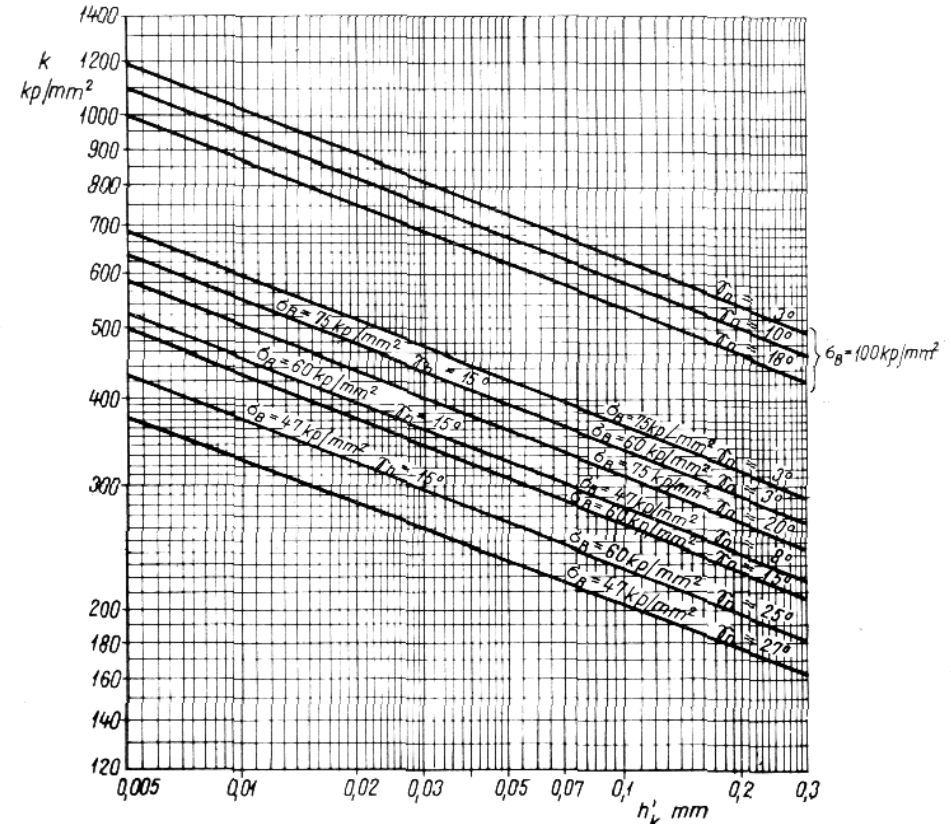
Mielőtt ezzel a tényezővel megszoroznánk a C marónak 172-es állandóját, a nagyobb biztonság kedvéért ezt számítsuk át $\gamma_n = 3^\circ$ -ra. A 47 kp/mm^2 szakítószilárdságú acélra — mint előzőleg megállapítottuk — kísérleti körülmények között a homlokszög fokenkénti csökkentésével a kerületi erő 1,5%-kal nő. Így a szorzó 5° -ra 1,075. Elvégezve a szorzást: $172 \cdot 1,33 \cdot 1,075 = 246$. Ezzel megkaptuk a már ismert (1.14) képletünket, azzal a kiegészítéssel, hogy ha pontosan akarunk számolni, a képlet $\gamma_n = 3^\circ$ -ra vonatkozik. A biztonság kedvéért a továbbiakban egységesen a nagyobb 0,212 hatványkitevőt használjuk.

Az (5.48) képletből meghatározva a $\sigma_B = 75 \text{ kp/mm}^2$ szakítószilárdságú acélra a fő forgácsolóerő változása fokenként 1,3%. Ezzel meghatározhatjuk a fajlagos forgácsolási ellenállás értékeit $\gamma_n = 15^\circ$ és 20° -ra is:

$$\gamma_n = 15^\circ\text{-ra: } k = \frac{207}{h_k^{0,212}} \text{ kp/mm}^2; \quad (5.50)$$

$$\gamma_n = 20^\circ\text{-ra: } k = \frac{191}{h_k^{0,212}} \text{ kp/mm}^2. \quad (5.51)$$

A számítás meggyorsítására a 126. ábrán felrajzoltuk e három összefüggést diagramban is, és a teljesség kedvéért ugyancsak három homlok-



126. ábra. A fajlagos forgácsolási ellenállás meghatározása a h'_k közepes forgácsvastagság függvényében különböző homlokszögű, nagy fogferdeségű palástmarókkal

szögre a 60 és 100 kp/mm² szakítószilárdságú acélokra is a következő összefüggéseket:

$\sigma_B = 60$ kp/mm² szakítószilárdságú acélra:

$$\gamma_n = 3^\circ\text{-ra: } k = \frac{208}{h_k^{0,212}} \text{ kp/mm}^2; \quad (5.52)$$

$$\gamma_n = 18^\circ\text{-ra: } k = \frac{163}{h_k^{0,212}} \text{ kp/mm}^2; \quad (5.53)$$

$$\gamma_n = 25^\circ\text{-ra: } k = \frac{142}{h_k^{0,212}} \text{ kp/mm}^2. \quad (5.54)$$

$\sigma_B = 100$ kp/mm² szakítószilárdságú acélra:

$$\gamma_n = 3^\circ\text{-ra: } k = \frac{385}{h_k^{0,212}} \text{ kp/mm}^2; \quad (5.55)$$

$$\gamma_n = 10^\circ\text{-ra: } k = \frac{358}{h_k^{0,212}} \text{ kp/mm}^2; \quad (5.56)$$

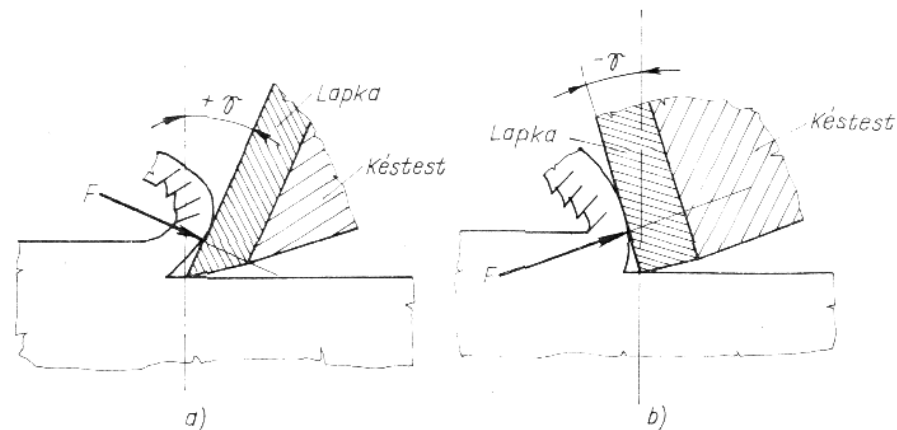
$$\gamma_n = 18^\circ\text{-ra: } k = \frac{327}{h_k^{0,212}} \text{ kp/mm}^2. \quad (5.57)$$

Így a gyakorlatban előforduló különféle minőségű acélokra meg tudjuk határozni a fajlagos forgácsolási ellenállást a homlokszög figyelembevételével. Ebből már kiszámíthatjuk a kerületi erőt és a tiszta forgácsolási teljesítményt is lényegesen nagyobb pontossággal, amikor a nagy ferdeségű palástmaróval dolgozunk. De ugyanezeket a képleteket használhatjuk a kis ferdeségű maróknál is.

A fajlagos forgácsolási ellenállás értékei a közepes forgácsvastagság és a forgácsolósebesség függvényében. A 125. ábrán ismertettük a fajlagos forgácsolási ellenállás értékeit a közepes forgácsvastagság és a forgácsolósebesség függvényében 47 kp/mm² szakítószilárdságú acélra. A kísérleti értékeket mind normális, mind a tengelyirányú homlokszög negatív, -10° -os kiképzésével kaptuk.

E kísérletek során azért dolgoztunk negatív homlokszöggel, mert a jelenlegi keményfémek hajlítózilárdsága igen kicsi. Ha a homlokszög pozitív, akkor az él — mint a 127a ábrán látjuk — hajlító igénybevételt szenved. Ezt a gyorsacél kibírja, mert mind a hajlító- mind a szakítószilárdsága edzett állapotban kb. 300 kp/mm². Nyomószilárdsága természetesen még ennél is nagyobb. Ezzel szemben még a különleges minőségű keményfém hajlító- és szakítószilárdsága is csak 100...150 kp/mm²,

nyomószilárdsága pedig 400...600 kp/mm². A forgácsolásra kiválóan alkalmas rendkívül kopásálló keményfémek hajlítózilárdsága a kisebb érték felé tart. Nagyobb életterheléskor a pozitív homlokszögű keményfém éle letörik, ezért képezzük ki a keményfém szerszámokon negatív homlokszöveget. Ez esetben az él nyomó igénybevételnek van kitéve (127. ábra).



127. ábra. A szerszám igénybevétele: a pozitív és b negatív homlokszöggel

A szakirodalom már ismertetett olyan keményfémeket, amelyeknek a hajlítózilárdsága eléri a 180 kp/mm² értéket nagy keménység és kopásállóság mellett. Ilyen keményfémekkel keményebb acélt is lehet pozitív homlokszöggel forgácsolni, törés veszélye nélkül, de ilyen minőségű keményfém Magyarországon még nem kapható. Ebből a szempontból a legkedvezőbb hazai keményfém a titán-karbid bevonatú kettős homlokszög-kiképzésű lapka.

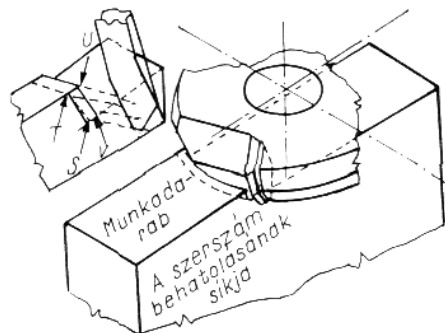
A keményfém esztergakésre is negatív homlokszöveget képezzük ki, de a keményfém betétkések igénybevétele homlokmarás esetén a belépéskor keletkező ütközés miatt még fokozottabb. Ezért a keményfém betétkéseket a kettős negatív homlokszöggel képezzük ki, mert ez esetben a betétkés nem a csúcsával, hanem a lapjával ütközik belépéskor az anyagba.

A marófog lapjának anyagba hatolását a 128. ábra szemlélteti. Ha a leválasztandó, alakváltozást még nem szenvedett, paralelogramma alakú forgács sarkait *STUV* betűkkel jelöljük, akkor az él homlokfelülete az elhelyezése és a munkadarabhoz viszonyított helyzete szerint a négy pont valamelyikén ütközik az anyagnak. Nyilvánvaló, hogy az *S* pont a legkedvezőtlenebb, mert ekkor az él csúcsa ütközik

belépéskor. A T pontban valamivel kedvezőbb a helyzet, mert az él homloklafületének a csúcstól távolabbi pontján ütközik, de az ismételt igénybevételek miatt az él még mindig kitöredezhet. A V pontban az ütközés a mellékélen következik be, tehát még itt is kitöredezhet az él.

A legkedvezőbb a helyzet az U pontban ütközéskor, mert az a homloklafület belső részén történik.

Kronenberg kísérletei igazolták, hogy ugyanazon munkadarab marása esetén azonos körülmények között, ha az ütközési pont változik, az éltartam értékei is megváltoznak. Kísérleteivel kimutatta, hogy ha a marófog az U pontban ütközik, a szerszám éltartama 70%-kal nagyobb még a V pontban való ütközésnél is. Ha a marófog az S és T pontban



128. ábra. A maróél lapjának ütközési pontjai, amikor az anyagba belép

ütközik az anyaggal, az éltartam még kedvezőtlenebb.

Az U pontban való ütközést úgy érjük el, hogy mind a sugárirányú, mind a tengelyirányú homlokszöveget negatívra képezzük ki. Ilyen esetben általában az ütközés nem a keményfémlepkára élén, hanem a homloklafületén jön létre.

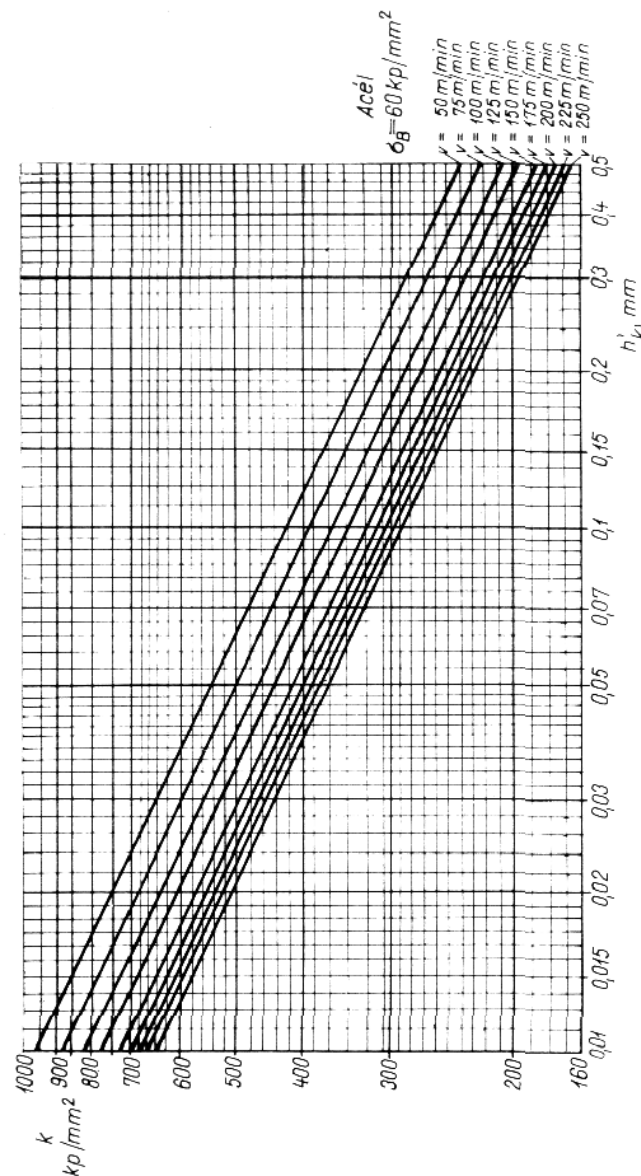
Számítsuk át az előző példák adatait különféle minőségű acélokra. A 125. ábrán látható kísérleti eredményekből indulunk ki. A kísérletekhez felvett adatok a kettős logaritmikus skálán egyeneseket adtak, így igen alkalmasak az átszámításra.

Külön hangsúlyozzuk, hogy a forgácsolósebesség növelésével csak acélok forgácsolásakor csökken a forgácsolóerő, öntöttvas esetén nem. Ezért öntöttvas forgácsolásakor csak a homlokszög növelésével fellépő elég mérsékelt forgácsolóerő és fajlagos forgácsolási ellenállás csökkenésével számolhatunk.

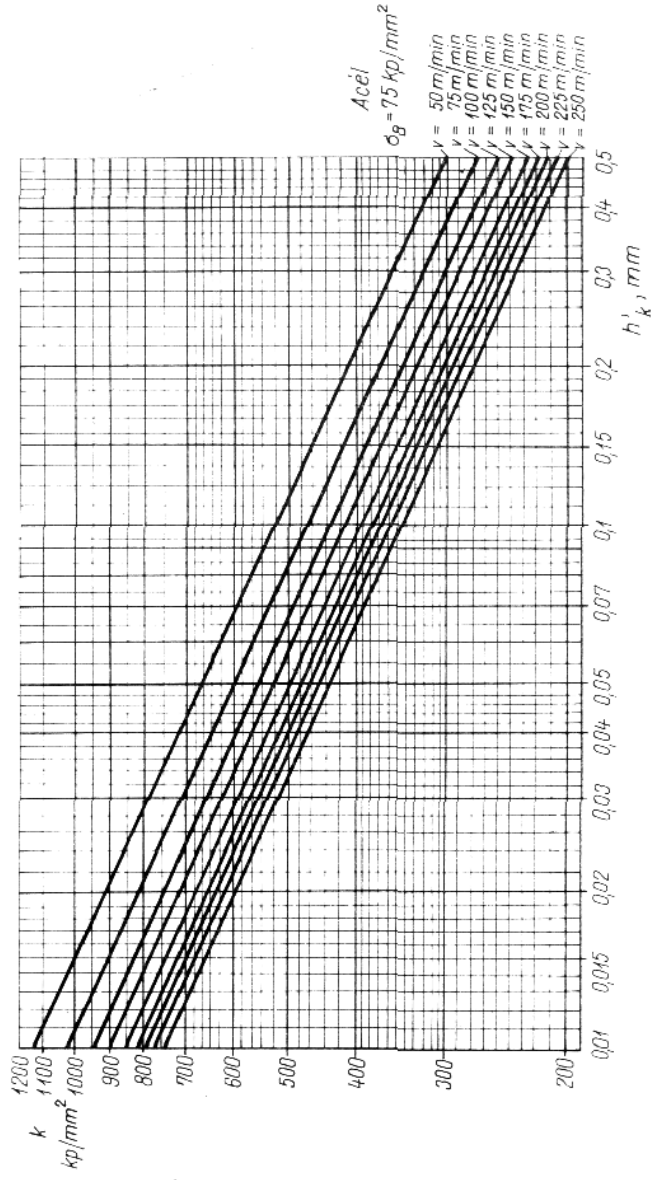
A különböző szilárdságú acélok megmunkálásakor a forgácsolósebesség befolyásakor a fajlagos forgácsolási ellenállásra a közepes forgácsvastagság befolyását is figyelembe kell venni. Tehát az összefüggés két változós, mint ez a 125. ábrán is látható.

Az ábra adatai alapján a 47 kp/mm² szakítószilárdságú acélra a következő összefüggés érvényes:

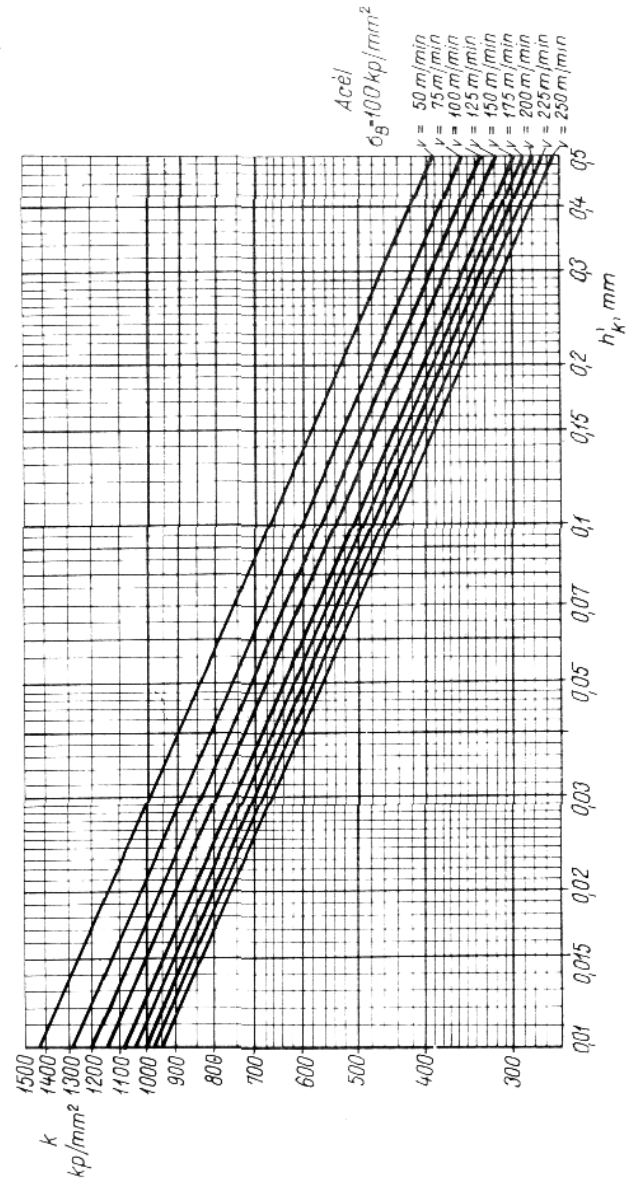
$$k = \frac{450}{v^{0,25} h_k^{0,354}} \text{ kp/mm}^2; \quad (5.58)$$



129. ábra. A fajlagos forgácsolási ellenállás értékei a h_k közepes forgácsvastagság függvényében $\sigma_B = 60 \text{ kp/mm}^2$ szakítószilárdságú acélra, különböző forgácsolási sebességek esetén



130. ábra. A fajlagos forgácsolási ellenállás értékei a h'_k közepes forgácsvastagság függvényében $\sigma_B = 75 \text{ kp/mm}^2$ szakítószilárdságú acélra, különböző forgácsolósebességek esetén



131. ábra. A fajlagos forgácsolási ellenállás értékei a h'_k közepes forgácsvastagság függvényében $\sigma_B = 100 \text{ kp/mm}^2$ szakítószilárdságú acélra, különböző forgácsolósebességek esetén

$\gamma_s = -10^\circ$; $\gamma_t = -10^\circ$; $\alpha = 90^\circ$; $r = 0,5$ mm és P20 minőségű keményfém esetén.

Egyelőre a homlokszög befolyását a fajlagos forgácsolási ellenállásra figyelmen kívül hagyjuk, de azt a tényt, hogy a nagyobb keménységű acéloknál a közepes forgácsvastagság hatványkitevője csökken, figyelembe vesszük.

Ezek előrebocsátásával adjuk meg a következőkben a különböző szakítószilárdságú acélokra a már ismertetett átszámítással a fajlagos forgácsolási ellenállás adatait a h'_k és v függvényében. A $\sigma_B = 45 \dots 47$ kp/mm² szakítószilárdságú acélra már a 125. ábra és az (5.58) képlettel megadtuk.

A könnyebb használhatóság kedvéért a képleteken kívül diagramot is közlünk.

$\sigma_B = 60$ kp/mm² szakítószilárdságú acélra (129. ábra):

$$k = \frac{519}{v^{0,25} h_k^{0,347}} \text{ kp/mm}^2 \quad (5.59)$$

$\sigma_B = 75$ kp/mm² szakítószilárdságú acélra (130. ábra):

$$k = \frac{627}{v^{0,25} h_k^{0,34}} \text{ kp/mm}^2 \quad (5.60)$$

$\sigma_B = 100$ kp/mm² szakítószilárdságú acélra (131. ábra):

$$k = \frac{834}{v^{0,25} h_k^{0,33}} \text{ kp/mm}^2 \quad (5.61)$$

A diagramból két jelölt sebesség közé eső sebességet interpolálással kaphatjuk meg.

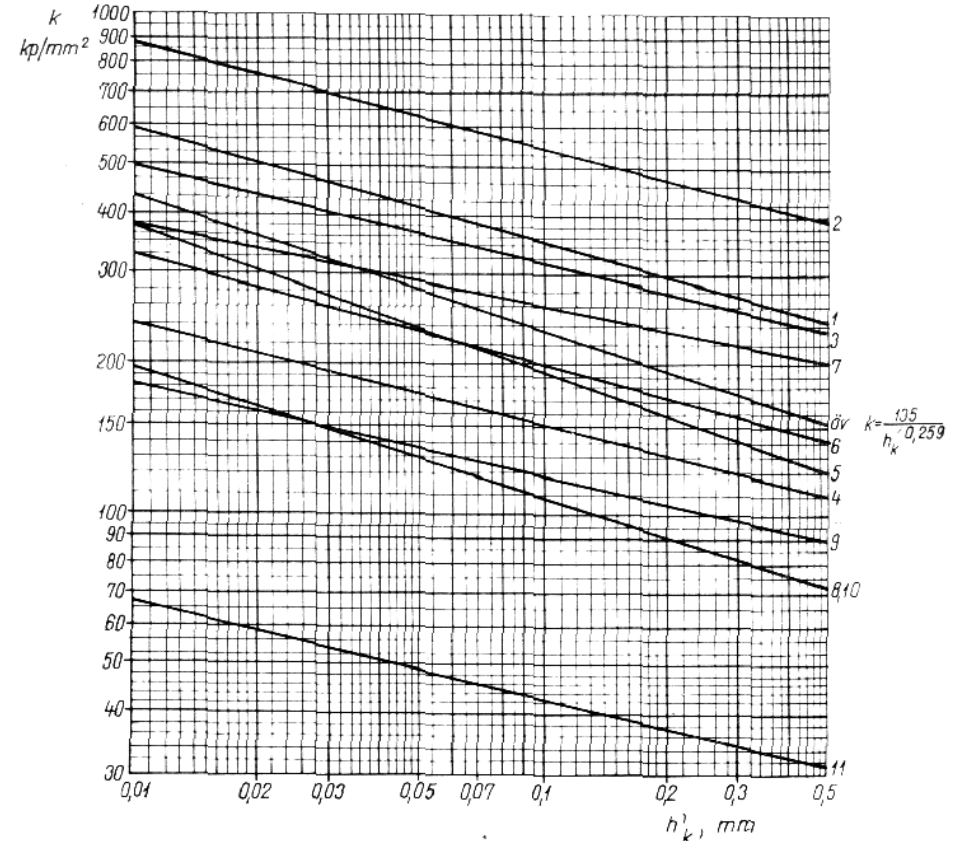
5.8. Különböző anyagok fajlagos forgácsolási ellenállása

A forgácsolási ellenállás értékei különleges acélokra vagy acélanyagokra nem egységesek, különösen a kis forgácsvastagságok esetén térnek el. Ezzel kapcsolatban utalunk az 5.9. alfejezetre, amelyben a kopás hatásával foglalkozunk a fajlagos forgácsolási ellenállásra. Ez a közepes forgácsvastagság kis értékeinél igen számottevő. Ezért az elfogadott kiindulási értékeket nem tekinthetjük minden szempontból teljesen megbízhatónak, hanem csupán tájékoztató adatoknak.

Kienzle az adatokat táblázatba foglalva a közepes forgácsvastagság függvényében adta meg $h_k = 0,063, 0,1, 0,16, 0,25, 0,4$ és $0,63$ mm-re a fajlagos forgácsolási ellenállás adatait. Figyelembe vette az elhelyezési szög $45^\circ, 60^\circ$ és 90° változatait is, mert a betétkéses marófejek ilyen elhelyezési szögekkel készülnek. Az adatai acélanyagoknál $\gamma = 6^\circ$ -ra, öntöttvasnál $\gamma = 2^\circ$ -ra vonatkoznak.

A táblázatba foglalt adatok kettős logaritmikuskálán jó közelítéssel egy egyenesbe esnek, így azok exponenciális összefüggéseit könnyen meg lehet határozni, s a szerző átalakította a már eddig is használt exponenciális képletekre.

Ez lehetővé teszi, hogy bármely közepes forgácsvastagságra meghatározassuk a fajlagos forgácsolási ellenállás adatait, de a gyors meghatározáshoz a 132. ábrán diagramban is közöljük néhány anyagra



132. ábra. A fajlagos forgácsolási ellenállás értékei a h'_k közepes forgácsvastagság függvényében különböző anyagokra:

1 CrMo 135 acél lágyítva $\sigma_B = 60$ kp/mm²; 2 kemény manganacél; 3 kéregöntvény, HRC=45; 4 Öv. 14 HB=200 kp/mm²; 5 Öv. 26 HB=200...250 kp/mm²; 6 fehér és fekete temperöntvény; 7 bronzöntvény; 8 vörösoöntvény; 9 sárgaréz HB=80...120 kp/mm²; 10 alumíniumöntvény; 11 magnéziumöntvény. Az ábrán megadott értékek acél esetén $\gamma = 6^\circ$, öntöttvas esetén $\gamma = 2^\circ$ -ra vonatkoznak. Ettől eltérő homlokszögű szerszámokhoz helyesbítés szükséges. Acéloknál az (5.48) képlet szerint, míg öntöttvas jellegűeknél 0,7% fajlagos forgácsolási ellenállás csökkentést jelent és fordítva

a fajlagos forgácsolási ellenállás értékeit a közepes forgácsvastagság függvényében. Itt meg kell jegyezni, hogy ferdefogú maró esetén a tényleges közepes forgácsvastagsággal, tehát h_k' -val kell számolni.

Különleges acélokra, ill. nem acélanyagokra a következő összefüggések érvényesek:

CrMo 135 lágyítva $\sigma_B = 60 \text{ kp/mm}^2$;

$$k = \frac{223}{h_k^{0,211}} \text{ kp/mm}^2. \quad (5.62)$$

Kemény manganacél

$$k = \frac{335}{h_k^{0,209}} \text{ kp/mm}^2. \quad (5.63)$$

Kéregöntvény HRC 40

$$k = \frac{205}{h_k^{0,194}} \text{ kp/mm}^2. \quad (5.64)$$

Öv. 14 HB 200-ig

$$k = \frac{94,5}{h_k^{0,204}} \text{ kp/mm}^2. \quad (5.65)$$

Öv. 26 HB 200...250

$$k = \frac{115}{h_k^{0,259}} \text{ kp/mm}^2. \quad (5.66)$$

Tö. fehér és fekete

$$k = \frac{119}{h_k^{0,229}} \text{ kp/mm}^2. \quad (5.67)$$

Bronzöntvény

$$k = \frac{177,5}{h_k^{0,167}} \text{ kp/mm}^2. \quad (5.68)$$

Vörösöntvözet

$$k = \frac{63,4}{h_k^{0,245}} \text{ kp/mm}^2. \quad (5.69)$$

Sárgaréz HB 80...120

$$k = \frac{78}{h_k^{0,245}} \text{ kp/mm}^2. \quad (5.70)$$

Alumíniumöntvény HB 30...42

$$k = \frac{63,4}{h_k^{0,245}} \text{ kp/mm}^2. \quad (5.71)$$

Magnéziumöntvözet

$$k = \frac{27,4}{h_k^{0,195}} \text{ kp/mm}^2. \quad (5.72)$$

Ezeket az adatokat esztergálási kísérlettel, tehát kötött forgácsolással állapították meg, ezért homlokmarásra jól alkalmazhatók. Palástmarás esetére alkalmazva, pontos számításoknál a szabadforgácsolást figyelembe véve, a képletek számlálóiában levő állandók 6%-kal csökkentendők. A 132. ábrán leolvasott értékek ugyancsak 6%-kal csökkentendők.

5.9. A forgácsolólél kopásának befolyása a fő forgácsolóerőre és a fajlagos forgácsolási ellenállásra

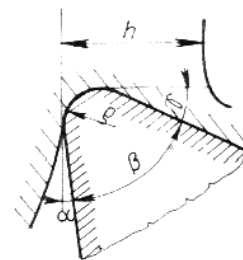
Ha a forgácsolási szerszám életét vizsgáljuk, meggyőződhetünk, hogy a valóságban nincs geometriailag tökéletes, ún. abszolút él. Ha az élről merőleges metszetet készítünk és azt kinagyítjuk, a leggondosabban élezett szerszámmélen is megállapítható bizonyos ρ görbületi sugár.

Forgácsolás szempontjából egyáltalán nem közömbös, hogy ehhez a ρ görbületi sugárhoz képest mekkora a leválasztandó forgács h vastagsága.

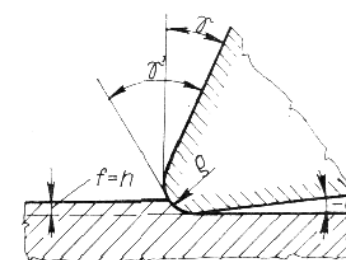
A h és ρ hányadosa az élességi viszony (133. ábra):

$$\zeta = \frac{h}{\rho}.$$

Az ábrán látható, hogy ha $\zeta < 1$, akkor már forgácsolási nehézségek lépnek fel még nagyon gondosan élezett szerszámmal is (l. a 134. ábrát).



133. ábra.
Az élességi viszony



134. ábra. Különösen vékony forgács leválasztása

Ezekre a körülményekre különösen a vékony forgáccsal dolgozó palástmaráskor kell figyelniük. Mint említettük, ilyenkor ellenirányú marás esetén a maróél nulla forgácsvastagságnál hatol be az anyagba. Az él a görbületi sugara következtében először lefelé nyomja a munkadarabot, és csak amikor már a gép—munkadarab—szerszám rendszer

merevségéből származó alakváltozási ellenállás eléggé megnőtt, akkor hatol az anyagba. Természetesen minél nagyobb az él görbületi sugara (vagyis minél tompább az él), annál nagyobb erő kell az anyagba hatáshoz.

Legkedvezőtlenebb a helyzet, ha egyenesélű palástmaróval dolgozunk, mert ez esetben az él görbületi sugara a marás teljes szélességén feje ki a nyomást, és igen nagy ellennyomás kell, hogy az él az anyagba hatolhasson.

Még gyémántkoronggal élezett keményfém lapkák éleinek a lekerítési sugara is 10...20 μm . A bór-karbid szemcsével tükrösített (leppelt) keményfém lapkák élein 8...10 μm lekerítési sugár mérhető.

A még leválasztható legkisebb forgácsvastagságot igen jól élezett gyorsacél szerszámmal 3...4 μm -re lehet becsülni, ez $\zeta=0,3...0,4$ éleségi viszonyoknak felel meg.

A leválasztható legkisebb forgácsvastagság nagymértékben függ a forgácsolósebességtől is. Lágycélról $v=180...210$ m/min esetén finoman élezett keményfém éllel 2 μm vastag forgácsot is le lehet választani. Köszőrüléskor a szemcsének mintegy 10 μm görbületi sugarával 0,1 μm vastag forgácsot lehet leválasztani 1800 m/min (30 m/s) forgácsolósebességgel.

Ezek azonban a forgácsolás kezdeti állapotára jellemzők, ha a szerszám éle tompul, jelentősen megváltoznak. Az eddig számított forgácsolóerő és fajlagos forgácsolási ellenállásértékek éles szerszámra vonatkoztak. A munka folyamán azonban a szerszám éle állandóan tompul, és ennek következtében a fő forgácsolóerő, ill. maráskor a kerületi erő állandóan növekszik. Ezért meg kell állapítanunk, hogy a különféle marási módok és változatok között mekkora az él tompulása miatt bekövetkező erőnövekedés.

Ha például R3 gyorsacél esztergakéssel 0,40% C-tartalmú $\sigma_B=60$ kp/mm² szakítószilárdságú acélt esztergálunk, akkor $f=1,5$ mm, $e=0,151$ mm/ford és $v=15,6$ m/min forgácsolási viszonyok esetén a forgácsolóél görbületi sugara a következőképpen alakul:

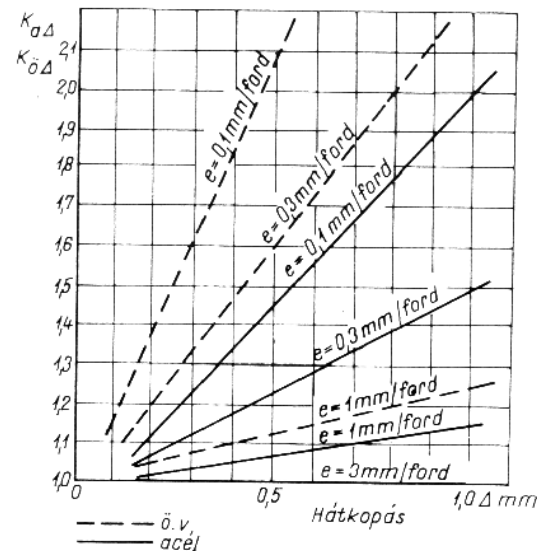
- 1 perc forgácsolás után $\rho = 37 \mu\text{m}$;
- 3 perc forgácsolás után $\rho = 45 \mu\text{m}$;
- 10 perc forgácsolás után $\rho = 80 \mu\text{m}$;
- 30 perc forgácsolás után $\rho = 90 \mu\text{m}$.

A kiindulási viszonyokból tapasztalati alapon megállapították, hogy a hátkopás még az utolsó harminc perc után sem lehet 0,1 mm-nél lényegesen nagyobb. A görbületi sugár változását ugyanis át kell számítani külön hátkopásra, mert a forgácsolási gyakorlatban az éltartamot, különösen kis forgácsvastagság esetén, a hátkopásból állapítjuk meg.

Az éltompulásból eredő forgácsolóerő növekedését esztergálási

kísérletek alapján a 135. ábrán ismertetjük. Az öntöttvas koptató hatása lényegesen nagyobb, mint az acélé. 0,1 mm/ford előtolásnál 0,5 mm hátkopás már 2,1-szeres forgácsolóerő-növekedést okoz, míg acél esetén csak 1,45-szöröst.

0,3 mm/ford előtolásnál az erőnövekedés ugyancsak 0,5 mm hátkopás következtében 1,6-szeres, míg acél esetén 1,23-szoros; 1 mm/ford előtolásnál pedig a szorzószámok 1,12, ill. 1,07. Ez azonban már olyan forgácsvastagságnak felel meg, ami maráskor nem fordul elő. Ezek a számok világosan mutatják, hogy a forgácsvastagság növekedésével az erő növekedése nem tart lépést.



135. ábra. A fajlagos forgácsolási ellenállás, ill. a forgácsolóerő növekedése a Δ hátkopás és az előtolás függvényében acél és öntöttvas megmunkálása-kor Institut für Werkzeugmaschinen (Karl-Marx-Stadt) Lippold szerint

A forgácsolóerő helyesbítő tényezője a hátkopás függvényében. A 135. ábrán ismertetett adatok felhasználásával az $e=0,1$ és 0,3 mm/ford, ill. forgácsvastagságokra alapozva összefüggéseket lehet levezetni külön öntöttvasra és külön acélra.

A 135. ábra adataiból a fő forgácsolóerőre, ill. a fajlagos forgácsolási ellenállásra a helyesbítő tényező értékeit a Δ hátkopás és a közepes

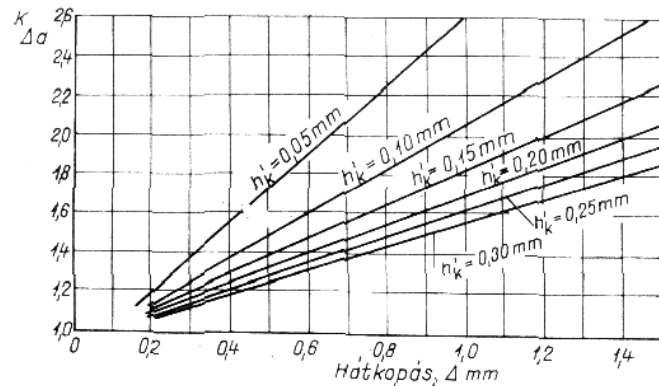
forgácsvastagság függvényében acél forgácsolásokor a következő egyenlet adja:

$$K_{da} = 1 + \frac{0,289}{h_k^{0,59}} (\Delta - 0,1), \quad (5.73)$$

Öntöttvas forgácsolásokor pedig:

$$K_{d\bar{o}} = 1 + \frac{0,659}{h_k^{0,567}} (\Delta - 0,05), \quad (5.74)$$

Ezeket a gyorsacél szerszámokra vonatkozó adatokat a számítás megkönnyítésére diagramban is ábrázoltuk (136. és 137. ábra).



136. ábra. Helyesbítő tényező értékei a Δ hátkopás és a közepes forgácsvastagság függvényében, acél marásakor

A fenti megfontolás alapján levezetett képletek közül az (5.73)-at a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem gépgyártástechnológiai tanszékének a kutatói ellenőrizték és a mérési pontosság határain belül megfelelőnek találták.

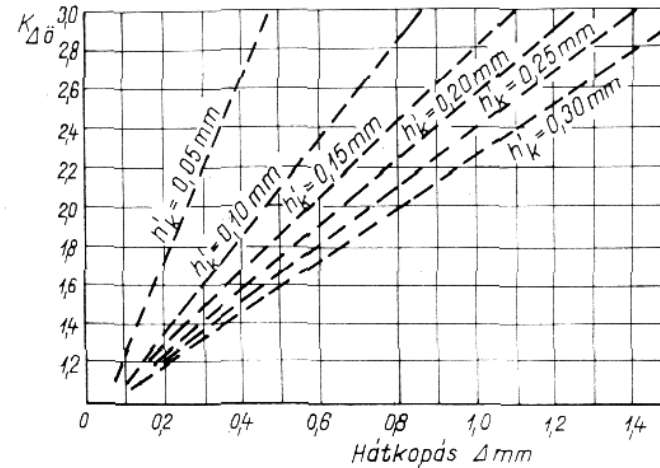
Ha ezeket a K_d képletek értékeit összehasonlítjuk keményfémrel végzett kísérleti adatokkal, akkor keményfém szerszámra öntöttvas forgácsolásokor kb. $\frac{1}{3}$ értékeket kapunk. Ez utóbbi adatok azonban sokkal nagyobb sebességre vonatkoznak, továbbá tapasztalat szerint a hazai öntöttvasak forgácsolhatósága a külföldiekkel összehasonlítva, gyengébb. Ezért a keményfém szerszámokra az (5.73) és (5.74) képletekben megadott hátkopás-növekedésnek csak a felét engedjük meg.

Így keményfém szerszámmal a helyesbítő tényezőre a Δ hátkopás és a közepes forgácsvastagság függvényében acél forgácsolásokor:

$$K'_{da} = 1 + \frac{0,145}{h_k^{0,59}} (\Delta - 0,1), \quad (5.75)$$

Öntöttvas forgácsolásokor:

$$K'_{d\bar{o}} = 1 + \frac{0,33}{h_k^{0,567}} (\Delta - 0,05), \quad (5.76)$$



137. ábra. Helyesbítő tényező értékei a Δ hátkopás és a közepes forgácsvastagság függvényében, öntöttvas marásakor

Bár ezeket a képleteket esztergálási és homlokmarási kísérletekből vezettük le, palástmaráshoz is ezeket használhatjuk, mert a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetemen palástmaróval végzett kísérletek igazolták.

6. A MEGMUNKÁLT FELÜLETEK MINŐSÉGE ÉS MÉRÉSE

6.1. A megmunkált felületek tulajdonságai

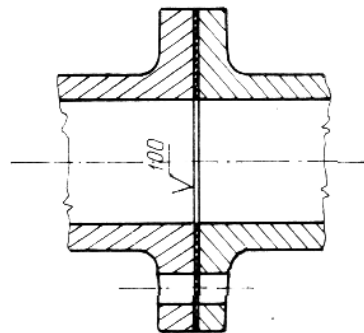
A gépalkatrészek működő felületeit a működési feltételek kielégítése céljából munkáljuk meg. Megmunkáláskor különféle szempontokat kell figyelembe venni. Ezek közül igen fontos a gazdaságosság és a termelékenység, de a gazdaságosság és termelékenység növelése nem mehet a minőség rovására. Tisztában kell lennünk azzal, hogy a működési feltételek, a jó minőség és hosszú élettartam céljából milyen alakhűségeket és felületi minőségeket kell elérni. Értelmetlen lenne például két síkfelületet, amely közé vastag, lágy tömítőanyag kerül, kis nyomás tömítése végett tükörsimára (pl. $R_a=0,1\mu\text{m}$ felületi érdességre) és $1\mu\text{m}$ -on belüli alakhűsége megmunkálni.

Ilyen esetben a két csőkarima tömítőfelületét elegendő felsimító esztergálással megmunkálni, amely $R_a=12,5\mu\text{m}$ értékű, és az alakhűség megfelelő. Az alakhibát, ami az elméleti síktól való eltérést jelenti, a felületek közé tett lágy tömítőanyag kiegyenlíti (138. ábra).

A gyorsfutású diesel-motorok adagoló berendezésében a két felületnek tömítőanyag nélkül kell nagy nyomású nyersolaját tömítenie. Ilyenkor a két felületet tükörsíteni (leppelni) kell kb. $R=0,01\mu\text{m}$ -ra, az alakhibának $0,2\mu\text{m}$ -on belül kell lennie (139. ábra).

A marással szemben sem a felületi érdesség, sem az alakhűség szempontjából nem támaszthatunk túl nagy követelményeket. Nagyoló marással $R_a=75\dots 15\mu\text{m}$, simító marással $R_a=12,5\dots 2\mu\text{m}$, finom marással pedig $R_a=1,6\dots 0,4\mu\text{m}$ felületi érdességet lehet elérni. Az alakhűség a szerszámgép minőségétől és állapótól függ.

A motorhengertömb és hengerfej tömítőfelületeit, amelyek közé a hengerfejtömítést teszik, általában betétkéses homlokmaróval munkálják meg. Ha a maró nem fut pontosan, élezése és a fogak beállítása sem elég pontos, továbbá a marógép



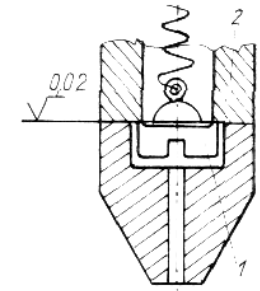
138. ábra. Tömített csőkötés

asztala az előtolás alatt $0,01\text{ mm}$ -rel az elméleti síkfelülettől eltér, akkor már a motorban fellépő nagy nyomás ellen a felület nem tömít. Ezért ilyen munkát csak pontos szerszámmal és jó marógépen lehet elvégezni.

A gépgyártásban előforduló marási feladatok során rendszerint az előgyártmányok (öntvény, kovácsdarab stb.) ráhagyásait kell nagyolással, aztán simítással lemunkálni.

Ilyenkor figyelembe kell venni:

- Az előgyártmány anyagminőségét. Más szerszámot választunk öntöttvashoz és más acélhoz. Mindkét esetben különböző szilárdsági tulajdonságokkal kell számolni, továbbá az anyagok kémiai összetétele sem egyforma.
- A lemunkálendő réteg vastagságát, azaz a ráhagyást. Ettől a döntő mértékben függ mind a szerszám, mind a gép kiválasztása.
- A munkadarab alakját és a lemunkálendő felület elhelyezkedését. Ettől függ a munkadarab felfogása és a megmunkálható felület hozzáférhetősége.
- A megmunkálendő felület minőségi előírásait. Az előírt felületi érdességet marással egyáltalán be lehet-e tartani? Szükség van-e utólagos vagy finommegmunkálásra az előírt felületi minőség betartása céljából?



139. ábra. Szelep és szeleplepülés a Ganz—Jendrassik gyorsfutású diesel-motor porlasztójában: 1 szelep; 2 szeleplepülés

6.2. Felületi érdesség és alakhűség

A nyers és megmunkált felületen levő különféle szabálytalanságokkal az MSZ 4721—58 foglalkozik, amely a felületminőségi alapfogalmakat és betűjelöléseket tartalmazza.

Az alkatrészrajzokon a mértani felület szerepel; ez ideális geometriai felület, de a valóságos megmunkált felület különféle szabálytalanságokat (felületi alakhibát, hullámosságot és érdességet) tartalmaz.

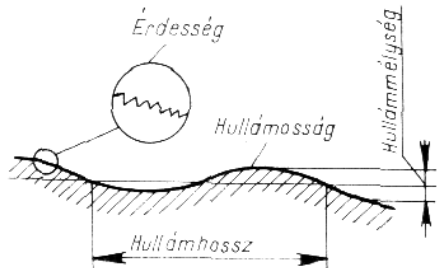
A felületi szabálytalanság lehet nagyobb méretű eltérés, ún. *makrogeometriai hiba* vagy kisebb méretű eltérés, *mikrogeometriai hiba*.

A felületi minőség mint gyűjtőfogalom magába foglalja az összes felületi egyenetlenségeket, a makrogeometriába tartozó alakhibákat és a mikrogeometriába tartozó felületi érdességet is.

A makrohibák közé tartoznak az alakhibák, pl. az elő nem irányzott kúposág, ovalitás, horpadás, domborúság és hullámosság (140. ábra).

Az *érdesség*, amely már a mikrogeometriai hibák közé tartozik, a munkadarab felületének kis térközű különféle jellegzetes mintázatot mutató egyenetlensége.

A megmunkált felületek érdességét a technológia és az anyag jellemzi. A forgácsolt felületek érdessége pl. a megmunkáló szerszám élének (csúcssugár, élállapot), az előtolásnak és a szerszám elhelyezkedésének a függvénye.



140. ábra. A hullámosság jellemzői

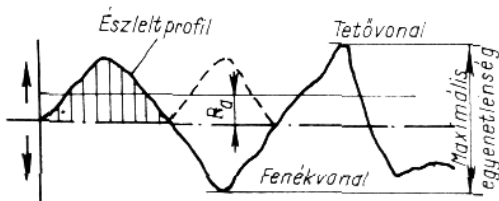
Ma már rendelkezésünkre állnak olyan műszerek, amelyekkel mind az alakhibákat, mind a felületi érdességet számszerűleg tudjuk mérni.

A tervezőnek ismernie kell a gyártmány működési feltételeit kielégítő érdességet és alakhúséget. Ha az előírt értékek túl szigorúak, akkor

a gyártási költségek feleslegesen növekednek, ha viszont túl gyengék, akkor az alkatrész működési feltételei nincsenek kielégítve.

A felületminőségi alapfogalmak közül itt csak a két legfontosabb fogalommal, a felületi érdességgel és az alakhúséggel foglalkozunk. A szakirodalomban a többi alapfogalom leírása is részletesen megtalálható [7]. A felületi érdességre vonatkozó előírásokat rendszerint megtaláljuk műhelyrajzokon, de az alakhúség fontossága még kevésbé ismert, a műhelyrajzokon alig lehet erre vonatkozó előírásokat találni. Erre az MSZ 14002—64 („A felület alakjának és helyzetének tűrési értékei”) adnak tájékoztatást.

A **felületi érdesség értékét** az MSZ 4721—58 szerint az átlagos érdességgel határozzuk meg (141. ábra). A jellegzetes érdesség észlelt profiljának meghatározzuk a középvonalát. Ennek az a feltétele,



141. ábra. A felületi érdesség meghatározása

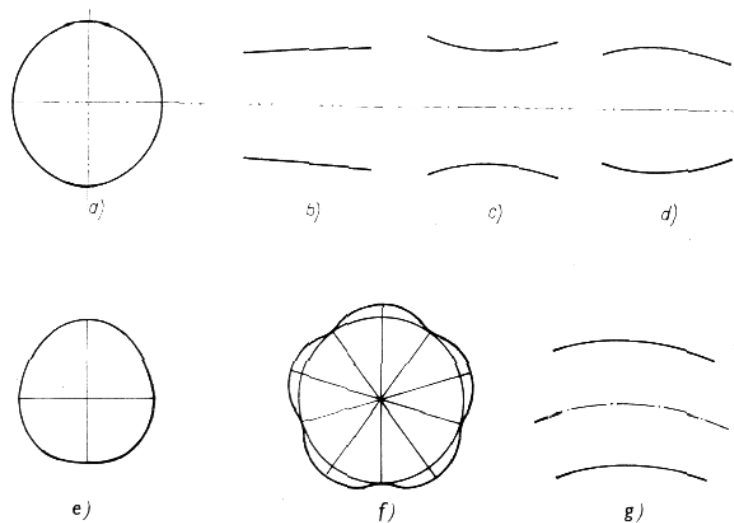
hogy a középvonal által kettévetszett profilnak a vonal alatti és feletti területei egyenlők, tehát az R_a mérőszám a középvonaltól eltérő távolságok számtani középértékét adja μm -ban. Ha a műszer tapintóját a felületen végigvezetjük, a skálán az R_a értéke olvasható le. Üzemeinkben ilyen műszerek, ha nem is kellő számban, de találhatóak. E műszerek drágák. Két változatuk van: egyszerű, hordozható és nagyobb pontossággal dolgozó műszerek, amelyek mérőszobába valók.

Meghatározhatjuk a felületi érdességet etalon-sorozattal összehasonlítva is.

Alakhúség és alakhiba. A leggyakoribb alakhibákat a 142. ábra szemlélteti. A csapok ovalitása (142a ábra) egyrészt a helytelen technológiából, másrészt a szerszémgép pontatlanságából adódik. A 142b ábrán látható csap alakhibája a kúposág. Pontos körhengeres csapágyban az alakhiba csapok felfekvése rossz. Ezért az ovális vagy a kúpos csap teherbírása jelentősen kisebb, mint a pontos körhengeres csapé. A kúpos csap jórészt csak az egyik sarkán hord, és ennek következtében a felületi nyomás olyan helyi növekedése következhet be, amely a csapágy berágódására vezet.

A 142c ábrán forgáshiperboloid, a 142d ábrán hordó alak látható. Ezek a hibák is akadályozzák a helyes működést.

A 142e ábra furatok, tengelyek vagy csapok ún. *egyenvastagsági hibáját* (pszeudokör) szemlélteti. Az ilyen furat vagy csap kereszt-



142. ábra. Alakhibák

metszete nem kör, mert az átmérők nem mennek keresztül a középtengelyen. Ez a hiba a csúcsnélküli köszörűgépeken fordul elő a leggyakrabban. A 142f ábrán tengelyek, furatok hullámossága látható. Ez köszörüléskor fordul elő, ha a korong nincs kellően kiegyensúlyozva. *Mivel a korong fordulatszáma a munkadarab fordulatszámának többszöröse, ezért a munkadarabon amnyi hullám keletkezik, amennyivel gyorsabban forog a korong a munkadarabnál.* A 142g ábra furat vagy csap görbeségét szemlélteti.

Abszolút pontosan nem tudunk dolgozni, az alakhúségre is, a felületi érdességre is bizonyos tűrést kell adni. A felületi érdesség tűrései elterjedtek a gyakorlatban, a rajzokon rendszerint szerepelnek a tűrési értékek, az alakhúséggel viszont más a helyzet.

Elterjedt az a felfogás, hogy a szerszámgépek elég pontosan dolgoznak, azért az alakhúségre nem érdemes nagyobb gondot fordítani. Ám, hogyha nagy igénybevételekről van szó, akkor az alakhúség betartása igen fontos. Példa erre a robbanómotor dugattyúcsapszege, amelynek a fellépő nagy felületi terhelés miatt mind az alakhúségre, mind a felületi érdességére fokozott mértékben kell ügyelni, különben berágódik és tönkremegy a motor.

Az ovalitás és a kúposág mikrométerrel mérhető, de az egyenvastagság (pseudokörösség) és a hullámosság csak drágább műszerrel állapítható meg. Ilyenek a Talyron és a Perthometer műszerek, amelyek akár 10 000-szeres nagyításban is kirajzolják a köralakhibákat.

6.3. Illesztések, tűrések

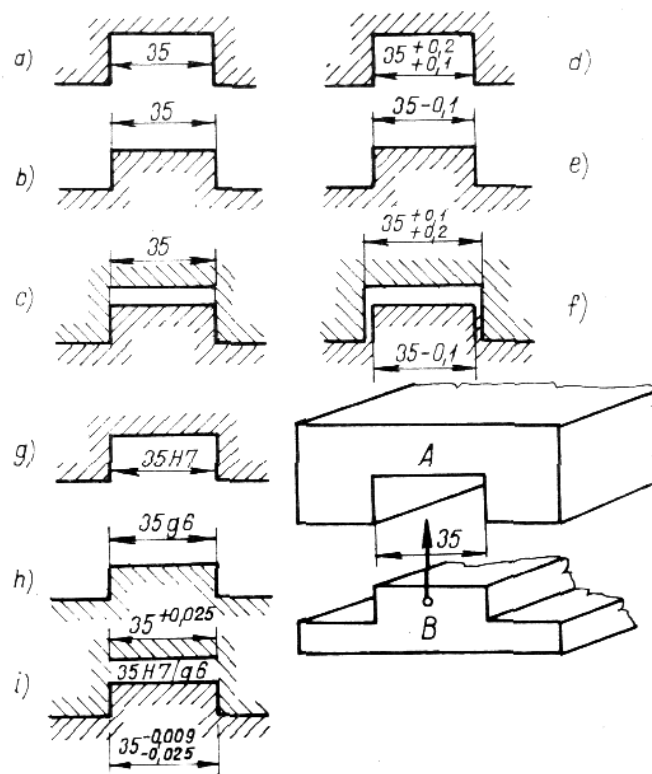
Maráskor rendszerint síkfelületeket munkálunk meg, ezért az illesztések és tűrések fogalmát síkfelületek illesztésével magyarázzuk meg. A 143. ábrán *A* munkadarab mart hornyába kell a *B* munkadarab bordáját illeszteni.

A horony, ill. borda névleges mérete 35 mm. Az *a*, *b* és *c* ábrák a méretezés (kótázás) régi, legegyszerűbb módját szemléltetik. Ezt ma már nem használják, mert két alkatrész illeszkedésére vonatkozólag semmi felvilágosítást nem ad. A dolgozóra bízta az illesztést, aki egyedi gyártás esetén próbálgatással összedolgozza a két alkatrészt.

Ma már ez elfogadhatatlan, mert a rajznak meg kell adnia a bordák és horony közti illesztést. Abszolút pontos méret nincsen, ezért mind a horony, mind a borda mérete lehet valamivel nagyobb vagy kisebb. A működési feltételek szabják meg, hogy a borda a horonyba könnyen beecsússzon, vagy szilárdan ékelődően kell a horonyban ülnie. Ezt a gyártmánytervezőnek meg kell adnia a rajzon, különben a véletlen dönténé el, hogyan sikerül a két darab illesztése.

A pontos méretet úgy közelítjük meg, hogy két határ közé szorítjuk, azaz tűréssel adjuk meg. A *d* és *e* ábrán olyan méreteket adtunk, hogy a horonyba a borda hézaggal vagy játékkal illeszkedjék. Ezért a horony tűrése $0,1$ mm, és mivel mindenképpen hézagot kívánunk a két munkadarab felülete között, $35 + \begin{smallmatrix} +0,2 \\ +0,1 \end{smallmatrix}$ értéket írunk a rajzra. A bordára viszont $35_{-0,1}$ értéket írunk, amely egyúttal azt is jelenti, hogy a felső érték éppen 35 mm. Ily módon a legnagyobb horony és legkisebb borda mérete között $0,3$ mm hézag van, míg a legkisebb horony és legnagyobb bordaméret esetén a hézag $0,1$ mm (143f ábra). Tehát a könnyű elcsúszást, vagyis a működési feltételt még a legkisebb hézag is kielégíti.

Az ilyen illesztés, amikor minden esetben hézag van a két felület között, a *laza illesztés*. A lazán illesztett alkatrészek mindig cserélhetőek.

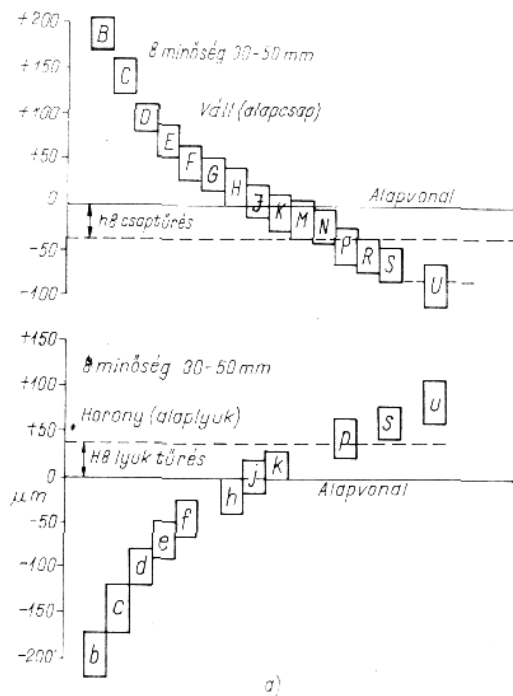


143. ábra. A tűrés és illesztés fogalmának magyarázata. A tűrések jelölése számértékekkel és az ISO illesztési rendszer szabványos jelöléseivel

A működési feltételek rendszerint az előbbi példához viszonyítva sokkal szűkebb tűréseket követelnek meg. Ekkor a nemzetközileg elfogadott jelölések alapján betűvel jelölik a tűrés helyzetét; határai szigorúságát az utána következő szám adja meg. A lyukra, furatra vagy belső lap-távrá vonatkozó tűrés helyzetét mindig nagybetűvel jelöljük. Így például a 143g ábrán a 35H7 azt jelenti, hogy a H szerinti furat alsó határa mindig megegyezik a névleges mérettel, a felső határ pedig annál közelebb esik az alsó határhoz, minél kisebb a H melletti szám. A 35H7-tel jelölt tűréshatár a nemzetközi szabvány szerint $35 \pm_{0,000}^{0,025}$. 35H9 tűrés-határa már $35 \pm_{0,000}^{0,062}$, a 35H6 pedig $35 \pm_{0,000}^{0,016}$.

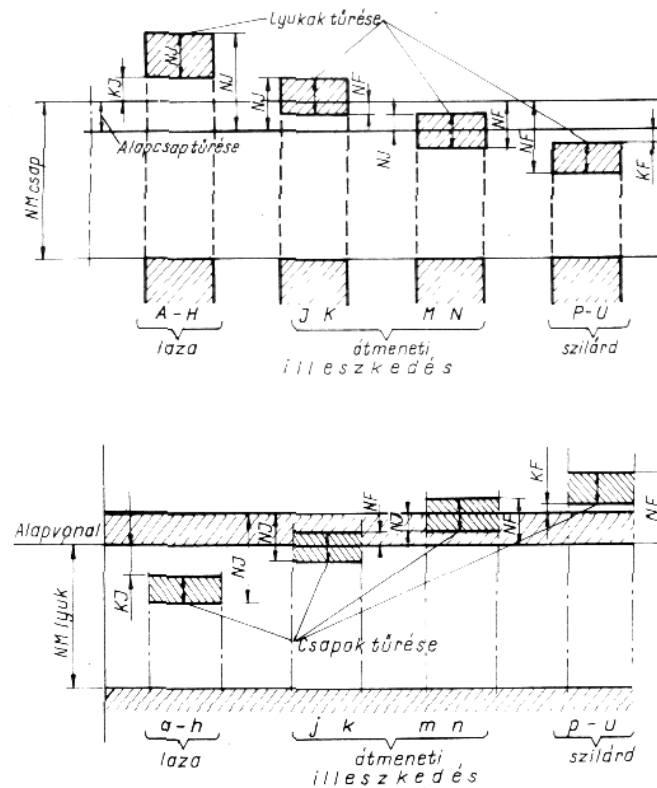
A tűrésmező nagyságát számmal jelölt finomsági fokozat és a méret nagysága szabja meg. Mint láttuk, 35 mm méretnél a 7 finomsági foko-zat tűrése 25 μm , de 100...120 mm méretnél már 35 μm .

A tűrés helyzetét a betűjel adja meg. Furatnál a H azt jelenti, hogy az alsó határ mindig a névleges érték, a felső pedig a finomsági fokozattól függ. H-tól A-ig az alsó határ fokozatosan növekszik, tehát



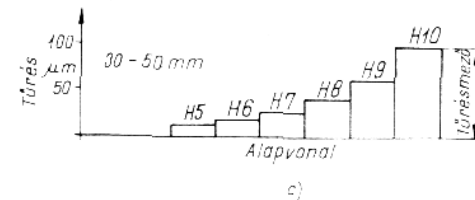
144. ábra

a) alapluk és alapsap illesztési rendszer fokozatainak alapeltérései



144. ábra

b) a horony és borda, ill. a csap és furat különböző illeszkedései



144. ábra

c) a tűrésminőség fokozatai az alaplukrendszer H fokozatában
Jelölések: KJ=legkisebb játék; NJ=legnagyobb játék; KF=legkisebb fedés; NF=legnagyobb fedés; NM=névleges méret

mindig növekszik a hézag. Ezzel szemben **H**-tól **Z**-ig az alsó határ fokozatosan csökken a névleges mérethez képest, tehát a túlfedés növekszik.

A csap, tengely vagy borda névleges mérete után kisbetűvel jelöljük a tőrés helyzetét. Itt a lyukhoz képest fordított a helyzet, mert a felső határ mindig a névleges méret, míg az alsó határ mindig kisebb, mint a névleges méret. A tőrés helyzete **h**-tól **a**-ig fokozatosan csökken, a hézag tehát nő. Ezzel szemben **h**-tól **z**-ig az alsó határ fokozatosan növekszik a névleges mérethez képest, tehát a túlfedés mindig nagyobb lesz. A **j** jelölésnek az a jellemzője, hogy a + és - értékei egyenlők. A tőrésmező nagyságát a finomsági fokozat szabja meg.

Két illesztési rendszer van: az alaplyuk- és az alapcsaprendszer. *Az alaplyukrendszerben a lyukat, furatot vagy hornyot tartjuk azonos méreten, és az illesztésnek megfelelően a csap méretét változtatjuk. Az alapcsaprendszerben a csap mérete változatlan, és a furat méretét változtatjuk az illesztés jellege szerint (144. ábra).*

A finomsági fokozatot IT és a mellé írt szám adja meg. Mint a 143. ábrán láttuk, 30 mm felett 40-ig az IT7 finomsági fokozat tőrése 25 µm. Ennek a tőrésmezőnek határozza meg a névleges mérethez való elhelyezkedését a betűjel. Ez a nemzetközi ISO (International Standard Organisation) illesztési rendszer. Az illesztések pontos betartása a legnehezebb műszaki feladatok közé tartozik. Ezt a következő gyakorlati példával világítjuk meg.

A működési feltételek adott esetben azt kívánják, hogy a 35 mm széles horonyban a borda *tolóillesztéssel* helyezkedjen el. Ekkor a horony mérete a 35H7 szerint 35,025 és 35,000 mm között van. A tolóillesztéshez a 35j6 tőrést választhatjuk. Ennek megfelelően a borda mérete 35,011 és 34,995 mm közé esik. A *legmegfelelőbb hézagot a középértékek képviselik*, ez a horonynál 35,0125 mm, míg a bordánál megint a két határ középértéke 35,003 mm-re adódik. A tolóillesztéshez tehát $35,0125 - 35,003 = 0,0095$ mm hézag kell.

Vizsgáljuk meg a szélső értékeket, vagyis a legnagyobb horonyméret és a legkisebb bordaméret közötti hézagot: $35,025 - 34,995 = 0,03$ mm, ez pedig már 30...40 mm közötti méreteknél a *szűk futóillesztés* legkedvezőbb hézagának felel meg. De ha a legkisebb 35,000 mm horonyméretet és a legnagyobb 35,011 mm bordaméretet vesszük, akkor már 0,011 mm a túlfedés, ez pedig a *kötőillesztés* ideális értékét adja.

Ebből azt a következtetést kell levonni, hogy a *csereszabotosság, vagyis az utólagos kézi illesztési munka nélküli összeszerelhetőség az ún. nyugvóillesztések esetén már nem áll fenn*. Ilyenkor összeválogatjuk azokat a darabokat, melyeknek a hézaga megközelíti az ideális méretet, tehát megfelelnek a működési feltételeknek. A többiekben, ha túlfedés van, utólagos kézi munkával készítjük el a szükséges hézagot. Amelyik

munkadarab hézaga túlságosan nagy és már nem elégíti ki a működési feltételeket, kicseleztezzük.

Ha a selejtet el akarjuk kerülni, akkor vagy azt a módszert választjuk, hogy inkább maradjon a munkadarab felületén némi anyag, amelyet le lehet munkálni, hogy az illesztés jellege betartható legyen, vagy pedig mikrométer-pontossággal kell dolgoznunk. Ez maráskor általában nem minden esetben oldható meg, ezért az előbbi megoldást kell választani, az *utólagos kézi illesztést, különösen egyedi vagy kissorozatgyártás esetén*. Ha egyes esetekben megvan a lehetőség, hogy utólagos finommegmunkálással a szükséges pontosság betartható, akkor el lehet kerülni az utólagos kézi illesztési munkát.

Nagy darabszám esetén néha az összeválogató szereléssel lehet a feladatot megoldani, ha pl. a tőrésmezőt 4–5 alcsoportra bontjuk a méretek szétválogatásával. Ekkor az alakhúség nem haladhatja meg a mérettőrés $\frac{1}{4} \dots \frac{1}{5}$ értékét, különben a szétválogatás nem oldható meg. Ez könnyen belátható, mert ha a tőrés pl. 0,02 mm, akkor csak úgy lehet 5 csoportot szétválogatni 0,004 mm mérethatárokkal, ha a csap ovalitása vagy kúposága nem haladja meg a 0,004 mm-t. Ez vonatkozik természetesen a furatra is.

6.4. Mérés, mérőeszközök

A hossz mérés az a művelet, amikor valamely hosszmenyiséget, vagyis a mért mennyiséget vele egyenemű hosszmenyiséggel mint egységgel hasonlítunk össze. A mérési észlelés eredménye a méret, ami a mérőszámnak és a mérés egységének a szorzata. A mérőszám azt jelenti, hogy az egység hányszor van meg a mért mennyiségben.

A megméréendő L hosszúságot gyakran nem közvetlenül határozhatjuk meg, hanem az $M = L - N$ különbséget mérjük. Itt N az összehasonlító alapnak (etalonnak vagy normál méretnek) az ismert hossza.

Ebből következik a kétfajta mérés: a közvetlen és a különbségmérés (közvetett mérés).

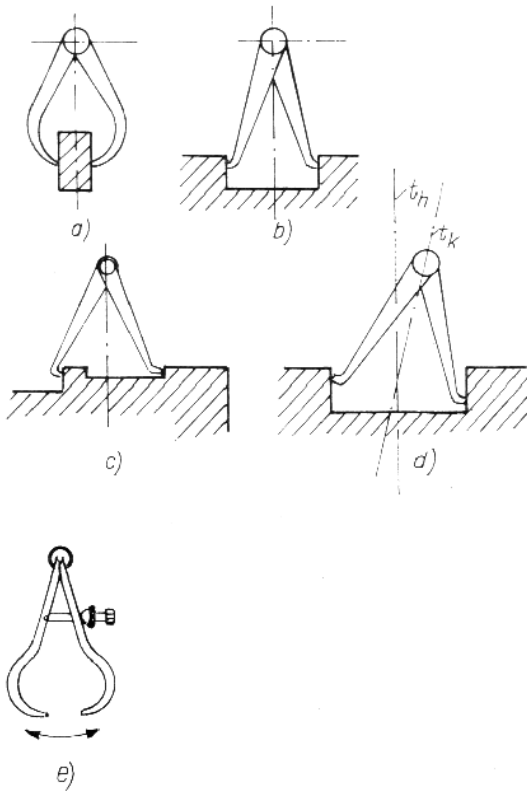
A mérési hibák csökkentésére a méréseket rendszerint megismétlik. *Az ilyen ismételt mérések eltérő értékeit szóródásnak nevezzük*. Ilyen esetben a méretet a mérések középértékéből határozzuk meg.

A mérőeszköz lehet közvetlen vagy közvetett mérésre alkalmas.

Közvetett méréskor a mérőeszköz rögzít valamely méretet (távolságot vagy egyéb hosszmeretet), amelynek számszerű meghatározását más, közvetlen mérésre alkalmas mérőeszköz adja meg. Ezt a módot olyan esetekben használjuk, mikor nincs közvetlen mérésre alkalmas mérőeszközünk.

A **tapintókörzőt** gyakran használják közvetett mérésre maráskor. A tapintókörzővel beállított távolságot a számszerű érték meghatározására át kell vinni más mérőeszköze.

A mérést tapintókörzővel a 145. ábra szemlélteti.



145. ábra. Mérés tapintókörzővel:

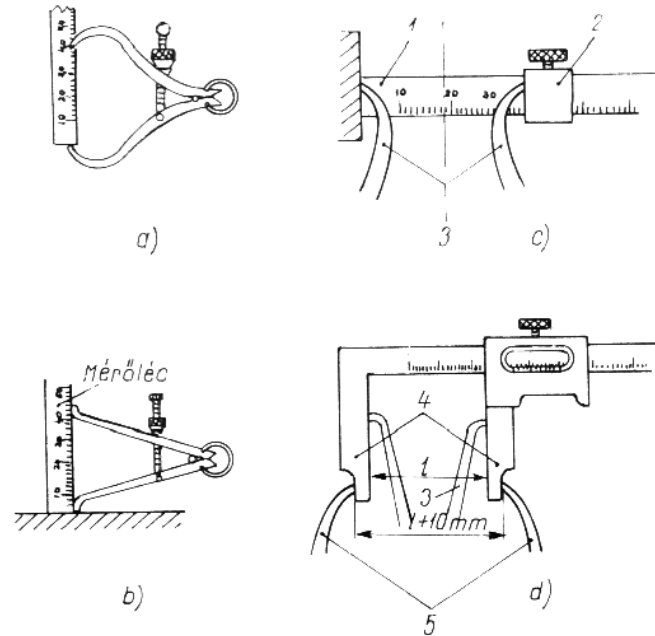
a) távolság mérése; b) horonyszélesség mérése; c) egyoldalas tapintókörző lépcsős felületek mérésére; d) hibás mérés tapintókörzővel (t_h a horony tengelye; t_k a körző tengelye); e) állítócsavaros rugós tapintókörző

Méréskor ügyeljünk arra, hogy a tapintókörző mérőfelületei éppen gyengén érezhetően érintsék a mérendő felületeket. Ha szoros az érintkezés (tapintás), akkor a száraz rugalmas elhajlása következtében hamis eredményt kapunk. Ez a szabály érvényes akkor is, ha a tapintókörzővel felvett távolságot a számszerű méret megállapítására más mérőeszköz mérőfelületei közé helyezzük.

Az egyszerű tapintókörzőt a száraz nyitásával vagy összenyomásával állítjuk méretre, ezért a forgócsap se túl könnyen, se túl szorosan ne forduljon el.

Pontosabban lehet a méretet beállítani az állítócsavaros tapintókörzővel (145e ábra).

A tapintókörzőt úgy is használhatjuk, hogy megfelelő mérőeszköz segítségével beállítunk valamely méretet és azt visszük át a megmunkálendő darabra (146. ábra).



146. ábra. Méretbeállítás tapintókörzővel:

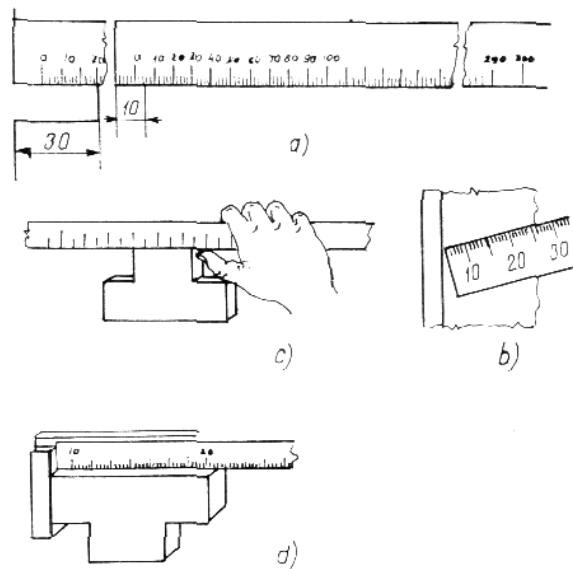
a) az átvitt méret leolvasása mérőléccen; b) az átvitt méret leolvasása ütökzettel; c) beállítás ütökzős mérőléccen; d) beállítás tolómércén
1 ütökzős mérőléc; 2 ütökző; 3 belső tapintószárak; 4 kör; 5 külső tapintószárak

A **mérőléc** méretbeosztásos acélvonalzó. Műhelyben gyakran használt mérőeszköz. Mérőléccel végzett mérések láthatók a 147. ábrán.

Ilyen méréssel az elérhető pontosság a gyakorlottságtól függően egy-két tized mm. Ügyelni kell, hogy a mérési értéket helyes irányból nézve olvassuk le, mint ez a tapintókörzővel levett méretnek mérőléccen való megállapításakor látható (148. ábra).

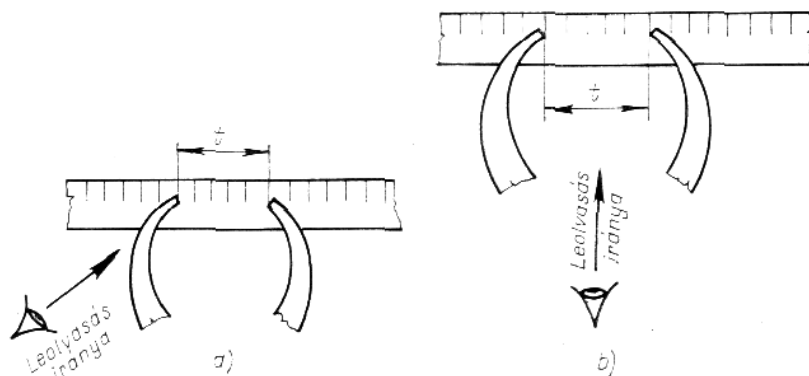
A tapintókörző, mérőléc és derékszög felhasználásával végzett mérésekre látunk példát a 149. ábrán.

A **tolómérce** (subler) az üzemekben leggyakrabban használt mérőeszköz (150. ábra). Az 1 beosztásos lécen mozog a 2 tolóka. Ennek alul 3 nyelve van, amely az 1 lécből olyan távolságra nyúlik ki, mint amekkora a távolság a két 4 mérőpofa között. Így — mint az a képen látható —



147. ábra. Mérés mérőléccel:

a mm-beosztásos acél mérőléccel; b a mérőléccel végének helytelen ütköztetése; d hosszúságú ütköztetéssel



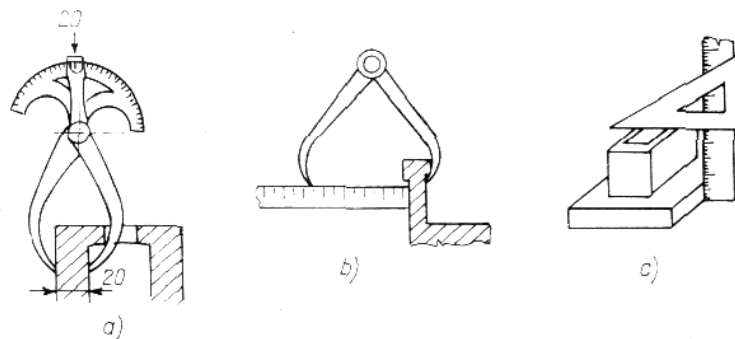
148. ábra. Tapintókörző leolvasása:

a helytelen és b helyes

a mérőpofákkal vastagságot, átmérőt stb. mérhetünk, a 3 nyelvvel pedig furat, horony mélységét.

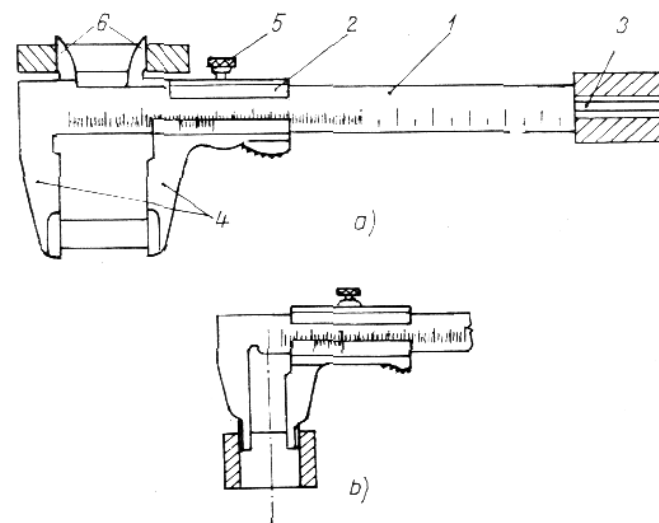
Belső távolságot, furatot a két 6 mérőélel mérünk. A tolóka helyzetét az 5 rögzítőcsavar rögzíti.

A b ábrán látható tolómércén furatok és belső távolságok mérésére a 4 mérőpofák külső részét is pontosan munkálták. Ezek vas-



149. ábra. Mérési példák:

a falvastagság mérése különleges tapintó-körzővel; b falvastagság mérése egyszerű tapintó-körzővel; c magasságmérés derékszöggel és mérőléccel



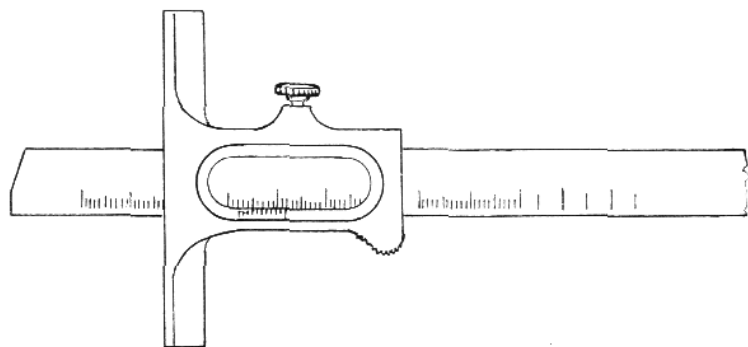
150. ábra. Tolómérce:

a a tolómérce részei; b külső és belső mérésre kialakított mérőpofás tolómérce

tagsága pontosan 5 vagy 10 mm szokott lenni, melyet a skálán leolvasott mérethez még hozzá kell adni.

A mérőlécen a pontos méretet *nóniusz-skála* beosztáson olvassuk le.

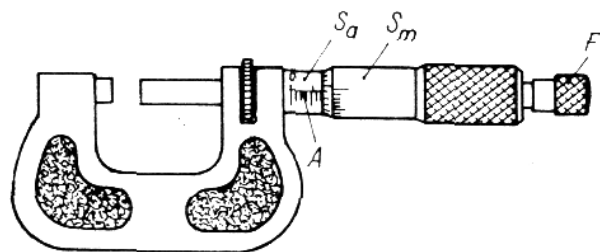
A tolómérce nyelvével sok esetben nem lehet megbízható mélységmérést végezni. Ezért olyan tolómércét is készítenek, amely közvetlen mélységmérésre alkalmas (151. ábra).



151. ábra. Tolómérce mélységmérésre

A tolómércék általában a nóniusz-skála segítségével tized mm pontosságú mérésekre alkalmasak, de készülnek különleges tolómércék is, amelyekben 0,05 mm, sőt 0,02 mm pontossággal leolvasható nóniusz-skála van. Század mm pontosságú mérésekre csak a mikrométerek alkalmasak.

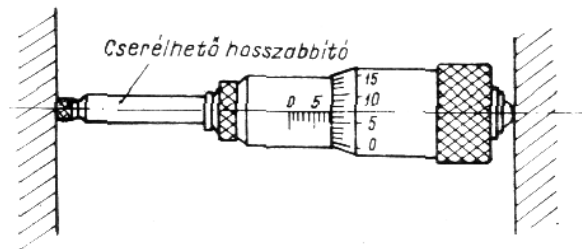
A **mikrométert** külső méretek mérésére ma már széles körben használják (152. ábra). A mérést pontos csavarorsóval végezzük, a méretet két skálán olvassuk le. A mérőeszköz szárán S_a mm nagyságrendű skála



152. ábra

a mikrométer; *b* mikrométer beállítása alaphelyzetbe; S_a állóskála, S_m mozgó körskála; *F* finombeállító (érzékelő) csavar; *A* alapvonal

van, míg a csavarorsó külső felületén a beosztás század mm-eket jelöl (S_m). Ez a beosztás olyan méretű, hogy becsléssel ezred mm-es értékeket is meg lehet állapítani. A csavarorsó végén *F* finombeállító súrlódásos csúszókapcsolat (racsní) van. Méréskor, amikor a csavarorsót becsavarjuk, az erő nem haladhat meg bizonyos értéket, mert a finombeállító továbbforog anélkül, hogy a csavarorsót magával vinné. Ezzel elkerüljük azt, hogy a túl nagy szorítóerő szétfeszítse a mikrométer testét, és meghamisítsa a mérés eredményét.



153. ábra. Lyukmikrométer

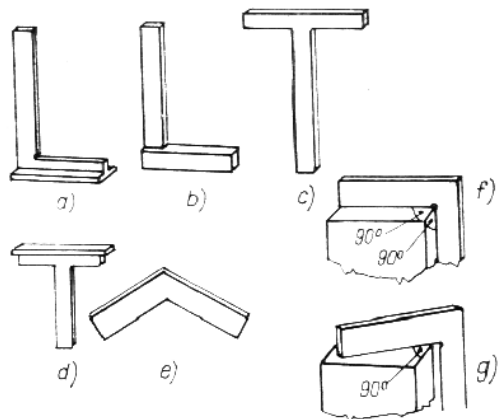
Az S_m skála 50 beosztású, mert a mérőcsavar emelkedése általában 0,5 mm. Ezért ilyen esetben két fordulat ad egy mm távolságot. Ennélfogva leolvasáskor ügyeljünk arra, nehogy fél mm-t tévedjünk.

Finom mérőorsót kellő pontossággal nem lehet nagyon hosszú méretben elkészíteni, ezért a külső kengyeles mikrométerrel csak 25 mm mérési tartományban lehet mérni. Így a rendelkezésre álló mikrométerek méréshatára: 0...25, 25...50 ... 300 ... 325 stb.

Belső távolságot lyukmikrométerrel mérünk (153. ábra). Ugyanúgy működik, mint a külső mikrométer, azzal a különbséggel, hogy általában nincs finomállító csavarja. Méréskor az egyik mérőcsúcsot a mérendő felület egyik pontjának támasztjuk, és a másikat fokozatosan előbbre csavarjuk, amíg érezzük, hogy átbillentéskor a szemben levő felületet finoman súrolja. A szoros mérés már pontatlanságot okozhat.

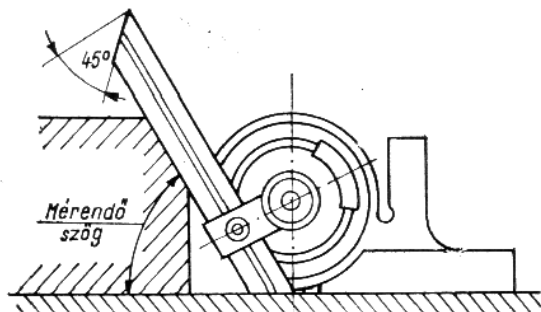
A lyukmikrométer 25 mm-es lépcsőkben hosszabbító betétekkel állítható be különböző mérési hosszakra. Alsó mérési határát szerkezeti hossz szabja meg. Kisebb furatok mérésére már század mm pontosságú mérőeszközöket használunk. Ha mikrométerrel mérünk, ügyeljünk arra, hogy a munkadarab és a mérőeszköz hőmérséklete között ne legyen nagy különbség. Néha még a kéz melege is meghamisíthatja a mérési redményt.

Szögmérés gyakran fordul elő marási munka során. Leggyakoribb a mérőlegesség ellenőrzése derékszöggel. A 154. ábrán a legegyszerűbb merev szögmérők és alkalmazásuk láthatók.

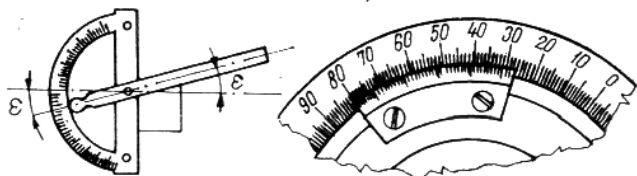


154. ábra. Egyszerű merev szögmérők:

a talpas derékszög; b egyszerű derékszög; c T-derékszög; e szögsablon; f helyes mérés; g helytelen mérés derékszöggel



a)



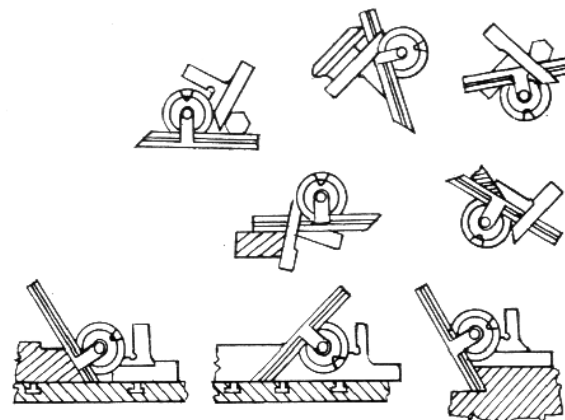
b)

155. ábra. Beállítható szögmérők:

a egyszerű szögmérő; b egyetemes szögmérő; c egyetemes szögmérő nóniuszkálával

Általánosan használjuk az egyszerű szögmérőt (155a ábra), de nagyobb pontossággal az egyetemes szögmérővel lehet mérni (155b ábra), amelyen nóniusz-skála is van (155c ábra).

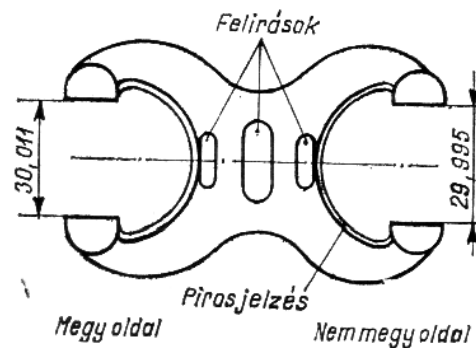
Az egyetemes szögmérő sokoldalú alkalmazását a 156. ábra szemlélteti.



156. ábra. Egyetemes szögmérő alkalmazási példái

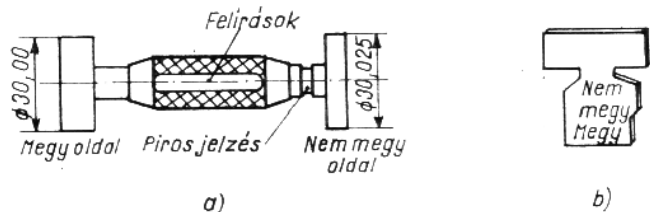
Az **idomszerrel való mérés** gyors, megbízható és kisebb szakértelmet kíván, mint a mikrométerrel végzett mérés.

Külső felületek mérésére általában villás idomszereket használunk (157. ábra). Balra a *megy* oldal, tehát a jó méret, míg jobboldalt a *nem megy*, azaz selejtméret látható. Ez utóbbit még piros festéssel is meg szokták jelölni.



157. ábra. Villás idomszer

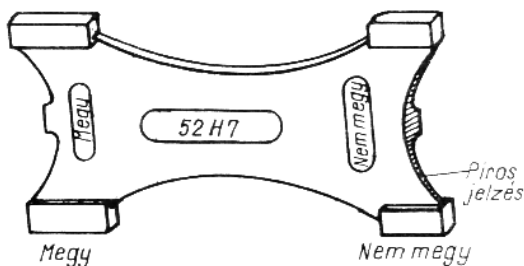
Az idomszerek sorozatgyártásban gazdaságosak, mert elkészítésük költséges, hiszen minden mérethez és minden illesztéshez külön idomszer kell. Az ábrán 30j6 mérethez készült idomszer látható a határértékekkel. A munkadarab mérete az előírt tűrésen belül van, ha a *megy* oldal az idomszer súlya alatt *rámegy* a felületre, de a *nem megy* oldal már *nem megy* rá.



158. ábra
a dugós idomszer; b horonyszélesség-ellenőrző idomszer

Kisebb furatok mérésére dugós idomszert használunk (158. ábra). Ugyanúgy használjuk, mint a villás idomszert. Horonyszélességét a 158b ábrán látható lemezsablonnal ellenőrizzük.

Nagyobb furatok mérésére lapos idomszereket használunk, mert a nagyobb méretű dugós idomszer igen nehéz és drága is lenne (159. ábra).



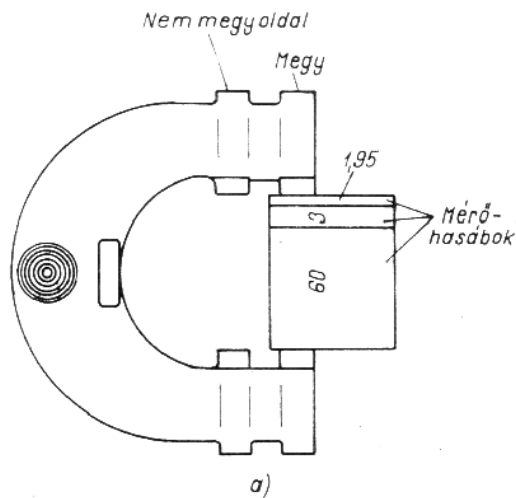
159. ábra. Lapos idomszer

Az idomszerek gyártási tűrését is figyelembe kell venni. Ugyancsak befolyásolja az idomszerekkel mért méreteket az *idomszerek kopása* is. A megengedett kopást szabvány határozza meg. A kopott idomszerrel átvett munkadarabok méretében olyan eltérés is lehet, amely a működési feltételek teljesítését megakadályozza, tehát a munkadarab *selejt!*

Az idomszerek használati idejétől függően a mérőfelületeket ellenőrizni kell, hogy a használat következtében fellépő kopás nem haladta-e meg a megengedett mértéket. Az ellenőrzést *mérőhasábokkal* végezzük.

A *mérőhasáb* ezred mm-es tűrésen belül készített igen pontos hasáb. Sorozatokat állítanak össze belőlük, így bizonyos mérethatáron belül ezred mm-es lépcsőkben minden méret összerakható.

Idomszerek ellenőrzése látható mérőhasábokkal a 160. ábrán. Az *a* ábrán az egynyílású villás idomszer méretellenőrzését láthatjuk. (Nagyobb mérethez a villás idomszert egy nyílással is készítik.) A dugós vagy lapos idomszerek méreteinek ellenőrzéséhez a mérőhasábokat keretbe fogják be és az összeállított méret két végén kinyúló rudak a mérőfelületek (160b ábra).



160. ábra. Idomszer ellenőrzése mérőhasábokkal:
villás idomszer ellenőrzése; b mérőhasábkeret

A jó minőségű és még jó állapotban levő mérőhasábok igen finom tükrösített felületei olyan alakhűek és olyan finomak, hogy ha könnyű nyomással a hasábokat egymásra toljuk, a légnymás hatására összetapadnak.

Az alakidomszereket olyan felületek ellenőrzésére használjuk, amelyeknek tagoltsága a szerszámgépen való ellenőrzést nem teszi lehetővé (161. ábra). Rendszerint lemezből készülnek, s ha az igénybevétel megkívánja, edzett kivitelben is. Legegyszerűbb alakidomszer a szögmérő sablon. Gyakrabban előforduló szögekre (15—30—45—60—120°) készen is kapható.



161. ábra. Mérés ellenőrző sablonnal

A mérőóra olyan szerkezet, amelynek a tapintója a vezetékében elmozdulva fogaskerék-áttételen át mutatót forgat. Leggyakoribb az a változat, amikor a nagymutató egy körülfordulására a tapintó 1 mm utat tesz meg. A mérőóra számlapján 100 beosztás van, így egy beosztásra eső elmozdulás 0,01 mm.

Rendszerint van a mérőórán egy kismutató is, amely a nagymutató elfordulásait mutatja, vagyis az elmozdulást mm-ben. A mérőóra nagymutatója általában tízszer fordulhat körül, tehát a mérési határ 10 mm.

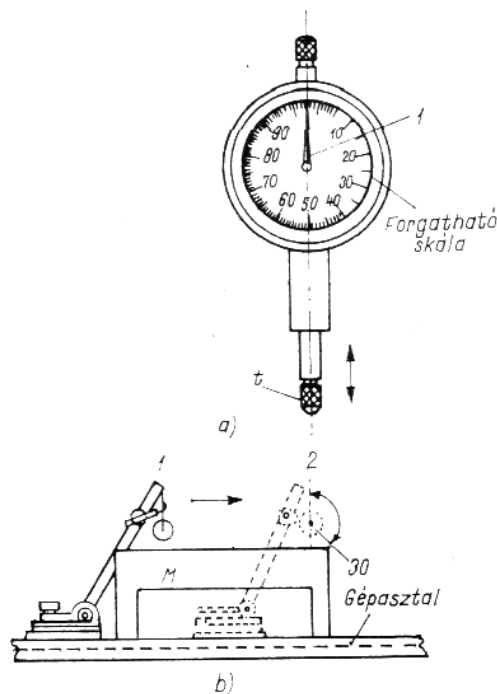
Vannak ezred mm beosztású mérőórák is nagy pontosságú mérésekhez, ezek mérési határa 0,4...0,6 mm.

A 162. ábra a legelterjedtebb mérőórát szemlélteti. Az *a* ábrán a kismutatót, amely az egész mm-eket mutatja, nem ábrázoltuk. A *b* ábrán a marógép asztalára felfogott *M* munkadarab nagyolt felületének ellenőrzése látható, hogy a lábaira állítva párhuzamos-e a marógép asztal-felületével. A mérőórát talpas állványra fogjuk fel és az *1* állásban a tapintót úgy nyomjuk enyhén a munkadarab felületéhez, hogy a mutató 2...3-szor körülfordulva, a *0* helyzetbe kerüljön. Ekkor az óra helyzetét rögzítjük. Ezután a talpas állványt a marógép asztalán végigtolva, megállapítjuk a mutató elmozdulásából a párhuzamossági eltérést. Az ilyen mérés előfeltétele, hogy a marógép asztala a célnak megfelelő pontosságú sík legyen. Megmunkáláskor az asztal előtolásának vezetéktől is megköveteljük, hogy párhuzamos legyen az asztal felületével. Méréskor a 2 állásban a mutató a 30 beosztáson áll (*b* ábra). Ez azt jelenti, hogy a megmunkált felület a gépasztalhoz viszonyítva a két mérési pont között 30/100, azaz 0,3 mm-rel eltér.

A mérőórát igen gyakran használjuk marógépen pontos méretre

állításra is. Pl. a már lemart felülethez másik felületet kell marni pontosan megállapított távolságra. Amennyiben marógépünk eleve nem rendelkezik az ehhez szükséges felszereléssel, ehhez kis berendezést készítettünk.

Ennek elvi vázlata a 163a ábrán látható. A szerkezetet mindig az elmozduló és a helyben maradó részek közé kell beiktatni. Példánkban az elmozduló rész a gépasztal, amelyre az edzett köszörült felületű



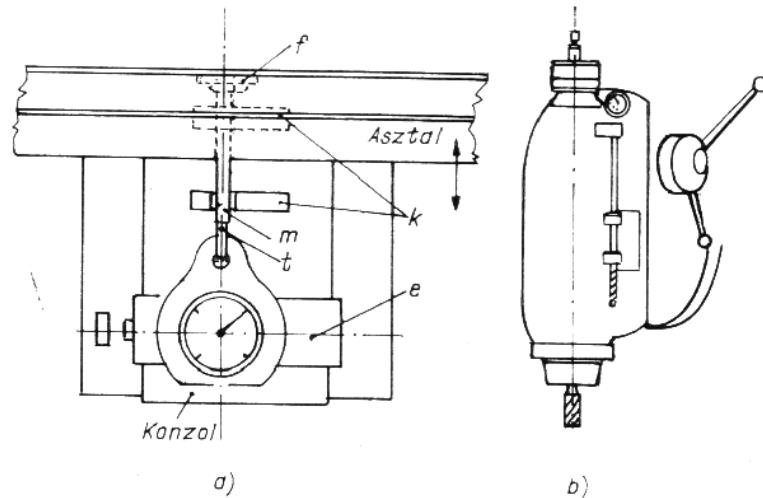
162. ábra. Mérőóra és alkalmazása:

a mérőóra; *b* párhuzamosság mérése mérőórával; *M* munkadarab; *1* kiinduló helyzet; *2* végső helyzet

ütközőt szereljük. Ezzel szemben a helyben maradó részre — jelenleg a konzol vezetékére — felszereljük az *e* mérőórátartót. Minthogy nagyobb elállítási távolságra van szükség, mint a mérőóra mérési határa, a mérőóra *t* tapintója és az *f* ütköző közé az *m* mérőhasábot helyezük el a *k* mérőhasábtartókon.

Ezután a munkadarabon az asztal hosszirányú előtolásával lemarjuk az első kiindulási felületet, majd kivesszük a 100 mm-es mérő-

hasábot, és mivel a második felületnek az elsőhöz viszonyított távolságának pontosan 40 mm-nek kell lennie, a 60 mm-es mérőhasábot helyezzük el. Az asztal keresztirányú állítócsavarját addig hozzuk közelebb a mérő-



163. ábra. Nagypontosságú mérőberendezés mérőórával és mérőhasábbal:

a asztalvezetékre szerelve; f edzett mérőfelület az orsószekrényen; m mérőhasáb; k mérőhasábtartó; e mérőórátartó; t tapintó; b függőleges marógép orsójára szerelt berendezés

órához, amíg a tapintója, nekiütközve a 60 mm-es mérőhasábnak, ugyanarra a mutatóhelyre nem áll be. Ezután rögzítve az asztal keresztirányú helyzetét, a következő fogással készített felület pontosan 40 mm távolságra lesz az előbbtől.

6.5. Maráskor betartandó tűrések

A marással betartható pontosság függ:

- a szerszám pontosságától;
- a szerszám befogásának pontosságától;
- a marógép pontosságától (merevségétől, állapotától);
- a beállítás pontosságától;
- a munkadarab felfogási pontosságától;
- a felfogás és leszorítás feszültségmentességétől (tehát lefogáskor nem lép fel elhúzóadás);

— a munkadarab feszültségi állapotától (a megmunkálás következtében nem lép fel elhúzóadás, a megváltozott belső feszültségek következtében).

A marószerszám pontos befogása a központos, vagyis a minimális ütést szavatolja. Palástmaró esetén ez a marótűske és a közbetétek pontosságától is függ, míg homlokmaró és szármaró esetén a befogónak, ill. a gép főorsójában levő kúpfészkeknek vagy a hüvelybefogók (patronok) pontosságának van döntő szerepe. Nagyon fontos ebből a szempontból a tűskéknek, a tengelyeknek és a hüvelyeknek gondos tisztántartása. A legkisebb porszem az illeszkedő felületek között már a pontosság rovására megy.

A maró futáspontosságának mind a méretpontosság, mind a felületi minőség szempontjából igen nagy szerepe van. Törekedni kell az elérhető legkisebb ütési értékek betartására. A legjobb külföldi vízszintes maróművektől 2...4 μm ütéspontosságot követelnek meg. Jó minőségű keményfém marófejek esetén 10...15 μm érték betartása kívánatos. Az első esetben 0,02...0,05 mm tűrés értékek is betarthatók. Amilyen mértékben romlik a futáspontosság és a beállítási pontosság, olyan mértékben nő a betartható tűrésmező, akár 0,5 mm-ig is. Ezzel együtt növekszik a felületi érdesség. Kisebb mérettűrésekhez kisebb felületi érdességi értékek is tartoznak.

Ezekben a kérdésekben a szerszámok és gépek minőségének az ismeretében és az üzemben uralkodó technológiai fegyelem figyelembevételével a technológusnak kell döntenie. Az itt elmondottakon kívül még szerepe van annak is, hogy az elkészítendő gépalkatrész működési feltételei a megmunkálendő felülettől milyen minőséget követelnek meg. Amennyiben az előírt értékeket marással a szigorú előírások, ill. a rendelkezésre álló eszközök miatt nem lehet teljesíteni, úgy marás után köszörülést vagy egyéb finomfelületi megmunkálást kell előírni. Természetesen a gazdaságosság azt követeli, hogy igyekezzünk a mérettűréseket és az előírt felületi érdességet marással megvalósítani, mert az utána következő megmunkálások általában költségesebbek.

A beállítási pontosság betartásában szerepe van a marógép jellegének és felszerelésének. Az asztalmozgató orsó hajtásához szerelt nóniusztárcsa általában 0,05 mm pontosságot tesz lehetővé.

Mérőhasábos vagy mérőórás berendezések beállítási pontossága megközelíti az 0,01 mm-t, de a mérőórák csak kisebb távolság mérésére alkalmasak. Nagyobb méretekhez a mérőórát mérőhasábbal együttesen kell használni. A jó minőségű mérőhasábos legalább μm pontosságúak. Házilag készíthetők 0,01...0,3 mm pontosságú mérőhasábosok.

Optikai távmérő berendezés csak a legújabb pontossági-marógépeken és koordináta fúró-marógépeken van. Ezekkel közvetlen mérés-kor a beállítási pontosság 0,005...0,01 mm.

6.6. A munkadarab és a szerszám ellenőrzése

Miután meggyőződünk, hogy az elkészítendő munkadarab megmunkálásához a helyes szerszámot választottuk ki (ezzel a feladattal a 8. fejezetben részletesen foglalkozunk), először a munkadarabot kell ellenőriznünk.

A munkadarab előgyártmánya lehet nyers öntvény, kovácsdarab, hengerelt, húzott stb. anyag. Az öntvényen lehetnek olyan hibák, pl. repedés vagy beszívódás, amely eleve selejtet jelent. Ekkor a darabot félre kell tenni, mert minden további munka csak felesleges költséget jelent. Lehet azonban az öntvényen visszamaradt homok vagy olyan kemény beedződött felület, amely a szerszám élet már az első pillanatokban tönkretetheti, vagy az élek kicsorbulását, sőt a fogak kitöredezését is okozhatja. Ilyenkor ezt a kérget marás előtt köszörüléssel kell eltávolítani.

Ha kissorozatról van szó, amikor a munkadarabokat előrajzolás alapján munkáljuk meg, ez az ellenőrzés tulajdonképpen az előrajzolónak a feladata lenne, de a lelkiismeretes dolgozónak ezt a feladatot magának is el kell végeznie, mert a maró tönkretételéért nem az előrajzoló a felelős.

A kovácsdarabot mint előgyártmányt ugyancsak az előző szempontok szerint kell megvizsgálni. Az eltérés csak annyi, hogy sorjázáskor pl. a süllyesztékben kovácsolt darabokon beszakadás miatt keletkezhet selejt, vagy valahol az anyag nem futott ki a szerszámában. A megmunkálható felületen kemény reveréteg maradhat, vagy beedződhet a munkadarab, ha vörös melegen a nedves padlóra dobják. Az ilyen munkadarabok tönkretethetik a szerszám életét.

A hengerelt, húzott kiindulási darab a legmegbízhatóbb, legfeljebb a hengerlésre kerülő nyers bugában visszamaradt repedés okozhat a darab hosszan végighúzódo anyaghibát.

A szerszámkiadóból kivett szerszámnak elvileg tökéletesnek kellene lennie, de a tapasztalat szerint e téren is vannak hibák. Ezért a gondos marós a saját érdekében jár el, ha még az átvételkor meggyőződik arról, hogy a kiadott maró meg van-e élezve, nincs-e csorbulás vagy repedés a szerszámon, megfelel-e a szabványos szerszám az előírásnak.

Ilyenkor a szerszámkiadóban ellenőriztessük, hogy az élezéskor betartották-e az előírt élszögeket. Egyes szerszámkiadóknál a felszereléshez tartozik a vezetéken eltolható két csúcs. Ilyen esetben a marót központos tuskére lehet húzni és mérőórával meggyőződhetünk a maró futáspontosságáról.

7. RÁHAGYÁS, BÁZISFELÜLET, MŰVELETI UTASÍTÁS

7.1. A ráhagyás

A gyártmányok önköltségében igen tekintélyes tétel az anyagár. Ezért mindig arra törekszünk, hogy minél kevesebb legyen a hulladék, vagyis hogy minél nagyobb legyen az anyagkihasználás százaléka.

100%-os anyagkihasználást lehet elérni például csavargyártáskor, amikor a húzott rudat nyírással daraboljuk, a hatszögletes fejet sajtolással szintén anyagvesztéség nélkül alakítjuk ki, végül a csavarmentet hengerléssel készíjtjük el.

A gyakorlatban ez igen ritka eset, rendszerint csak tömeggyártásban oldhatók meg, amikor a felkészülési és szerszámköltségek a nagy darabszám miatt megtérülnek.

Ezzel szemben, ha valamely különleges méretű csavarból egy vagy két darabot kell készíteni, akkor a kész csavar legnagyobb átmérőjénél vastagabb rúdból levágunk két darabot, és ebből méretre esztergáljuk a csavar szárát és a fej hengeres átmérőjét. A szárra menetet vágunk, és a fejre hátlapot marunk. Ilyen esetben az anyagkihasználás 20...25%.

A tárgy ismeretétől és a technológus ügyességétől függ az elkészített munkadarab gyártási költsége.

Maráskor rendszerint öntvény vagy kovácsdarab a kiindulási félgyártmány, ráhagyásukat szabványosították. A ráhagyás pontos betartása azért fontos, mert ha az túl nagy, egyrészt nagyobb az anyagköltség, másrészt a többlet anyag leforgácsolása is több költséget jelent. Ha viszont az anyag ráhagyása túl kicsi, akkor fennáll a veszély, hogy a munkadarab nem adódik ki a nyersdarabból, és selejtet gyártunk.

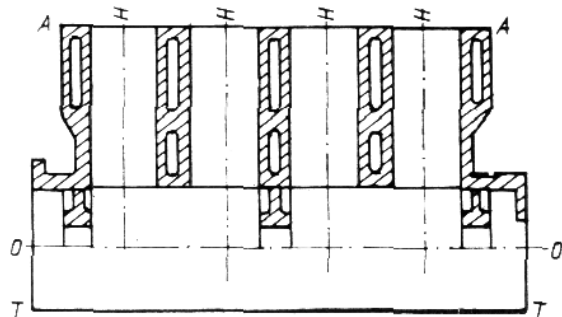
A ráhagyást a gyártmány- és gyártástervező határozza meg, ezért itt ezt a kérdést tovább nem részletezzük.

7.2. A megmunkált felületek összefüggései, egymáshoz való viszonyuk

A munkadarabon vannak működő (illesztett) felületek és szabad felületek. *A működő felületeket* a működési feltételeknek megfelelően megmunkáljuk. *A szabad felületeknek* a szerkezet működésében nincs szerepük. Ezek az alkatrész azon felületei, amelyek a méreteit határolják,

de csupán a tér levegőjével érintkeznek, ezért e felületeket atmoszferikus illeszkedésű felületeknek is nevezik.

Vannak továbbá *elemi felületek*, amelyeket egyetlen mérettel tudunk jellemezni, pl. henger, sík vagy gömb. Ezek lehetnek összetett felületek is, amelyeket két elemi felület határoz meg, mint pl. valamely fenekes furat. Ezt az átmérő és a furat mélysége határozza meg.



164. ábra. Bázisfelületek járműmotor forgattyúháztömbjén

A már kevésbé egyszerű alkatrészekon összetett felületekkel találkozunk, amelyeknek a működési feltételek miatt megszabott viszonyban kell egymáshoz képest elhelyezkedniük. Erre láthatunk példát a 164. ábrán, amely járműmotor forgattyúháztömbjét ábrázolja. A forgattyútengely helyzetét a $0-0$ főcsapágyfuratok szabják meg és a H hengerfuratoknak merőlegesnek kell lenniök a $0-0$ forgattyútengely forgástengelyére. A működési feltételek legfeljebb néhány szögmásodperc eltérést engednek meg a merőlegességtől. A hengerfej $A-A$ felfekvő felületének viszont párhuzamosnak kell lennie az $0-0$ tengellyel. Ha ez ferde, az egyes hengerek sűrítési térfogata nem lesz egyenlő, különböző nyomással és teljesítménnyel dolgoznak.

Vannak olyan felületek, amelyek nem a működési feltételek miatt függnek össze, hanem a megmunkálás szempontjából van fontos szerepük. Pl. a forgattyúszekrény alapfelületére csak az olajteknőt csavarozzák, működés szempontjából állhatna ferdén is az $0-0$ tengelyhez, de a $T-T$ talpfelület megmunkálásakor kiindulási felület (*bázisfelület*). Ezt a felületet munkáljuk meg legelőször, rendszerint marással, és erre felfektetve vele párhuzamosan marjuk le az $A-A$ hengerfej felületet. Most már két párhuzamos felületünk van, amelyekre merőlegesen fúrjuk ki a hengerfuratokat.

A $0-0$ főcsapágyfuratok tengelye az $A-A$ és $T-T$ felületekkel párhuzamosan, a hengerfuratok középvonalában fekszik, azokra merőleges.

Egyedi gyártás esetén a nyers öntvényeket előrajzolják, és az előrajzolásból kiindulva kell a munkadarabot a marógép asztalára felfogni. Tömeggyártáskor az előrajzolás megdrágítaná és hosszadalmassá tenné a gyártást. Ekkor a nyers darabot készülékbe helyezik, és tájolásra elfogadják a nyers felület megfelelően megválasztott felületrészét; így kezdik el az első műveletet.

Gyakran előfordul, hogy a készülékbe fogott nyers darabon több felületet is megmunkálunk. Ezzel a további megmunkálásokhoz készíthetünk kiindulási felületeket.

A gyártandó darabszám alapján pontos kalkulációval kell eldönteni, hogy a gazdaságos gyártáshoz milyen készülékre és szerszámokra van szükség.

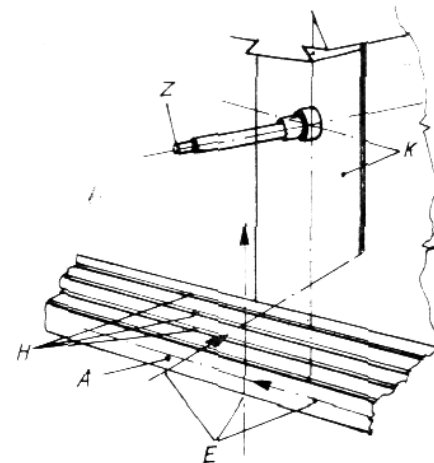
7.3. Kiindulás a megmunkáláshoz a marógép felfogó felületétől

A munkadarabokat a marógép asztalára rendszerint két lépésben fogjuk fel: először beállítjuk, aztán leszorítjuk. A beállítás a marógép felfogófelületének és a munkadarab bázisfelületének az összehangolása.

A marógép vonatkozási felületei a 165. ábrán láthatók. Az A asztalfelület és a K megmunkált sima konzolvezeték egymásra merőleges. Az asztal vezetőhornyait a K felülethez képest úgy állították be, hogy az asztal középvonalának az iránya sem kereszt-, sem hosszirányú elmozdulás közben nem változik. A Z marógép-főorsó tengelye merőleges a K konzolfelületre és párhuzamos az A asztalfelülettel. A függőleges asztalelőtolás iránya párhuzamos a K felülettel és merőleges az Z tengelyre. Az asztal H hornyai egymással és az asztal oldalfelületével párhuzamosak, irányuk azonos az asztal hosszlejtésének irányával.

Függőleges marógépen a főorsó tengelye merőleges az asztalfelületre, de párhuzamos a K konzolvezetékkel, ill. annak felületével.

Ha a marógép asztala nem forgatható, akkor az



165. ábra. A marógép vonatkozási felületei: A az asztal felfogó felülete; K marógép konzolvezetékek megmunkált felülete; H hornyok a marógép asztalfelületén; Z marógép-főorsó; E mellékmozgási irányok

előbbi vonatkoztatási felületek állandók. Ha az asztal forgatható — mint egyetemes konzolos marógépen —, a munka megkezdése előtt gondosan ellenőrizni kell, hogy az asztal pontosan a kiindulási helyzetben van-e. Ebben az esetben a forgószámoly fokbeosztásán a jelzővonal 0° állásban van, de megbízhatóbb, ha a főorsóra fogott mérőórát az asztal oldalfelületére állítva az asztalt teljes előtoláshosszban elmozgatjuk, és meggyőződünk arról, hogy a mérőóra nem mutat-e kitérést.

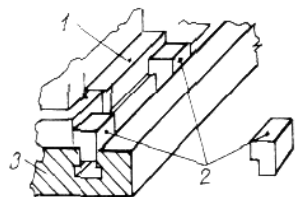
A gépsatu egyszerű és párhuzamos felületű munkadarabok befogására alkalmas. Befogópofái a főorsóval párhuzamosak vagy arra merőlegesen legyenek.

A gépsatu alapján általában két, egymásra merőleges horony található. Az egyik a befogópofák síkjával párhuzamos, a másik azokra merőleges. Ezekbe a hornyokba csavarokkal rögzített, pontosan illeszkedő tájolótuskókat lehet szerelni, amelyek a marógép hornyaiba is pontosan illeszkednek. Így a szorítópofák felületeit az előtolás irányára merőlegesen vagy párhuzamosan lehet beállítani.

Ha a satu alapján nincsenek vezetőhornyok, akkor a satu megmunkált hosszabbik oldaláról indulunk ki, mert ez a felület is merőleges a pofákra (166. ábra).

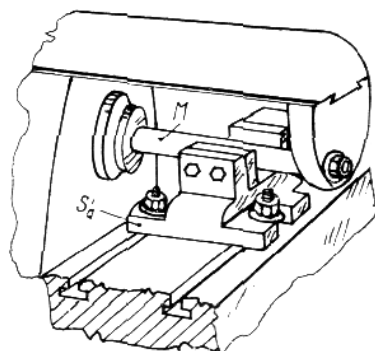
A beállítás tájolótuskókkal gyors, de nem teljesen megbízható, mert mind a vezetőhornyok, mind a satu felületei megsérülhetnek és már nem alkalmasak pontos bázisnak a beállításához. Ezért pontosabb munkákhoz helyesebb a következő módszerekhez folyamodni.

a) A 167. ábrán közvetlenül a marótüskével állítjuk be a gépsatut. Az S_4 álló satupofát a főorsóba helyezett M marótüskéhez ütköztetjük.



166. ábra. Támasztóütközők alkalmazása:

1 satu alaplemeze; 2 ütköző; 3 gépasztal



167. ábra. Gépsatu beállítása a marótüskével:

M marótüske; S_4 a satu állópofája. A satupofák merőlegesen az asztalelőtolás irányára

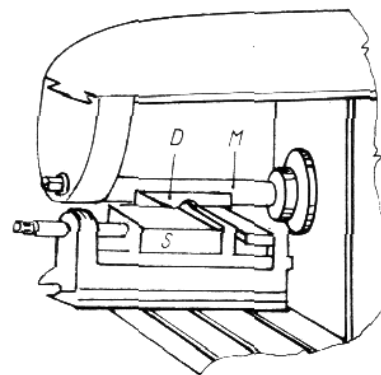
Azért kell az állópofát ütköztetni, mert a mozgópofa a játékkal illeszkedő vezetője miatt nem elég pontos. A pontos beállítást a pofa két végébe helyezett selyempapírcsík megkönnyíti. A satut úgy állítjuk be, hogy a pofa és a tüske között a két papírcsík egyformán tapadjon. Utána a satut az asztalon rögzítjük.

b) Ha az S satut keresztbe kell felfogni, azaz a satupofának a főorsóra merőlegesen kell állnia, akkor a 168. ábrán látható módszert alkalmazzuk. A satupofák közé a D derékszöveget fogjuk be, és a derékszög másik szárát állítjuk be papírcsíkokkal a marótüskével párhuzamosan.

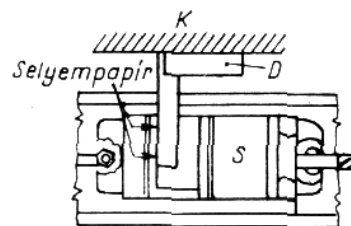
c) Függőleges marógépen a főorsó nem alkalmas a beállításra. Ekkor a 169. ábra szerint a K konzolvezetékhez állítjuk be a satu fogott derékszöveget ugyancsak papírcsíkokkal.

d) A keresztirányú beállításához, vagyis amikor a satupofának az asztal felfogóhornaival párhuzamosan kell állniuk, két derékszöveget használunk (170. ábra). A két összeerősített derékszöveget egyrészt a satu fogjuk, másrészt a K konzolhoz állítjuk.

e) Pontosabb beállításokhoz legcélszerűbb mérőórát használni. Ekkor mind a főorsó, mind a konzolvezeték lehet bázis (171. ábra). Az M mérőórát két T távtartó gyűrű közé fogjuk a marótüskére, hogy

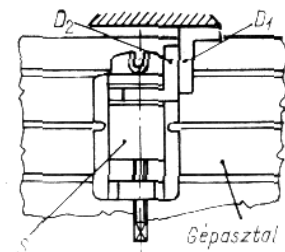


168. ábra. Gépsatu beállítása a marótüskéhez fektetett derékszöggel: M marótüske; D derékszög; S satu. A satupofák párhuzamosak az asztalelőtolás irányával



169. ábra. Gépsatu beállítása a K konzolvezetékhez fektetett D derékszöggel:

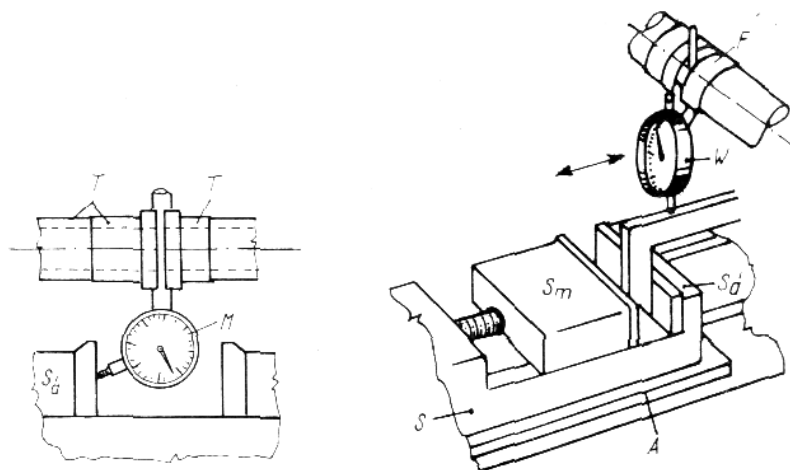
S a satu. A satupofák merőlegesen az asztalelőtolás irányára



170. ábra. Gépsatu beállítása két (D_1 és D_2) derékszöggel a K konzolvezetékhez:

S satu. A satupofák párhuzamosak az asztalelőtolás irányával

a tapintó az S állópofával érintkezzen. Attól függően, hogy a satupofának hosszában vagy keresztben kell állnia, hosszirányú vagy keresztirányú előtolással kell ellenőrizni a beállítás helyességét. Először csak durván állítjuk be a satut, aztán addig helyesbítjük az előtolással a beállítást, amíg a mérőóra mutatója nem mozdul ki.



171. ábra. Gépsatu beállítása mérőórával:
 M mérőóra; T távtartógyűrű;
 S álló satupofa

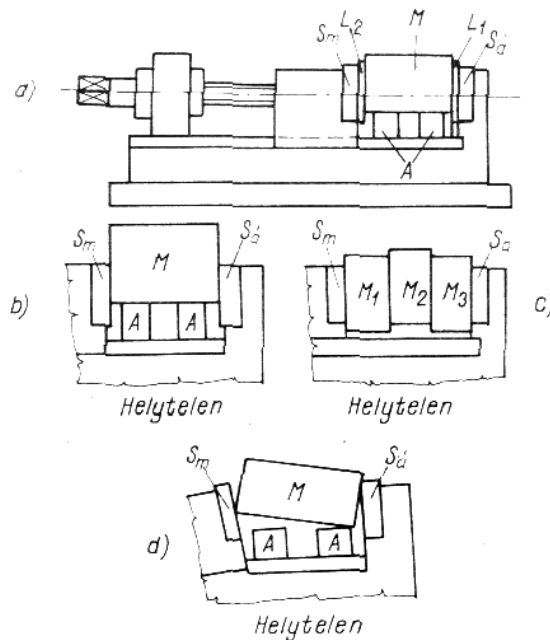
172. ábra. A satupofák függőleges helyzetének ellenőrzése:
 F főorsó; D derékszög; S satu;
 S_a álló satupofa; S_m mozgó satupofa; A alátét

f) Kényesebb munka esetén helyes magát a gépsatut is ellenőrizni abból a szempontból, hogy a satupofák tényleg merőlegesek-e a satu alaplapjára, azaz függőlegesen állnak-e. Ekkor a 172. ábra szerint a D derékszöget az S_a álló satupofához kell szorítani úgy, hogy az S_m mozgópofa és a derékszög közé az A fa alátétet tesszük. Az M mérőóra tapintóját a derékszög szabad szájára állítjuk, és a hosszirányú előtolás bekapcsolásával meggyőződhetünk arról, hogy a satupofák merőlegesek-e a satu alaplapjára. Ez esetben a mérőórának nem szabad előtolás közben kitérést mutatnia.

A satu beállításhoz hasonlóan végezhetjük az egyéb befogószerkezetek beállítását is.

A munkadarab leszorítása előtt mindkét satupofát gondosan meg kell tisztítani. A munkadarab mindkét satupofán teljes hosszában fekdjön fel. Ne fektessük közvetlenül a satu fenekére őket, hanem a fenékre helyezett egyforma méretű, edzett és pontosan párhuzamosra

köszörült A alátétekre (173. ábra). Célszerű, ha a satupofákra egyforma vastag lágy (alumínium, réz) borítólemezeket teszünk, hogy az edzett pofák a munkadarab már megmunkált felületeit meg ne sértsék (az ábrán L_1 és L_2). A munkadarab csak kicsit álljon ki a pofákból. Az S_a és S_m pofák párhuzamosak és az A alátétekre merőlegesek legyenek. Helytelen felfogás látható a 173b ábrán, mert a munkadarab nagyon kiáll a pofák felett és a forgácsolóerő kibillentheti a befogásból. Ezért a különböző magasságú munkadarabokhoz különböző méretű alátéteket kell használni.

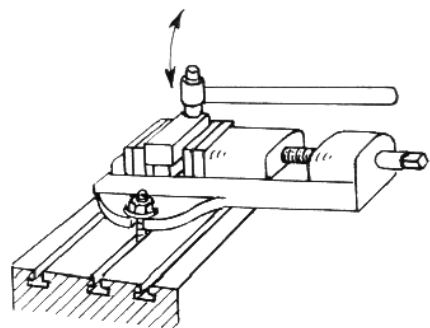


173. ábra. A munkadarab felfogása gépsatuban:
 M munkadarab; S_a és S_m álló, ill. mozgó satupofák;
 M_1 , M_2 és M_3 munkadarabok

A 173c ábrán helytelenül egyszerre három munkadarabot fogtak fel. A tapasztalat szerint akármilyen erősen is szorítjuk meg a satupofákat, a forgácsolóerő fellépő rezgések miatt a munkadarabok kicsúsznak a befogásból. Legkönnyebben a középső darab csúszik ki, a maró ki is ránthatja a satuból. Még ha ez nem is következik be, a három munkadarab nem lesz egyforma magas. Egyszerű, párhuzamos pofák közé egyszerre csak egy munkadarabot szabad felfogni.

A 173d ábra torzítva mutatja a munkadarab elhelyezkedését a pófák között, ha az S_m mozgópofa vezetéke kopott, és a két pofa a szorítóerő hatására kimozdul a párhuzamos helyzetéből. Ennek következtében a mart felület nem lesz párhuzamos a felfekvő felülettel. Az ilyen bizonytalan felfogás esetén a munkadarab kimozdulhat a pófák közül.

A satut kézzel közepes erővel húzzuk meg. Nem szabad hosszabbítóval vagy a karra mért kalapácsütésekkel a satut erőltetni. Ha kézi behúzásra nem szorít kellőképpen, akkor a satu rossz, menetei tönkrementek vagy megrozsdásodtak. Ilyenkor a satu meg kell javítani.

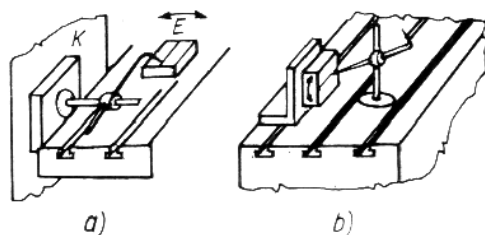


174. ábra. A munkadarabot szorítás után kalapáccsal kell végleges helyére ütni

Ha a munkadarabot a pófák között megszorítottuk, akkor lágy anyagból készült kalapáccsal (de semmi esetre se vaskalapáccsal) ütögessük meg, és ellenőrizzük, hogy az alátéteken felfekszik-e (174. ábra). Ütögetés után már nem szabad a satu utána húzni, mert a munkadarab elmozdulhat.

A munkadarab szorítás utáni helyre ütését elkerülhetjük, ha a 83. ábrán ismertetett leszorító satupófákkal dolgozunk.

A munkadarab beállítása előrajzolás alapján. Egyedi gyártásban, amikor nem gazdaságos a drága felfogó készülék, a munkadarabot előrajzolják és ennek alapján kell a beállítást elvégezni. Ha már van megmunkált felület, akkor azt fogadjuk el bázisfelületnek, és arra fektetve állítjuk be a munkadarabot. A 175a ábrán a munkadarabot a megmunkált felületével az asztalra fektettük és talpas rajztű segítségével állítjuk be



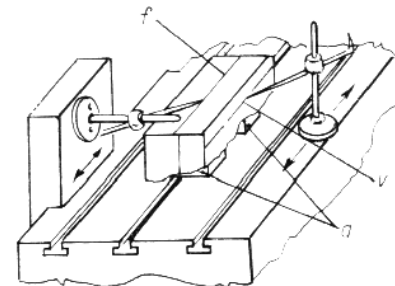
175. ábra. A munkadarab beállítása előrajzolás alapján: a vízszintes síkban; b függőleges síkban

az előrajzolt középvonal szerint. A talpas rajztűt ez esetben az asztal lapjára merőleges felületen, pl. a K konzolvezetéken mozgatjuk, és a munkadarabot addig állítjuk, amíg a berajzolt középvonal végig a rajztű vonalába nem esik. Ezután a munkadarabot a 4. fejezetben ismertetett módon rögzítjük.

A beállítást az előzőleg ismertetett módon végezzük el, ha a munkadarab derékszögű felfogólapon nyugszik és az előrajzolt vonal szerint a függőleges síkban kell beállítani (175b ábra). Ekkor a talpas rajztűt magán a gépasztalon mozgatjuk.

Ha a munkadarab nyers és az első felület megmunkálására kell beállítani, akkor két előrajzolt középsík alapján két rajztűvel állítjuk be a munkadarabot. Alátétekkel és éekkel addig igazítjuk, amíg mindkét rajztű végighúzva a két előrajzolt vonalon nem halad (176. ábra).

A nagyobb és nehezebb munkadarabokat emelőcsavarokkal állítjuk be. A bonyolultabb munkadarabok beállítását megnehezíti, hogy sokszor nyers furatokat kell bázisként venni, vagy berajzoláskor az öntvények falvastagságából kell kiindulni.



176. ábra. A munkadarab beállítása [két, egymásra merőleges előrajzolt középsík szerint:

f függőleges középsík nyomvonala; v vízszintes középsík nyomvonala; a kiékelő alátétek

7.4. Felfogás és leszorítás

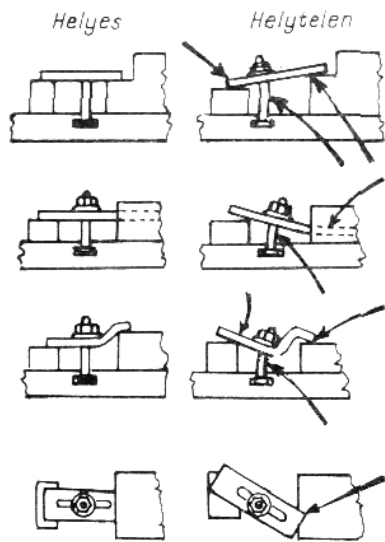
Miután a munkadarabot a marógép asztalán beállítottuk és tájoltuk, óvatosan, hogy beállított helyzetéből el ne mozduljon, le kell szorítanunk. A tájolást már a 3. fejezetben is említettük, a leszorítóelemeket pedig a 4. fejezetben tárgyaltuk. Most a leszorítóelemek alkalmazását és a munkadarab tájolását ismertetjük.

A helyes leszorítás szabályai:

A munkadarabot, a marógép asztalát és a felfogó készüléket gondosan meg kell tisztítani, és a forgácsot eltávolítani.

A munkadarab éleiről az esetleges sorját reszelővel kell eltávolítani.

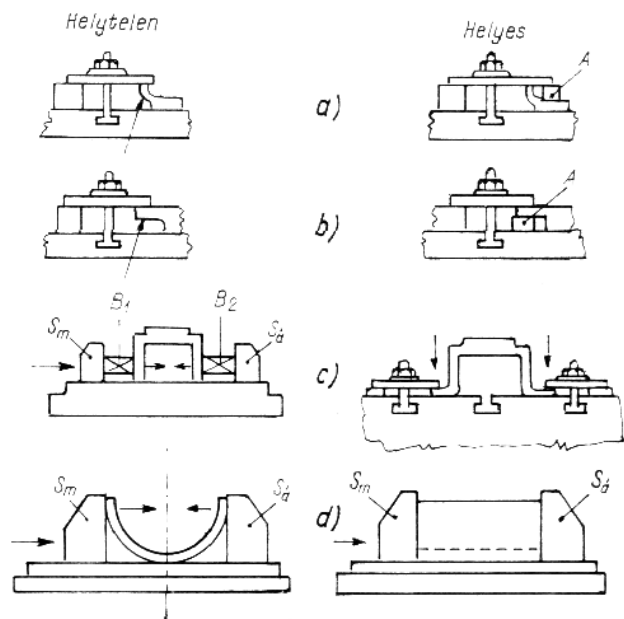
A szorítóvasak helyes használata látható a 177a, b, c ábrákon. A 177d, e, f ábrákon helytelen alkalmazást látunk. A szorítóvas itt nem lapon, hanem él mentén érintkezik a munkadarabbal. Megfelelő súrlódófelület hiányában a szorítóelem felfekvése bizonytalan. Bármilyen erősen húzzuk meg a csavart, a munkadarab a forgácsolóerő hatására



177. ábra. Szorítóvasak alkalmazása

elmozdulhat. A 177a ábra azt szemlélteti, hogy a szorítócsavarnak minél közelebb kell kerülnie a munkadarabhoz. Ez a merev leszorítás feltétele. Ha a szorítócsavar az alátéthez van közel, akkor azt szorítja és nem a munkadarabot. A szorítóvas ne álljon ferdén, mint a 177g ábrán, mert akkor csak a sarka fog, a szorítás gyenge.

Ha leszorításkor elfeszítjük, elhúzzuk a munkadarabot, akkor a művelet után a csavarokat fellazítva, a darab a felfogás előtti állapotába ugrik vissza, és a termék selejt lesz (178. ábra). A 178a és b ábrán látható, hogy a munkadarabot csak olyan helyen szabad a szorítóvasal leszorítani, ahol felfekszik az asztalra. Ha a nyíllal jelölt helyeken



178. ábra. Vékonyfalú munkadarabok leszorítása

A alátét nélkül szorítunk, a munkadarab elvetemedik. A 178c és d ábrán láthatjuk, hogyan torzul el a munkadarab, ha a satuba helytelenül fogják fel.

Vékonyfalú, könnyen elhajló munkadarabot a gépasztalra kell szorítani (178c ábra), vékony csapágyperselyt pedig csak a homlokfelületein szabad a satuban megszorítani (178d ábra).

Az elhúzódásból, elfeszítésből eredő hibákat csak a leszorítócsavarok lazítása után lehet megállapítani, ezért a méreteket a fellazítás előtt és után is meg kell mérni. Csak így állapíthatjuk meg az elhúzódás nagyságát. Természetesen a helyes méretnek a fellazítás után kell megmaradnia.

Az anyagban az előgyártás után (öntés, kovácsolás, hengerlés stb.) mindig feszültség marad vissza. Ezt kényes munkadarabokban igyekeznek hőkezeléssel feloldani, ennek ellenére, ha a munkadarabról nagyobb mennyiségű anyagot távolítunk el, a feszültségi egyensúly felborulhat, mert nagyoláskor is nagymértékben felmelegszik a darab. Az ilyen egyenlőtlen felmelegedés újabb visszamaradó feszültségeket okozhat.

Kényes esetekben ezért nagyolás után az újabb feszültségmentesítő hőkezelést szokták alkalmazni.

A helyes felfekvést papírcsíkokkal ellenőrizzük. Ez többletmunka, ami mindig sokszorososan megtérül.

A munkahely általános rendjére nagy gondot kell fordítani. Csavarok, anyák, kulcsok mindig kifogástalan állapotban legyenek. Az összekevert és túlhúzás következtében megnyúlt csavarmeneten az anya megszorul és olyan látszatot kelt, hogy meg van húzva. A hibás csavarokat, anyákat azonnal ki kell cserélni. A szétnyílt, kikopott villáskulcs leugrik az anyáról és balesetet is okozhat. Ha csak lehet, zárt kulcsokat használjunk, és kerüljük a hosszabbító használatát.

A csavarokat és anyákat gondosan kell olajozni. Tartsunk különböző hosszú csavarokat. Ha túl hosszúak, igen soká tart, amíg az anyát végighajtjuk, ha pedig rövidek, nem lehet eléggé meghúzni, mert a menet kiszakad. Az anyák alá mindig tegyünk alátétet.

Ha a készülék, satu vagy a gépasztal megrongálódott, azonnal javíttassuk meg. A felütődött felületen nem fekszik fel pontosan a munkadarab és selejtté válhat. Az ilyen sérülések annak a következményei, hogy szerszámot vagy munkadarabot dobnak az asztalra vagy készülékre. Ezért a gépasztalon sem szerszámot, sem egyéb súlyos vastárgyat tárolni tilos. Nehéz öntvényeket vagy kovácsdarabokat ne tologassunk a gépasztalon. Erre a célra tartsunk deszkákat.

Cég		MŰVELETI UTASÍTÁS				Műv. ut. száma	Lapszám		
Gyártási jel	Rajkszám	Munkadarab megnevezése			Munkadarab jele				
Anyag	Nyersméret	Anyag áll.	Művelet megnevezése	Művelet jele	Műveletterv sz.				
Vázlat:									
Sor- szám	Művelet tagozódása		Megm. felület	Szerszám, mérőszköz, készülék	$\frac{v}{m}$ perc	$\frac{n}{1}$ perc	$\frac{v_e}{mm}$ perc	f fogás- mély- ség	Fog- gás- szám
Kiállította	Kelet	Ellenőrizte	Kelet	Előkészületi idő*		Darabidő*		Érvényes darabsz.-ra	
				norm. idő	pótidő	norm. idő	pótidő	-tól	-ig
Javítások									
Jel	Javította	Kelet	Ellenőrizte	Kelet	Műhely	Csoport	Géptípus		Gépleltári sz.
							norm.	„a”	
							szükség szerinti változat	„b”	
								„c”	
								„d”	
Kapja: péld. oszt.									

* A művelettagozódás, az előírt értékek és a norm. — előírányozott idők a tervezetnél normális gyártási körülményekre, pl. normális gépi beállítás mellett értendők. Szükségmegoldások esetén, ha a tényleges munkaidő hosszabb a norm. időnél, akkor ezt pótlékolni kell.

179. ábra. Műveleti utasítás nyomtatványa

7.5. Műveleti utasítás

A gépeket kezdetben úgy gyártották, hogy a szerkesztő elkészítette a részletrajzot, amiből az összeállítási rajz segítségével a gép működését is és összeállítását is meg lehetett érteni. Ennek alapján elkészítették az öntőmintákat, a nagy kovácsdarabokat, valamint a kisebb alkatrészeket is. Ezen a rajzon nem szerepelt semmiféle mérettűrés vagy illesztés, a szakmunkásra bízták az illeszkedő alkatrész mérethelyes elkészítését.

Ez az egyedi gyártásban az akkori igényeknek megfelelt. Cserélhetőségről szó sem volt.

Azóta kifejlődött a nagysorozat- és a tömeggyártás, amelyben egyegy munkadarabra fordított minden gramm anyagtöbblet és minden másodperc többletidő összességében igen tekintélyes lehet. Ezért a leggazdaságosabb félgyártmányból kell kiindulni és a legtermelékenyebb gyártási technológiát választani. Ez csak úgy valósítható meg, hogy minden alkatrészt külön megrajzolunk és az elkészítésére pontos utasításokat adunk. Ezeken a rajzokon bejelöljük a mérettűréseket, a felületi és alakhüsi előírásokat és egyéb feltételeket a működés biztosítására.

Ilyen rajzok kerülnek a gyártástervező kezébe, aki a rajzon szereplő anyagelőírásokat kiegészíti. Azután leírja a gyártás menetét, amely a nyersanyag beérkezésétől a kész gyártmány ellenőrzéséig minden műveletet magába foglal. Szerelésre és anyagmozgatásra külön műveletterv készül, de ez kívül esik e könyv tárgykörén.

A műveletterv összefoglalja a teljes munkamenetet, tartalmazza az összes műveleteket. A korszerű gépgyártásban az egyes műveleteket is részleteire kell bontani. A műveleteket így teljes részletességgel az egyes műveletekről készült műveleti utasítások adják meg. Ez azt jelenti, hogy külön műveleti utasítása van az esztergálásnak, a fúrásnak, marásnak, köszörülésnek stb.

A gépiparban szabványosított műveleti utasítás üres nyomtatványa a 179. ábrán látható.

8. A MARÁS TECHNOLÓGIAI ADATAINAK MEGHATÁROZÁSA

8.1. A forgácsolósebesség és a szerszám éltartamának összefüggése

A marási munka termelékenységében és a gazdaságosságában döntő szerepe van a gép teljesítménye kihasználásának. A teljesítmény azonban két tényezőtől függ: a fellépő erőhatástól és az alkalmazott forgácsolósebességtől. Az 5. fejezetben igen részletesen foglalkoztunk a marás különféle változataiban fellépő erőhatások meghatározásával. A következőkben a marás forgácsolósebességével foglalkozunk részletesen. Ehhez kapcsolódik a szerszám éltartamának fogalma. Már előzőleg megállapítottuk, hogy a maró éltartamát akkor merítettük ki, ha a hátkopás bizonyos meghatározott értéket ért. Ezt az értéket a szerszámélnék a munkában eltöltött ideje, az élvonalegységre eső terhelés és a forgácsolósebesség határozza meg. Ha a forgácsolósebesség kicsi, akkor az éltartam hosszú, ha nagy, akkor a megengedett hátkopás igen gyorsan bekövetkezik. A feladat: megtalálni a forgácsolósebesség és az éltartam optimumát.

Ha túl nagy a sebesség, akkor az éltartam igen rövid, a szerszámot igen gyakran kell cserélni. A mellékidő (a szerszámcsere ideje) nagyobb lehet, mint a gépidő, azaz a forgácsolásban eltöltött idő. Az éltartam akkor gazdaságos, ha a szerszámcsere mellékideje a gépi időnek csak töredéke.

Esztergáláskor a szerszámcsere aránylag gyors, rendszerint csak néhány másodpercet vesz igénybe. Ez esetben gyorsacél szerszámokra a gazdaságos éltartamot 60 percre szokták felvenni. A forgácsolósebességet ekkor tehát úgy kell megválasztani, hogy a megengedett hátkopás 60 perc forgácsolási idő után következzen be. A drágább keményfém szerszámokra 150 perces a gazdaságos éltartam.

A marószerszámok nagyobb ára miatt a gazdaságos éltartamot rendszerint egy műszakban, azaz 480 percben állapítják meg. Ezt a hosszabb éltartamot indokolja a marószerszám hosszabb szerszámcsereje is.

Az éltartam és a hozzá tartozó forgácsolósebesség meghatározása marás esetén nehéz feladat, mert ezt igen sok tényező befolyásolja. Az éltartamot meghatározó hátkopás mértéke a különféle marók és marási

munkák esetén nem azonos. Más a hátkopási érték, ha gyorsacél vagy keményfém szerszámmal nagyolunk, más ha kis átmérőjű szármaróval hornyot marunk.

Nagyoláskor — mivel nincs szigorú felületi érdességi előírás — a szerszám jobb kihasználása érdekében nagyobb hátkopást engedünk. A forgács vastag, tehát a hátkopás növekedése nem hozza magával a fő forgácsolóerő, ill. a teljesítmény túlzott növekedését. Ezzel szemben simításkor a felületi érdességi előírás betartása miatt csak kisebb hátkopást engedünk meg.

Ugyancsak kis mértékű hátkopást engedünk a kis átmérőjű szármarókra, mert a szerszám gyenge, csak kis mértékű erőnövekedést bír ki törés nélkül. Ilyen munkáknál természetesen nem a gép teljesítménye mérvadó a gépkivétel szempontjából, hanem a szerszám szilárdsága.

Ugyancsak nehéz feladat elérni azt, hogy az összes marófogakon egyenletes legyen a hátkopás. Ennek előfeltétele, hogy a maró teljesen központosan fusson, és az egyes fogak élezése teljesen megegyezzen mind felületi minőségük, mind alakhűségük tekintetében. Minthogy a gyakorlatban ezt tökéletesen megvalósítani nem tudjuk, ezért mindig találunk egy olyan fogat, amely legelőször éri el a megengedett hátkopás értékét. Ekkor a marót újra kell élezni, különben a túlzott kopás miatt az új, tökéletes élek elérésére többet kell a maróból leköszörülni. Ez a szerszám kihasználási fokát rontja, mert kevesebbszer lehet újra-köszörülni.

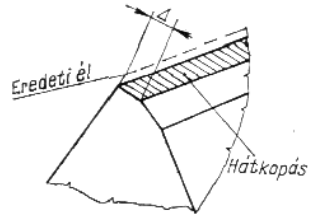
A 6. táblázatban közöljük különféle marókra a nagyoláskor és simításkor megengedhető hátkopási értékeket. A táblázatból látható, hogy legtöbb esetben az acél és az öntöttvas megengedhető hátkopási értékei nem egyformák.

Ha valamilyen okból kívánatos a hátkopás további csökkentése, a hátkopás változását a forgácsolási idővel arányosnak tételezzük fel. Ez nem teljesen helytálló, mert a kezdeti kopás időszakában a kopás gyorsabb, mint a későbbi, egyenletes kopás időszakában. Ez azonban csak akkor okoz lényeges eltérést, ha az élezés túl durva és emiatt a kezdeti kopás időszakában rohamos kopás lép fel.

A T éltartam és a v forgácsolósebesség között a Taylor-féle összefüggés áll fenn. Ha ismerjük valamely meghatározott körülmények között a v_1 forgácsolósebességhez tartozó T_1 éltartamot percekben, akkor más v_2 sebességhez tartozó T_2 éltartamot a következő összefüggésből számíthatjuk:

$$v_1 T_1^m = v_2 T_2^m = C, \quad (8.1)$$

6. táblázat

Az élettartamot meghatározó hátkopási értékek és az m hatványkitevő értékei

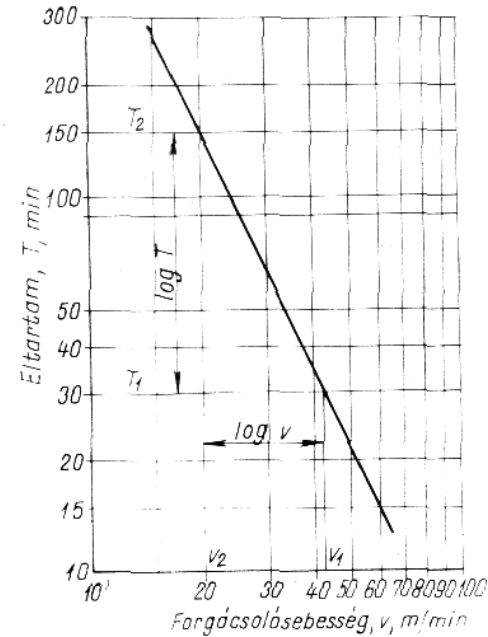
Marófajta	Mégmunkálendő anyag	Marási mód	Megengedhető legnagyobb hátkopás d , mm	m hatványkitevő		
				gyors- acél	ke- mény- fém	
Palástmaró	Acél	Nagyoló Simitó	0,4...0,6 0,15...0,25	0,33	0,20	
	Öntött- vas	Nagyoló Simitó	0,5...0,8 0,2...0,4	0,25	0,25	
Homlokmaró	Acél és öntött- vas	Nagyoló Simitó	1,0...1,5 0,2...0,4	0,20 0,15	0,20 0,25	
Szármaró	$D < 15$ $D > 15$	Acél és öntött- vas	Nagyoló	0,15...0,2 0,3...0,5	0,33	0,20
	$D < 15$ $D > 15$	Acél és öntött- vas	Simitó	0,1...0,15 0,2...0,25	0,25	0,25
Háromoldalú tárcsamaró	Acél és öntött- vas	Nagyoló Simitó	0,4...0,6 0,15...0,25	0,20 0,15	0,20 0,25	
Beszűrő és leszűrő fűrész tárcsa	Acél és öntött- vas	Nagyoló és Simitó	0,15...0,2	0,20 0,15	0,20 0,25	
Martfogú alakmaró	Acél és öntött- vas	Nagyoló Simitó	0,5...0,6 0,2...0,3	0,33 0,25	0,20 0,25	
Hátramunkált fogú alakmaró	Acél és öntött- vas	Nagyoló Simitó	0,3...0,4 0,15...0,2	0,33 0,25	0,20 0,25	

ebből

$$\frac{v_1}{v_2} = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^m; \quad v_1 = v_2 \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^m. \quad (8.2)$$

Az m kísérletileg megállapított hatványkitevő; értékeit szintén megtaláljuk a 6. táblázatban.

A (8.1) és (8.2) képletek összefüggéseit a 180. ábra szemlélteti kettős-logaritmusos skálán.

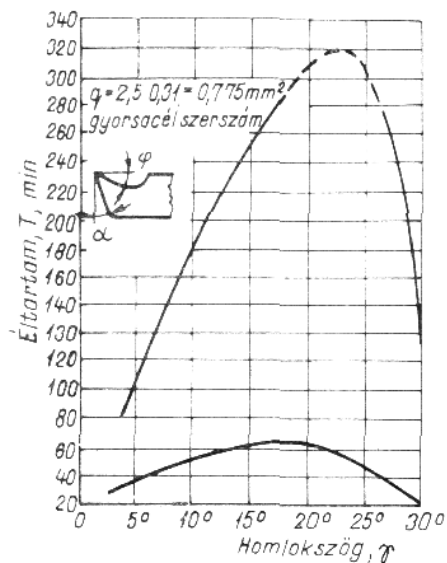


180. ábra. Az élettartam és forgácsolósebesség összefüggése

E képleteket akkor használhatjuk, ha ismerjük valamely v forgácsolósebességhez tartozó T élettartamot. Ha nincs ilyen tapasztalati összefüggésünk, akkor a sokkal bonyolultabb képletekkel kell számolnunk [l. a 8.3. alfejezetet; (8.4)–(8.43) képletek]. A különböző kutatók által megadott képletekkel kiszámított értékek egymástól eltérnek, ezért több számítási eljárást ismertettünk.

Mielőtt ezekre rátérnénk, emlékeztünkbe kell idéznünk az éltartam és a γ homlokszög közötti igen fontos összefüggést.

Bostonnak és Gilbertnek ez a kísérlete gyorsacél esztergakékre vonatkozik, de értelemszerűen alkalmazható gyorsacél marókra is, különösen *homlokmáro*kra. Mint a 181. ábrán látjuk, a homlokszög 3° és 30° között változik. $20\dots22^\circ$ -nál a szerszám éltartama 3° -hoz viszonyítva kb. az ötszörösére növekszik. Ugyanez az eredmény nagyobb forgácsolósebesség esetén is, de ekkor az éltartam értékei természetesen kisebbek.



181. ábra. Az éltartam változása a homlokszög függvényében. Boston és Gilbert kísérlete

Ezért még $90\dots100 \text{ kp/mm}^2$ szakítószilárdságú acélok simítására is $e_1 = 0,38 \text{ mm/fog}$ értékig $\gamma = 20^\circ$ homlokszögű élkiképzés ajánlatos. Ez pedig olyan forgácsvastagság, ami marás esetén ritkán fordul elő. Ebből azt a következtetést vonhatjuk le, hogy gyorsacél szerszámok homlokszögének növelése különösen acél megmunkálásakor mind az éltartam növelése, mind a forgácsolóerő csökkentése céljából igen előnyös.

A hazai marószabványokban ez kellőképpen nem jut érvényre, de a szerző tapasztalatai szerint a fent ajánlott értéket bátran lehet alkalmazni; ezt a 121. ábrán látható kísérleti eredmények igazolják. E kísér-

7. táblázat. Marók élszögének kialakítása gyorsacél és keményfém szerszámokhoz, a megmunkálendő anyag függvényében

Megmunkálendő anyag	Szerszám anyaga	Marófej												
		Palástmaró		Homlokmaró és marófej				Kereszfogású tárcsamaró				Szármaró		
		σ_n	ω°	σ_n	γ_n	λ°	σ_n	γ_n	λ°	σ_n	γ_n	λ°	σ_n	ω°
Öntöttvas (Öv. 26)	Gy	6...8	15	6...8	15	20	6...8	15	15	15	15	7	15	30
	K	—	—	6	8...12	10	6	8...10	8...10	15	15	7	8...10	30
Kemény vasöntvény	Gy	4...6	10	3...5	8	10	3...5	8	0...4	10	10	4...6	10	15
	K	—	—	3...4	0...4	10	3...4	0...4	0...4	10	10	3...4	4...6	10
Temperöntvény	Gy	5...7	16	5...7	15	20	5...7	15	5...7	20	20	6...8	15	30
	K	—	—	5	8	10	5	8	5	10	10	4...5	8	20
Acélöntvény $\sigma_B = 45 \text{ kp/mm}^2$ -ig	Gy	5...7	10	5...7	20	20	5...7	20	5...7	20	20	6...8	20	30
	K	—	—	5	6...8	10	5	6...8	6...8	10	10	6	6...8	20
Szerkezeti acél $\sigma_B = 60 \text{ kp/mm}^2$ -ig	Gy	7	22	7	22	25	7	22	7	22	20	8	25	40
	K	—	—	6...7	5	10	6...7	5	5	10	10	7	5	20
Szerkezeti acél $\sigma_B = 90 \text{ kp/mm}^2$ -ig	Gy	6	20	6	20	25	6	20	6	20	15	7	22	40
	K	—	—	5...6	—5	—10	5...6	—5	—10	—10	—10	6...7	—5	10
Szerkezeti acél $\sigma_B = 110 \text{ kp/mm}^2$ -ig	Gy	5...6	18	5...6	18	20	5...6	18	5...6	18	10	6	18	20
	K	—	—	4...5	—10	—10	4...5	—10	—10	—10	—10	5...6	—8	10
Sárgaréz	Gy	6...8	15	6...8	12	20	6...8	15	6...8	15	20	6...8	12	35
	K	—	—	5...7	8	10	5...7	8	12	10	10	6	8	15
Bronzöntvény	Gy	5...7	12	5...7	12	20	5...7	12	5...6	12	15	6...8	10	30
	K	—	—	5	8	10	5...6	8	8	10	10	6	8	20
Alumínium	Gy	8	25	8	25	35	8	25	8	25	30	10	25	40
	K	—	—	7	22	25	7	22	7	22	20	10	22	20
Al—Mg-öntvények	Gy	8	45	8	22	35	8	22	8	22	20	10	22	30
	K	—	—	7	18	20	7	18	7	18	15	8	15	15
Műanyag	Gy	8	35	8	20	25	8	20	8	20	30	7	15	30
	K	—	—	7	15	20	7	10	7	10	20	7	10	20
Textilbakelit	Gy	8	45	8	20	25	8	20	8	20	30	8	15	30
	K	—	—	7	18	25	7	12	7	12	20	8...10	12	20
Keménypapír	Gy	8	45	7	25	25	7	25	8	25	30	10	20	40
	K	—	—	7	20	15	7	20	8	20	20	8	16	20

Megjegyzés: Gy: gyorsacél.—K: keményfém.

letek során viszonylag lágy acélt $\gamma=27^\circ$ homlokszögű könnyűfém maró-sára készített maróval munkálták meg.

Az az aggodalom, hogy a nagy homlokszögű maró fogának szilárdsága gyengül, különösen palástmaróknál a kis forgácsvastagság miatt nem indokolt.

8. táblázat

Fogankénti előtolás a szerszámfajta és a megmunkálandó anyag függvényében, palást-, homlok- és tárcsamaróra

Szerszámfajta		Megmunkálandó anyag	Fogankénti előtolás e_1 , mm/fog		
			nagy méretű; merev, jó állapotú szerszámgépen	közepes; használt szerszámgépen	kicsi; erősen használt szerszámgépen
Palástmaró	nagy méretű	Acél	0,30 0,40	0,12 1,20	0,10...0,15
	ritka fogú	Öntöttvas	0,40 0,60	0,20 0,30	0,12...0,20
	kis méretű	Acél	—	0,06...0,10	0,05...0,08
	sűrű fogú	Öntöttvas	—	0,10...0,15	0,06 0,12
Homlokmaró	nagy méretű	Acél	0,15...0,25	0,08...0,15	0,04...0,06
	ritka fogú	Öntöttvas	0,30 0,50	0,20 0,50	0,15...0,30
	kis méretű	Acél	—	0,06...0,10	0,04...0,06
Tárcsamaró	nagy méretű	Acél	0,12...0,20	0,08...0,15	0,04...0,06
	ritka fogú	Öntöttvas	0,25...0,40	0,20...0,40	0,15...0,25
	kis méretű	Acél	—	0,06...0,10	0,04...0,06
	sűrű fogú	Öntöttvas	—	0,15...0,25	0,12...0,20

A munkadarab merev és biztos befogása esetén a fogankénti előtolást mintegy 30%-kal növelni, bizonytalan befogás esetén mintegy 20%-kal csökkenteni kell.

A 7. táblázat a szabványos gyorsacél és keményfém marók élszögeinek a kialakítását foglalja össze a megmunkálandó anyag függvényében. Különböző marási módok esetén, különböző anyagokra a fogankénti előtolás értékeit a 8—11. táblázatból választjuk ki. A 12. táblázat az alkalmazható forgácsolósebesség határértékeit tartalmazza $T=480$ perc éltartamra.

9. táblázat. Fogankénti előtolás (e_1 , mm/fog) maráskor, acél és öntöttvas megmunkálása esetén

Marófajta és mérete	Átmérő D , mm	Fogszám z	Marási szélesség b , mm	f fogásmélység, mm					
				5		10		15	
				acél	öntöttvas	acél	öntöttvas	acél	öntöttvas
Horonymarás tárcsamaróval	60	16	6...12	0,05...0,08	0,08...0,12	0,03...0,06	0,06...0,12	0,03...0,06	0,05...0,08
	90	20	10...20	0,05...0,08	0,08...0,12	0,03...0,06	0,05...0,10	0,03...0,06	0,05...0,08
	150	14	18...30	0,08...0,12	0,12...0,18	0,06...0,10	0,10...0,15	0,05...0,08	0,08...0,12
Horonymarás szárcmaróval	6	6	6	0,005...0,01	0,01...0,02	0,003...0,006	0,006...0,012	—	—
	16	8	16	0,01...0,02	0,02...0,04	0,008...0,01	0,015...0,02	0,005...0,008	0,008...0,015
	30	6	30	0,015...0,025	0,03...0,04	0,01...0,015	0,02...0,03	0,005...0,01	0,01...0,02
Domború alakmaró	60	12	10	—	—	0,03...0,05	0,05...0,10	0,02...0,04	0,04...0,06
	90	10	24	0,07...0,12	0,07...0,12	0,05...0,07	0,05...0,08	0,04...0,06	0,05...0,08
	60	14	18	0,05...0,08	0,05...0,08	0,03...0,05	0,03...0,05	0,02...0,04	0,02...0,04
Homorú alakmaró	90	10	38	0,04...0,06	0,04...0,06	0,04...0,06	0,04...0,06	0,03...0,05	0,03...0,05
	35	18	6...13	0,04...0,08	0,04...0,08	0,05...0,07	0,05...0,07	—	—
	60	20	10...16	0,05...0,10	0,05...0,10	0,05...0,08	0,05...0,08	0,03...0,05	0,03...0,05
Szármaró	90	24	20...30	—	—	0,08...0,12	0,08...0,12	0,06...0,10	0,06...0,10

10. táblázat

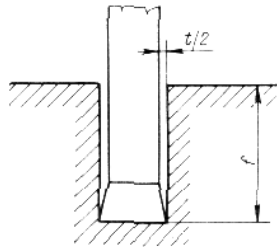
Fogankénti előtolás (e_1 , mm/fog) síkfelületek maráskor, szármaróra, acél és öntöttvas megmunkálása esetén

Maróit- mérő D , mm	Fogsorszám z	f fogásmélység mm					
		3		5		8	
		acél	öntöttvas	acél	öntöttvas	acél	öntöttvas
6	6	0,01...0,02	0,01...0,02	—	—	—	—
	8	0,02...0,04	0,02...0,04	—	—	—	—
20	5	0,03...0,06	0,05...0,10	0,02...0,04	0,04...0,08	—	—
	6	0,08...0,12	0,12...0,18	0,05...0,08	1,10...0,15	0,03...0,05	0,05...0,08

11. táblázat

A fogankénti előtolás (e_1 , mm/fog) fűrészelésre

A fogásmélység és a fűrészfoghézag-aránya t/f	f fogásmélység mm	
	< 25 mm	> 25 mm
0,15	0,08...0,18	0,06...0,15
0,15...0,12	0,07...0,16	0,05...0,13
0,12...0,09	0,06...0,12	0,04...0,12
0,09...0,06	0,05...0,11	0,03...0,09
0,06	0,04...0,09	0,03...0,08

12. táblázat. Forgácsolébség irányértékei $T=480$ min éltartam esetén ellenirányú maráskor v_g , m/min

Megmunkálendő anyag	HB	σ_B	Palást-maró	Homlok-maró	Tárcsa-maró	Szármaró	Háttra esztérgált alakmaró	Fűrésztárcsa	Marófej	
									gyorsaság	keménység
Öv. 18	170	18	14...20	16...22	14...20	16...25	14...20	25...30	17...22	60
Öv. 26	220	23	10...16	12...15	10...15	10...15	10...14	14...22	12...16	30
A 50	140	50	16...24	18...26	16...24	18...26	16...22	25...35	20...30	120
A 60	170	60	15...22	16...24	15...22	16...24	15...22	24...32	15...22	100
A 70	220	75	14...20	14...22	14...20	14...20	14...19	22...30	14...22	80
C 45	180	65	15...22	16...23	15...22	16...24	15...22	24...32	15...22	100
CrNi 25.68	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
CrMo 100	220	75	14...20	14...22	14...20	14...20	14...19	22...30	14...22	80
CrNi 25.69	220	75	12...18	13...20	12...19	12...18	12...18	22...30	14...20	60
CrMo 125	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
CrNi 35.69	290	100	10...16	10...18	10...16	10...18	10...16	22...30	10...18	40
CrMo 140	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
TöMfík 38	150	38	14...20	15...22	14...20	15...22	14...20	25...35	15...22	50
Sr 58	—	50	25...45	35...50	25...45	35...50	25...45	60...120	40...60	120
V6t 10	—	20	25...45	35...50	25...45	35...50	25...45	60...120	40...60	120
Al 99	35	14	250...300	300...400	300...400	300...400	300...400	200...300	350...450	800
Ö. AlSi	60	25	200...250	250...350	200...250	250...350	200...250	200...300	250...350	600
Ö. AlSiMg	80	25	140...180	200...250	140...180	200...250	140...180	200...300	300...350	600
MgAl 6	65	33	300...400	350...450	300...400	300...400	300...400	300...400	350...450	800
Műgyanta	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Keménypapír	—	—	30...50	40...50	30...50	30...50	30...50	100...200	60...80	80

8.2. A fogankénti előtolás és a forgácsolósebesség megválasztása tapasztalat alapján

Marási munkáink megkezdésekor a fogankénti előtolás tapasztalati értékeiből indulunk ki. Ezeket úgy választjuk meg, hogy a különféle típusú szerszámok és marási módok esetén az egyes fogakon túlzott terhelés ne lépjen fel. Ezért lágyabb anyagokra nagyobb, keményebbekre kisebb fogankénti előtolást választunk. Kiszámítjuk a fellépő erőket és teljesítményt, majd ellenőrizzük a fogásmélységet és a marási szélességet a marógép típusa szerint.

A fogácsolósebességet a fogankénti előtolás alapján választjuk. Kisebb előtoláshoz a forgácsolósebesség felső határát, nagyobbhoz az alsót választjuk. Ezután a választott maróátmérő ésa marógépen beállítható fordulatszám alapján a választott forgácsolósebesség értékét közelítjük meg. A fordulatszámából, a fogszámából és a fogankénti előtolásból számítható a v_c percenkénti előtolás, ennek alapján választjuk a gépen beállítható előtolást.

Váltólapkás keményfém marófejekkel a nagy teljesítményű gépeken sem dolgoznak 0,1...0,15 mm/fog előtolásnál nagyobb értékkel, mert nagyobb igénybevétel esetén a homlokfelületen fésűszerű berepedés jelentkezik. Ez részint a nagysebességű ütközés, részint a homlokfelületen fellépő hőigénybevétel következménye.

Ha a munkadarab anyagminőségét nem ismerjük pontosan, akkor még a 12. táblázat alsó határértékeit is kellő óvatossággal alkalmazzuk. Minden fogásvétel után a hátkopás növekedését állandóan kísérjük figyelemmel. Ha az elért éltartam rövidnek mutatkozna, amit a hátkopás növekedésével arányosnak vehetünk, kapcsoljunk vissza eggyel kisebb fordulatszámra.

A szerszámgépek szokásos sebességi fokozata $1/1,26=0,794$ sebességcsökkenésnek felel meg. Meghatározzuk, hogy ez mit jelent éltartamnövekedésben. E célból a (8.2) képletet T_2 -re kell megoldanunk:

$$T_2 = T_1 \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^{\frac{1}{m}}$$

Ha acélt marunk keményfémbevetéses marófejjel, a 6. táblázat szerint $m=0,2$. Tehát a T_2 éltartam egy fokozattal kisebb sebességnél a T_1 -hez viszonyítva

$$\frac{1}{m} = 5 \quad \text{és} \quad \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^5 = 1,26^5 = 3,18; \quad T_2 = 3,18T_1.$$

Tehát, ha a felvett viszonyok mellett egy sebességgel visszakapcsolunk, akkor az éltartamot az előzőnek több mint a háromszorosára növeltük. Ebből az is következik, hogy ha a hátkopás növekedése nagyon lassú, akkor eggyel nagyobb sebességre kapcsolva az éltartam kevesebb mint $\frac{1}{3}$ -ára csökken.

8.3. Az anyagminőség befolyása az éltartamra

Tételezzük fel, hogy a megmunkálandó acél keménysége $HB = 200 \text{ kp/mm}^2$, de 15%, azaz $HB = 30 \text{ kp/mm}^2$ keménységi szórással kell számolnunk. (Ez aránylag kedvező érték.) Állapítsuk meg, mit jelent éltartamban, ha a keménység a felső határon $HB = 230 \text{ kp/mm}^2$ értéken van. Azonos éltartamot feltételezve az anyagra vonatkozó forgácsolósebesség-helyesbítő tényező Kasirin szerint

$$K_{av} = \left(\frac{HB}{HB'} \right)^{n_v} \quad (8.3)$$

A sebesség változására vonatkozó hatványkitevő, ha $\sigma_B < 90 \text{ kp/mm}^2$, szénacélra $n_v = 0,9$. Tehát

$$K_{av} = \left(\frac{200}{300} \right)^{0,9} = 0,882.$$

Ugyanazon éltartamot tehát kereken 12% sebességcsökkentéssel lehet elérni, ha az anyag a keménység felső határán van.

Számítsuk ki, mennyivel csökken az éltartam a nagyobb keményfémbevetéses szerszámnál, azaz $m=0,2$ esetén, ha különböző keménységű anyagot forgácsolunk. Az éltartam annyival fog csökkenni, mintha a sebességet megnöveltük volna $1/0,882=1,135$ értékkel. Így a már alkalmazott számítás szerint $1,135^5=1,88$, tehát az éltartam az anyagkeménység felső határán majdnem a felére csökken. Pontosan 480 percről 255-re, tehát a maró nem tart ki egy műszakot, vagyis egy műszak alatt két szerszámot kell használni.

Ugyanezt az eredményt kapjuk, ha a K_{av} tényezőt emeljük az 5-ik hatványra, $0,882^5=0,553$, tehát $1/553=1,81$.

Ha az acél szilárdsága $\sigma_B > 90 \text{ kp/mm}^2$, akkor $n_v=2$, azaz $K_{av} = 0,87^2=0,757$. Ennek az 5. hatványa 0,248. Tehát nagyobb szilárdságú acél esetén a 15% keménységnövekedés az éltartamot az $\frac{1}{4}$ -ére csökkenti.

Ezek a példák világosan mutatják, hogy az anyag egyenletes minőségének milyen nagy szerepe van a megmunkálás termelékenységében.

A fejlett ipari országokban előállítanak olyan minőségű acélt, amelynek a keménységi eltérése $\pm 2\%$. Ilyen körülmények között elég nagy biztonsággal lehet meghatározni a gazdaságos éltartamot és a hozzá tartozó forgácsolósebességet.

A fenti példákból kitűnik, hogy a maró éltartamának a pontos betartása csak fokozat nélküli fordulatszám-állító berendezéssel lehetséges. A példában említett 1,26 sebességi fokozat csak korszerűbb szerszámgépeken található. Az éltartam ekkora sebességfokozat-változásra is $\frac{1}{3}$ -ára csökken, ill. a háromszorosára növekszik.

Az n_v hatványkitevő értékei néhány fontosabb anyagra:

Anyag	n_v hatványkitevő
Krómacélok	
ha $\sigma_B < 90$ kp/mm ²	1,45
ha $\sigma_B > 90$ kp/mm ²	2,0
Az összes többi ötvözött szerkezeti és szerszámacélok, gyorsacélokkal együtt	
ha $\sigma_B < 90$ kp/mm ²	1,0
ha $\sigma_B > 90$ kp/mm ²	2,0
Öntöttvas	0,95
Szénacélok	
ha $\sigma_B < 90$ kp/mm ²	0,9
ha $\sigma_B > 90$ kp/mm ²	2,0
Temperöntvény	0,85

A (8.3) képletből az n_v hatványkitevő ismeretében ki tudjuk számítani különféle szilárdságú anyaghoz a megfelelő forgácsolósebességet, ha ismerjük valamely adott szilárdságú anyaghoz tartozó forgácsolási sebességet.

8.4. A forgácsolósebesség és az éltartam meghatározása

A 12. táblázatban megadott forgácsolósebességi irányértékekkel szemben a [9]-ben összefüggések található különféle marási módokra és különféle anyagokra a forgácsolósebesség és éltartam függvényében. Az éltartam kiszámítása e bonyolult képletekkel elég körülményes, de szükség esetén kiegészíthet bennünket.

I. csoport

Szénacél $\sigma_B = 75$ kp/mm², gyorsacél maró hűtéssel.

Palástmaró:

$$\text{ha } e_1 > 0,1 \text{ mm/fog, } v = \frac{35,4D^{0,45}}{T^{0,33} e_1^{0,2} f^{0,3} b^{0,1} z^{0,1}} \text{ m/min;} \quad (8.4)$$

$$\text{ha } e_1 \leq 0,1 \text{ mm/fog, } v = \frac{55D^{0,45}}{T^{0,33} e_1^{0,2} f^{0,3} b^{0,1} z^{0,1}} \text{ m/min.} \quad (8.5)$$

Szármaró:

$$v = \frac{49D^{0,45}}{T^{0,33} e_1^{0,2} f^{0,3} b^{0,1} z^{0,1}} \text{ m/min.} \quad (8.6)$$

Homlokmaró:

$$\text{ha } e_1 > 0,1 \text{ mm/fog, } v = \frac{41D^{0,25}}{T^{0,2} e_1^{0,4} f^{0,1} b^{0,15} z^{0,1}} \text{ m/min;} \quad (8.7)$$

$$\text{ha } e_1 \leq 0,1 \text{ mm/fog, } v = \frac{67,4D^{0,25}}{T^{0,2} e_1^{0,2} f^{0,1} b^{0,15} z^{0,1}} \text{ m/min.} \quad (8.8)$$

Egyenes élű tömör tárcsamaró:

$$v = \frac{68,5D^{0,25}}{T^{0,2} e_1^{0,2} f^{0,3} b^{0,1} z^{0,1}} \text{ m/min.} \quad (8.9)$$

Betétkéses tárcsamaró:

$$\text{ha } e_1 > 0,1 \text{ mm/fog, } v = \frac{48,5D^{0,25}}{T^{0,2} e_1^{0,4} f^{0,3} b^{0,1} z^{0,1}} \text{ m/min;} \quad (8.10)$$

$$\text{ha } e_1 \leq 0,1 \text{ mm/fog, } v = \frac{75,5D^{0,25}}{T^{0,2} e_1^{0,2} f^{0,3} b^{0,1} z^{0,1}} \text{ m/min.} \quad (8.11)$$

Fűrészárca:

$$v = \frac{53D^{0,25}}{T^{0,2} e_1^{0,2} f^{0,3} b^{0,2} z^{0,1}} \text{ m/min.} \quad (8.12)$$

Domború sugarú alakmaró:

$$v = \frac{53D^{0,45}}{T^{0,33} e_1^{0,2} f^{0,3} b^{0,1} z^{0,1}} \text{ m/min.} \quad (8.13)$$

Homorú sugarú alakmaró és szögmaró:

$$v = \frac{44D^{0,45}}{T^{0,33} e_1^{0,2} f^{0,3} b^{0,1} z^{0,1}} \text{ m/min.} \quad (8.14)$$

II. csoport

Öntöttvas HB=190 kp/mm² gyorsacél maró hűtés nélkül.

Palástmaró:

$$\text{ha } e_1 > 0,15 \text{ mm/fog, } v = \frac{27D^{0,7}}{T^{0,25} e_1^{0,6} f^{0,5} b^{0,3} z^{0,3}} \text{ m/min;} \quad (8.15)$$

$$\text{ha } e_1 \leq 0,15 \text{ mm/fog, } v = \frac{57,6D^{0,7}}{T^{0,25} e_1^{0,3} f^{0,5} b^{0,3} z^{0,3}} \text{ m/min.} \quad (8.16)$$

Szármaró:

$$v = \frac{72D^{0,7}}{T^{0,25} e_1^{0,2} f^{0,5} b^{0,3} z^{0,3}} \text{ m/min.} \quad (8.17)$$

Homlokmaró:

$$v = \frac{42D^{0,2}}{T^{0,15} e_1^{0,4} f^{0,1} b^{0,1} z^{0,1}} \text{ m/min.} \quad (8.18)$$

Egyenesfogú tömör tárcsamaró:

$$v = \frac{72D^{0,2}}{T^{0,15} e_1^{0,4} f^{0,5} b^{0,1} z^{0,1}} \text{ m/min.} \quad (8.19)$$

Betétkéses tárcsamaró:

$$v = \frac{85D^{0,2}}{T^{0,15} e_1^{0,4} f^{0,5} b^{0,1} z^{0,1}} \text{ m/min.} \quad (8.20)$$

Fűrésztaárcsák:

$$v = \frac{30D^{0,2}}{T^{0,15} e_1^{0,4} f^{0,5} b^{0,1} z^{0,1}} \text{ m/min.} \quad (8.21)$$

III. csoport

Temperöntvény HB=150 kp/mm², gyorsacél maró, hűtéssel.

Palástmaró:

$$\text{ha } e_1 > 0,1 \text{ mm/fog, } v = \frac{49,5D^{0,45}}{T^{0,33} e_1^{0,4} f^{0,3} b^{0,1} z^{0,1}} \text{ m/min;} \quad (8.22)$$

$$\text{ha } e_1 \leq 0,1 \text{ mm/fog, } v = \frac{77D^{0,45}}{T^{0,33} e_1^{0,2} f^{0,3} b^{0,1} z^{0,1}} \text{ m/min.} \quad (8.23)$$

Szármaró:

$$v = \frac{68,5D^{0,45}}{T^{0,33} e_1^{0,2} f^{0,3} b^{0,1} z^{0,1}} \text{ m/min.} \quad (8.24)$$

Homlokmaró:

$$\text{ha } e_1 > 0,1 \text{ mm/fog, } v = \frac{57,4D^{0,25}}{T^{0,2} e_1^{0,4} f^{0,1} b^{0,15} z^{0,1}} \text{ m/min;} \quad (8.25)$$

$$\text{ha } e_1 \leq 0,1 \text{ mm/fog, } v = \frac{90,5D^{0,25}}{T^{0,2} e_1^{0,2} f^{0,1} b^{0,15} z^{0,1}} \text{ m/min.} \quad (8.26)$$

Egyenesfogú tömör tárcsamaró:

$$v = \frac{95,8D^{0,25}}{T^{0,2} e_1^{0,2} f^{0,3} b^{0,1} z^{0,1}} \text{ m/min.} \quad (8.27)$$

Betétkéses tárcsamaró:

$$\text{ha } e_1 > 0,1 \text{ mm/fog, } v = \frac{68D^{0,25}}{T^{0,2} e_1^{0,4} f^{0,3} b^{0,1} z^{0,1}} \text{ m/min;} \quad (8.28)$$

$$\text{ha } e_1 \leq 0,1 \text{ mm/fog, } v = \frac{105,8D^{0,25}}{T^{0,2} e_1^{0,4} f^{0,3} b^{0,1} z^{0,1}} \text{ m/min.} \quad (8.29)$$

Fűrésztaárcsák:

$$v = \frac{74D^{0,25}}{T^{0,2} e_1^{0,2} f^{0,3} b^{0,2} z^{0,1}} \text{ m/min.} \quad (8.30)$$

IV. csoport

Bronz HB=100...140 kp/mm², gyorsacél maró, hűtés nélkül.

Palástmaró:

$$\text{ha } e_1 > 0,1 \text{ mm/fog, } v = \frac{74,3D^{0,45}}{T^{0,33} e_1^{0,4} f^{0,3} b^{0,1} z^{0,1}} \text{ m/min;} \quad (8.31)$$

$$\text{ha } e_1 \leq 0,1 \text{ mm/fog, } v = \frac{115,5D^{0,45}}{T^{0,33} e_1^{0,2} f^{0,3} b^{0,1} z^{0,1}} \text{ m/min.} \quad (8.32)$$

Szármaró:

$$v = \frac{103D^{0,45}}{T^{0,33} e_1^{0,2} f^{0,3} b^{0,1} z^{0,1}} \text{ m/min.} \quad (8.33)$$

Homlokmaró:

$$\text{ha } e_1 > 0,1 \text{ mm/fog, } v = \frac{86,2D^{0,25}}{T^{0,2} e_1^{0,4} f^{0,1} b^{0,15} z^{0,1}} \text{ m/min;} \quad (8.34)$$

$$\text{ha } e_1 \leq 0,1 \text{ mm/fog, } v = \frac{136D^{0,25}}{T^{0,2} e_1^{0,2} f^{0,15} b^{0,15} z^{0,1}} \text{ m/min.} \quad (8.35)$$

Egyenesfogú tömör tárcsamaró:

$$v = \frac{144D^{0,25}}{T^{0,2} e_1^{0,2} f^{0,3} b^{0,1} z^{0,1}} \text{ m/min.} \quad (8.36)$$

Betétkéses tárcsamaró:

$$\text{ha } e_1 > 0,1 \text{ mm/fog, } v = \frac{102D^{0,25}}{T^{0,2} e_1^{0,4} f^{0,3} b^{0,1} z^{0,1}} \text{ m/min;} \quad (8.37)$$

$$\text{ha } e_1 \leq 0,1 \text{ mm/fog, } v = \frac{158,5D^{0,25}}{T^{0,2} e_1^{0,2} f^{0,3} b^{0,2} z^{0,1}} \text{ m/min.} \quad (8.38)$$

Fűrész tárcsák:

$$v = \frac{111,3D^{0,25}}{T^{0,2} e_1^{0,2} f^{0,3} b^{0,2} z^{0,1}} \text{ m/min.} \quad (8.39)$$

V. csoport

Keményfémlapkás homlokmaróval síkok megmunkálása, hűtés nélkül.
Szerkezeti szén- és ötvözöttacélok hőkezelés nélkül $\sigma_B = 75 \text{ kp/mm}^2$.

Lapka anyaga keményfém: P10.

ha $e_1 = 0,04 \dots 0,08 \text{ mm/fog}$

$$v_{600} = \frac{199D^{0,2}}{e_1^{0,1} f^{0,1} b^{0,2}} \text{ m/min;} \quad (8.40)$$

ha $e_1 = 0,08 \dots 0,2 \text{ mm/fog}$,

$$v_{600} = \frac{93D^{0,2}}{e_1^{0,4} f^{0,1} b^{0,2}} \text{ m/min.} \quad (8.41)$$

Öntöttvas HB = 190 kp/mm².

Lapka anyaga keményfém: M10

$$v_{600} = \frac{44,4D^{0,2}}{e_1^{0,4} f^{0,15} b^{0,2}} \text{ m/min.} \quad (8.42)$$

Horonymarás tárcsamaróval hűtés nélkül.

Szerkezeti szén- és ötvözöttacélok, hőkezelés nélkül $\sigma_B = 75 \text{ kp/mm}^2$.
Lapka anyaga keményfém: P10.

$$v_{480} = \frac{43,2D^{0,3}}{e_1^{0,47} f^{0,5} b^{0,1}} \text{ m/min.} \quad (8.43)$$

A teljesség céljából közöltük még a (8.40—8.43) képleteket is, amelyek a [10] alapján megadják a keményfém marószerszámok forgácsolósebességét 600, ill. 480 perc min éltartamra.

A (8.4—8.39) képletekből kiszámított kiinduló forgácsolósebességet az anyagminőségek bizonytalansága miatt próbamaráshoz ajánlatos 20%-kal csökkenteni, ezután, ha kell, helyesbítjük a kiinduló forgácsolósebességet.

A forgácsolósebesség helyesbítő tényezői. A képletek R3 minőségű gyorsacél szerszámokra vonatkoznak. Ha más minőségű gyorsacél szerszámmal dolgozunk, akkor a K_{szv} szerszámanyag-helyesbítő tényezővel kell a kiszámított sebességi értéket megszorozni. A K_{szv} helyesbítő tényezőit különféle szerszámanyagokra a 13. táblázat foglalja össze.

13. táblázat

K_{szv} helyesbítő tényezők különféle szerszámanyagokra

A szerszám anyaga	R1	R2	R3	R4	Szénacél
K_{szv}	1,2	1,1	1,0	0,8	0,4...0,5

Az eddigi adatok mind melegen hengerelt acélok nagyolására vonatkoztak, olyan esetre, amikor az anyagon, acélon, öntöttvason, réz-ötvözetben semmilyen kéreg nincs. Eltérő esetekben további helyesbítő tényezőkkel kell számolni.

14. táblázat

K_{hv} helyesbítő tényező az acél állapotának függvényében

Az anyag állapota	Szállítási állapotban		Hőkezelt állapotban		
	Hengerelve		normalizált	kilágyított	nemesített
	hidegen húzott	melegen hengerelt			
K_{hv}	1,1	1,0	0,95	0,9	0,8

Simításhoz a kiszámított értékek 80%-át kell vennünk. Ekkor — mint a 6. táblázatból látjuk — a megengedett hátkopási értékek sokkal kisebbek az előírt kisebb felületi érdesség céljából. Emellett a csökkentett sebesség mellett ériük el a megadott éltartamhoz a csökkentett hátkopási értékeket.

Az acélok hőkezelési állapota is befolyásolja az éltartamot, ill. az alkalmazható forgácsolósebességet. Az erre vonatkozó K_{hv} helyesbítő tényező értékeit a 14. táblázat adja meg.

A nyers munkadarab felületi állapotát is figyelembe kell venni (15. táblázat).

A megadott képleteink $\alpha = 60^\circ$ elhelyezési szögre vonatkoznak. Mint ismeretes, az elhelyezési szög befolyásolja a forgácsvastagságot, ennek következtében az élvonal egységére eső terhelést, így az éltartamot is. Az elhelyezési szög változásaira vonatkozó $K_{\alpha v}$ helyesbítő tényezőt a 16. táblázatban találjuk.

15. táblázat

A K_{nv} helyesbítő tényező a nyers munkadarab felületi állapotától függően

A nyers munkadarab felülete és anyaga	Mégmunkálás kéreg nélkül vagy kéregmaratás után			Kéreggel együtt					
	Acél		Öntöttvas és rézötvtözetek	HB kp/mm ²	Acél			Öntöttvas	Rézötvtözet
	hengereit, kovacsolt	öntvény			melegen hengerelt	kovacsolt darab	öntvény		
			öntvény	öntvény				öntvény	
K_{nv}	1,0	0,9	1,0	160	0,09	0,8	0,75	0,7	0,9
				160...200	0,9	0,85	0,8	0,75	0,9
				200	0,9	0,9	0,85	0,8	0,95

16. táblázat

$K_{\alpha v}$ helyesbítő tényező a α elhelyezési szög függvényében gyorsacélra

α elhelyezési szög fok	$K_{\alpha v}$ helyesbítő tényező			
	acélra	öntöttvasra	acélra	öntöttvasra
30	1,50	1,36	1,26	1,20
45	1,19	1,14	1,00	1,00
60	1,00	1,00	0,84	0,88
75	0,87	0,90	0,73	0,79
90	0,77	0,83	0,65	0,73

Keményfémbetékés marók forgácsolósebességének kiszámításakor a következő szempontokat kell figyelembe venni:

Ha a munkadarab felületén kéreg van, akkor a képletből kiszámított forgácsolósebességnek csak a 80%-át használjuk ki a kéreg erősebb koptató hatása miatt.

Acélok marására vonatkozó képletek P10 minőségű keményfémet tételeznek fel, míg öntöttvas esetén M10 minőséget.

Más keményfémre acél marásakor a K_{szv} szerszámminőségre vonatkozó helyesbítő tényezőt kell alkalmazni (17. táblázat).

Keményfémbetékés maró α elhelyezési szögét is figyelembe kell venni. A (8.40—42) képletek $\alpha = 60^\circ$ elhelyezési szögű maróra vonatkoznak, ezért más elhelyezési szögű maró esetén a $K'_{\alpha v}$ helyesbítő tényezőt alkalmazzuk a 18. táblázat szerint. A α elhelyezési szög ugyanis keményfém szerszámoknál is befolyásolja a forgácsvastagságot, tehát a szerszám élvonalegységére eső terhelést, ennek következtében természetesen az éltartamot, ill. az alkalmazható forgácsolósebességet is.

Ha keményfémbetékés maróval dolgozunk, az anyag keménységi szórása miatt óvatosan kezdjük el a munkát, ha az anyag keménysége bizonytalan. Ilyenkor a számított sebesség helyett egy sebességi fokozattal kisebb sebességgel kezdünk marni, és csak akkor kapcsolunk át a számított sebességre, ha meggyőződünk, hogy a szerszám kopása lassúbb a vártnál.

A (8.40—8.42) képletek szintén $\sigma_B = 75$ kp/mm² szakítószilárdságú acélra, ill. HB = 190 kp/mm² Brinell-keménységű öntöttvasra vonatkoznak. Ha az anyagminőség ettől eltér, akkor a (8.3) képlet szerint kell az anyagminőségtől függő helyesbítő tényezővel, a K_{av} -vel a forgácsolósebességet meghatározni.

17. táblázat

K_{szv} helyesbítő tényező a keményfém minőségétől függően

A lapka minősége	P10	P20	P30
K_{szv}	1,0	0,65	0,45

18. táblázat

A $K_{\alpha v}$ helyesbítő tényező értékei a α elhelyezési szög függvényében, keményfémre

α elhelyezési szög fok	$K_{\alpha v}$ helyesbítő tényező	
	acél	öntöttvas
20	1,41	—
20	1,23	1,36
45	1,09	1,14
60	1,00	1,00
70	0,93	0,93
90	0,88	0,83

8.5. A marógép teljesítményének kihasználása

A marógép motorteljesítményének kihasználását több tényező korlátozza.

Ha a marógép felépítése gyenge, és olyan előtolással, fogásmélységgel dolgoznak rajta, ami a motort teljes mértékben megterheli, a gép berezeg. Erre már a 8. táblázatban felhívtuk a figyelmet, amikor a fogankénti előtolás alapértékeit különböző marófajtákra és megmunkálendő anyagokra a marógép mérete, merevsége és állapota szerint adtuk meg. Mint látjuk, acél megmunkálásakor nagy méretű merev gépen 0,40 mm/fog előtolást is megengedhetünk, ezzel szemben a kicsi és használt gépen csak $e_1=0,1$ mm/fog a megengedhető érték.

Ebből az következik, hogy a gép nagyságendjének, merevségének összhangban kell lennie a hajtómotor teljesítményével.

A gép teljesítményének kihasználását befolyásolja a *hátkopás következtében beálló teljesítménynövekedés*. Ezzel a kérdéssel már az 5.8. alfejezetben részletesen foglalkoztunk, az (5.73—5.76) képletekkel a teljesítménynövekedés ki is számítható. Már itt hangsúlyoztuk, hogy a hátkopás következtében beálló teljesítménynövekedés a kis forgácsvastagsággal dolgozó palástmaráskor igen nagy mértékű. Ebből következik, hogy ez a gyorsacél szerszámok esetén fontos, különösen mert palástmarót csak kivételes esetben készítenek keményfémből.

Maráskor a hajtóteljesítmény kihasználását a gyenge felépítésű gépen kívül a *gyenge szerszám is akadályozza*. Hiába van nagy teljesítményű és merev függőleges marógépünk, ha a munka természete kis méretű szár- vagy ujjmarót tesz szükségessé. Ilyen esetben a motor teljesítményére alapozott előtolás, amely a maró szilárdságát túlzottan igénybe veszi, szerszám töréshez vezet. Ekkor még kényesebb a hátkopás következtében fellépő forgácsolóerő-növekedés, mert a kezdetben éles maró szilárdsága még kibírja a forgácsolóerő okozta igénybevételt, de a hátkopásból eredő forgácsolóerő gyorsan a kétszeresére növekedhet. Ezt pedig már a gyenge szármaró nem bírja ki.

8.5.1. A hátkopás és az előtolás szerepe a gépteljesítmény növekedésében

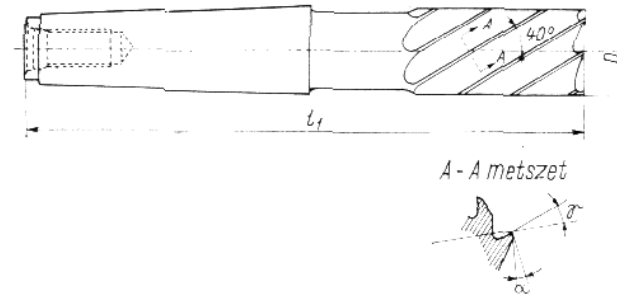
Hátkopás szerepe a gépteljesítmény növekedésében palástmaráskor. Példaként tételezzük fel, hogy marógépünk 7 kW teljesítményű motorját ki akarjuk használni, de olyan maróval, amely gyakorlatilag szármaró, bár az MSZ 3875—60 a martfogazású palástmarók közé sorolja (19. táblázat).

A táblázat adatait a szabványban megadott főméreteken kívül

19. táblázat

Martfogazású, nagy teljesítményű, nagy fogferdeségű, $\omega = 40^\circ$ palástmaró Morse-kúpos szárral. Jellemző adatok

MSZ 3875—60



Maró átmérője, D , mm	16	20	25	32	40	50	63
Fogszám, z	3	3	4	4	5	5	5
Maró hossza, l_1 , mm	30	45	50	63	80	100	125
Osztás, t , mm	16,8	20,95	19,65	25,1	25,1	31,4	39,5
$\frac{\text{tg } \omega}{t} = C$	0,05	0,04	0,0427	0,0334	0,0334	0,0267	0,0212

kiegészítettük még a

$$\frac{\text{tg } \omega}{t} = C$$

értékkel, mert erre szükségünk van, ha az erőingadozást korlátozni akarjuk.

Az (5.41) képletet a következőképpen is felírhatjuk:

$$\psi = \frac{b}{t \text{ctg } \omega} \approx \frac{\text{tg } \omega}{t} b = Cb.$$

Az 5.4.4. pontban kifejtettük, hogy a nagy fogferdeségű maró erőingadozása annál kisebb, minél jobban megközelíti az egész számot a ψ kapcsolási tényező.

A ψ kapcsolási tényező átalakított képletéből a

$$\frac{\operatorname{tg} \omega}{t}$$

tag csak a maróra jellemző, mert a fog ferdeségi szögétől és a t fogosztás ívhosszától függ. Ezért ezt minden egyes maróra nézve, mint állandót C -vel jelölhetjük.

Igy végeredményben a ψ kapcsolási tényező csak a C állandótól és a b marási szélességtől függ. Ezért a megadott b marási szélességhez kiválaszthatjuk a szabványos marók közül a legmegfelelőbbet, vagyis amelynek ψ kapcsolási tényezője a legközelebb áll valamely egész számhoz.

Mínthogy eredeti feladatunkat, a hátkopás befolyását a forgácsoló-erőre, ill. a forgácsteljesítményre példa keretében mutatjuk be, egyúttal bemutatjuk a *legkisebb erőingadozású maró kiválasztásának módszerét is.*

A 19. táblázatban találjuk a kiválasztandó maró adatait, amelyet kiegészítünk a 20. táblázattal. Ez foglalja össze a b marási szélességhez tartozó ψ kapcsolási tényező értékeit.

Az áttekintés megkönnyítésére a 20. táblázat adatait a 182. ábrán diagramban is bemutatjuk.

Mínthogy a 20. táblázatban is, a 182. ábrán is azt találjuk, hogy az MSZ 3875—60 $\varnothing 32$ és $\varnothing 40$ martfogazású marókra 60 mm marási

20. táblázat

Martfogazású, nagy teljesítményű, nagy fogferdeségű $\omega = 40^\circ$ Morse-kúpos szárú palástmaró ψ kapcsolási tényező értékei különböző b marási szélességhez

MSZ 3875—60

b mm	A maróátmérő, D , mm						
	16	20	25	32	40	50	63
10	0,50	0,40	0,427	0,334			
20	1,0	0,80	0,854	0,668			
30	1,5	1,20	1,282	1,002	1,002	0,80	
40		1,60	1,71	1,338	1,338	1,068	0,848
50			2,13	1,67	1,67	1,335	1,06
60				2,004	2,004	1,60	1,27
70					2,34	1,87	1,48
80					2,67	2,135	1,70
90						2,40	1,91
100						2,67	2,12
110							2,33
120							2,54

szélességnél $\psi = 2,004$, példánkban (183. ábra) gyakorlatilag nem lép fel erőingadozás. Így elkerültük azt a veszélyt, hogy a nagy mértékű erőingadozás következtében fellépő legnagyobb igénybevételkor a maró eltörjön. Kisebb erők esetén viszont a maró szilárdságát kihasználtuk. Ez a körülmény is igen lényeges mind a szerszám, mind a marógép teljesítményének a kihasználása szempontjából.

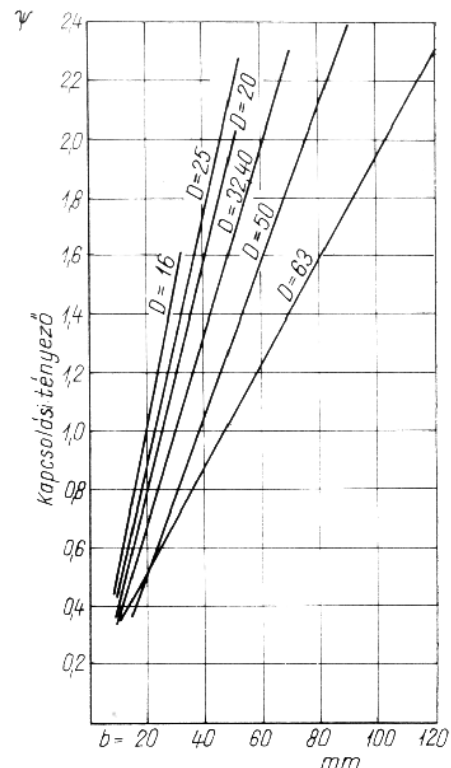
Mivel marógépünk 7 kW-os motorteljesítményét legjobban akarjuk kihasználni, a nagyobb szilárdságú $\varnothing 40$, $z = 5$ fogú marót választjuk. A maró dolgozó részének a hossza $l_2 = 80$ mm, és így megfelel a 60 mm szélesség lemunkálására. Ennek a Morse-kúpos befogású marónak az igénybevételét majd a későbbiekben, a számított erőviszonyok alapján, ellenőrizzük.

A fogácsolósebességet a 12. táblázat alapján $v = 20$ m/min-re választjuk. Mivel marógépünkön $n = 150$ /min fordulatszám állítható be, ezért $\varnothing 40$ mm-nél $v = 18,9$ m/min a forgácsolósebesség.

A marógép P_m motorteljesítményének csak azt a részét használhatjuk fel forgácsolásra, ami a marógép hajtására fordított teljesítményből fennmarad. Ezt a marógép mechanikai hatásfokával, η -val vesszük figyelembe. Így csak a forgácsolásra rendelkezésre álló teljesítmény:

$$P_f = \frac{P_m \eta}{K_{da}}, \quad (8.44)$$

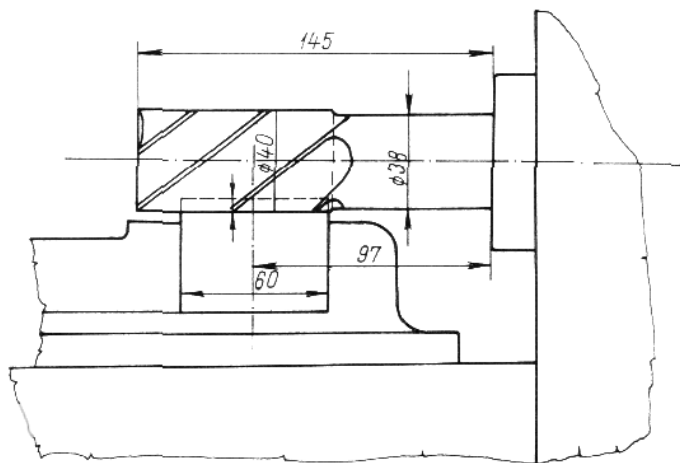
mert a hátkopás következtében megnövekedett teljesítményt is számításba



182. ábra. Különböző átmérőjű, MSZ 3875 martfogazású, nagy teljesítményű, nagy fogferdeségű $\omega = 40^\circ$ Morse-kúpos szárú palástmarók ψ kapcsolási tényező értékei a b marási szélesség függvényében

kívánjuk venni. (A képletben szereplő K_{da} -ban Δ a hátkopást és a acélt jelenti.)

Meg kell határoznunk azt a h'_k tényleges közepes forgácsvastagságot, amellyel nem lépjük túl a rendelkezésre álló teljesítményt, ill. a kerületi forgácsolóerőt. Itt most eltekinthetünk az erőingadozás következtében fellépő forgácsolóerő és -teljesítmény növekedésétől, mert már eddig olyan viszonyokat teremtettünk, hogy erőingadozás nem lép fel.



183. ábra. A példa vázlata

A V percnként lemunkálható forgácstérfogatot legegyszerűbben az (1.9) fajlagos forgácstérfogat alapján számíthatjuk ki:

$$V_f = \frac{6120}{k} \text{ cm}^3/\text{kW min.}$$

A rendelkezésre álló P_f teljesítménnyel az egy perc alatt leforgácsolható anyagtérfogat:

$$V = P_f V_f \text{ cm}^3/\text{min.} \quad (8.45)$$

A továbbiakban a felvett viszonyoknak megfelelő tényleges közepes fajlagos forgácsolási ellenállást kell kiszámítanunk. A megmunkálendő acélmunka $\sigma_B = 75 \text{ kp/mm}^2$ szakítószilárdságú, a példánkban szereplő maró homlokszöge $\gamma_n = 20^\circ$. Az (5.51) képletből

$$k = \frac{191,5}{h_k^{0,212}} \text{ kp/mm}^2.$$

Behelyettesítve:

$$V_f = \frac{6120 h_k^{0,212}}{191,5} = 32 h_k^{0,212} \text{ cm}^3/\text{kW min}$$

értéket kapjuk.

A percnként leforgácsoló anyagtérfogatot kiszámíthatjuk még az (5.28) képletből is:

$$V = \frac{b f v_e}{1000} \text{ cm}^3/\text{min.}$$

A percnkénti előtolást az (5.30) és az (5.7) képletekből kapjuk, de figyelembe véve, hogy ferdefogú maró esetén a tényleges közepes forgácsvastagság az (5.38) képlet szerint $h'_k = h_k \cos \omega$. Elvégezve a behelyettesítéseket

$$v_e = n z e_1 = \frac{n z h'_k}{\cos \omega \sqrt{\frac{f}{D} - \frac{f^2}{D^2}}} \text{ mm/min,}$$

amelyből

$$V = \frac{b f n z h'_k}{1000 \cos \omega \sqrt{\frac{f}{D} - \frac{f^2}{D^2}}} \text{ cm}^3/\text{min.}$$

A hátkopás következtében létrejövő forgácsolóerő, ill. teljesítmény-növekedés, ha acélt gyorsacél szerszámmal marunk, az (5.73) képlet szerint

$$K_{da} = 1 + \frac{0,289}{h_k^{0,59}} (\Delta - 0,1).$$

Ha a percnként leforgácsolható anyagtérfogatnak ezt a képletét egyenlővé tesszük a (8.45) képlettel, amelybe behelyettesítettük a P_f értékét a (8.44) képletből, valamint a $V_f = 32 h_k^{0,212}$ értékét; továbbá figyelembe vesszük a hátkopás következtében létrejövő teljesítmény-növekedést, kapjuk

$$\frac{b f n z h'_k}{1000 \cos \omega \sqrt{\frac{f}{D} - \frac{f^2}{D^2}}} = \frac{32 h_k^{0,212} P_m \eta}{1 + \frac{0,289}{h_k^{0,59}} (\Delta - 0,1)}$$

Ezt az egyenletet rendezzük, és h'_k tényleges közepes forgácsvastag-

ságra megoldjuk, behelyettesítve a 6. táblázatból kivett megengedhető hátkopás $\Delta=0,5$ mm értékét is:

$$h_k^{0,788} + 0,1155h_k^{0,198} = \frac{32\,000P_m\eta \cos\omega \sqrt{\frac{f}{D} - \frac{f^2}{D^2}}}{bfnz}$$

A meglehetősen bonyolult egyenletnek a jobb oldala ismert mennyiségeket tartalmaz, csak kiegészítésként a marógép mechanikai hatásfokát, $\eta=0,8$ és az $f=5$ mm fogásmélységet kell még behelyettesíteni.

Ha az egyenlet jobb oldalát C -vel egyenlővé tesszük, $P_m=7$ kW értékénél

$$C = \frac{7 \cdot 0,8 \sqrt{\frac{5}{40} - \frac{5^2}{40^2}} 32\,000 \cdot 0,766}{60 \cdot 5 \cdot 150 \cdot 5} = 0,202 \text{ mm.}$$

Az egyenlet bal oldala exponenciális tagokat tartalmaz, ezért a megoldását grafikus úton végezzük el a következőképpen. A h_k' -ra különböző értékeket veszünk fel és a logarléc e^{-x} skáláján kiszámítjuk a h_k' törthatványkitevőjű értékeit. A kiszámított értékeket kettős logaritmikus beosztású papírra rajzoljuk fel. Az egyenlet jobb oldali két tagjának az összefüggései kettős logaritmikus skálán egyenest adnak, de a két egyenes összege már nem egyenes, hanem görbe. Ezért több érték összegét kell meghatározni, hogy a görbét megkaphassuk.

Kiszámítjuk $h_k'=0,01$ és $h_k'=0,2$ mm törthatványra emelt értékét:

$$0,01^{0,788} = 0,0266; \quad 0,2^{0,788} = 0,282,$$

majd ezt hozzáadjuk a $0,1155 \cdot 0,01^{0,198} = 0,0464$ és $0,1155 \cdot 0,2^{0,198} = 0,084$ értékekhez.

A két függvény összege $h_k'=0,01$ mm-nél $0,073$ és $h_k'=0,2$ mm-nél $0,366$. Ezzel a négy ponttal a két függvény két egyenesét felrajzoljuk. A két szélső érték között az összegüket csak úgy kapjuk meg, ha a diagramból leolvassuk, vagy számítással meghatározzuk több közbeeső értéket és azokat összeadjuk.

Így a kettős logaritmikus beosztású diagram vízszintes tengelyére felvisszük a tényleges közepes forgácsvastagság h_k' értékeit, a függőleges tengelyre pedig a két függvény kiszámított összegeinek C értékét (184. ábra).

Már előzőleg kiszámítottuk, hogy jelen példánkban az egyenlet C -vel jelölt összefüggésének az értéke $C=0,202$, ennek a függőleges tengelyén továbbmenve a keresett $h_k'=0,075$ mm. Ebből az (5.38) képlet

segítségével kiszámítjuk a maró forgásirányába eső h_k közepes forgácsvastagságot.

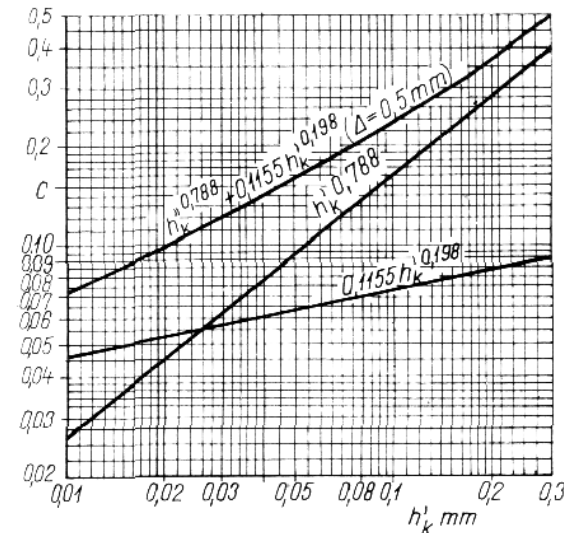
$$h_k = \frac{h_k'}{\cos\omega} = \frac{0,075}{0,766} = 0,0979 \text{ mm.}$$

Az (5.7) képletből kiszámítjuk az e_1 fogankénti előtolást:

$$e_1 = \frac{h_k}{\sqrt{\frac{f}{D} - \frac{f^2}{D^2}}} = \frac{0,0979}{\sqrt{\frac{5}{40} - \frac{5^2}{40^2}}} = 0,297 \text{ mm/fog.}$$

Az (5.30) képletből megkapjuk a v_c percnkénti előtolást:

$$v_c = e_1 n z = 0,297 \cdot 150 \cdot 5 = 223 \text{ mm/min.}$$



184. ábra. A h_k' függvény grafikus megoldása palástmaráshoz, gyorsacél szerszámmal $\sigma_B=75$ kp/mm² szakítószilárdságú acél megmunkálásához

A munka elvégzésére kijelölt marógépen 185 és 222 mm/min a legközelebbi beállítható előtolási érték. Természetesen a $v_c=222$ mm/min értéket vesszük. De ez is lényegtelen helyesbítést kíván; $h_k=0,0970$ mm és $h_k'=0,0742$ mm.

A beállított értékek alapján kiszámítjuk a percenként leforgácsolandó anyagterfogatot:

$$V = \frac{bfv_c}{1000} = \frac{60 \cdot 5 \cdot 222}{1000} = 66,6 \text{ cm}^3/\text{min}.$$

A hátkopás miatt bekövetkező teljesítménynövekedés, amely akkor lép fel, ha a maró fogai már elérték a $\Delta=0,5$ mm hátkopást, az (5.73) képlet alapján:

$$K_{da} = 1 + \frac{0,289}{0,0742^{0,59}} (0,5 - 0,1) = 1,535.$$

(Ez az érték a 136. ábrából is meghatározható.) Tehát éles maró esetén a forgácsolás tiszta teljesítményfelvétele a (8.44) képlet alapján

$$P_f = \frac{P_m \eta}{K_{da}} = \frac{7 \cdot 0,80}{1,535} = 3,65 \text{ kW}.$$

Feltételeztük, hogy a $h'_k=0,0742$ mm tényleges forgácsvastagság esetén $\Delta=0,5$ mm hátkopásnál a teljes 7 kW teljesítményt kihasználtuk. De ez nem áll, mert az előtolás csak fokozatonként állítható, így kaptuk ezt az értéket, holott a pontos számítás $h'_k=0,075$ mm tényleges közepes forgácsvastagságot adott. Bár az eltérés igen kicsi, de okulásul ellenőrizzük a kettő közötti különbséget az (5.51) és az (1.9) képlet szerint:

$$k = \frac{191,5}{h_k^{0,212}} = \frac{191,5}{0,0742^{0,212}} = 332 \text{ kp/mm}^2;$$

$$P_f = \frac{kV}{6120} = \frac{332 \cdot 66,6}{6120} = 3,62 \text{ kW}.$$

Tehát a kiszámított és a beállítható előtolás közötti igen kis eltérés csak 1%. Természetesen, ha a kiszámított érték és a beállítható érték között nagyobb az eltérés, akkor a kihasználtság kevésbé közelíti meg a 100%-ot. Ha a marógépnek fokozat nélküli beállítható előtoló szerkezete van, akkor 100%-os gépkijáratás is elérhető.

A teljesség kedvéért még számítsuk ki, hogy az éltartam végén, amikor már bekövetkezett a megengedett hátkopás, a jelen példánknál mennyire használtuk ki a 7 kW teljesítményt. Ekkor, mint az (5.73) képlettel meghatároztuk, a felvett teljesítmény 1,535-szörösére növekszik. $h'_k=0,0742$ mm-nél éles maró esetén $P_f=3,62$ kW, míg $\Delta=0,5$ mm hátkopással

$$P_{f,d} = 1,535 \cdot 3,62 = 5,56 \text{ kW},$$

amely viszonyítva $7 \cdot 0,80=5,60$ kW-hoz — mert a mechanikai hatásfok miatt csak a motorteljesítmény 80%-át tudjuk kihasználni — megfelel. Tehát a megengedett hátkopással 99%-ig használtuk ki jelen példánknál a motorteljesítményt.

Az előzőkből láthattuk, hogy a diagram megszerkesztése után milyen egyszerűen ki lehet használni marógépünk hajtómotorjának a teljesítményét a hátkopás figyelembevételével. Most vizsgáljuk meg azt, hogy ilyen feltételek között a marószerszámban milyen nagy igénybevételek lépnek fel, nem fog-e a maró eltörni. Ezért a forgácsoláskor fellépő erőviszonyokat is meg kell határoznunk.

A nagy fogferdeségű maró egyes fogai, amikor belépnek az anyagba, állandóan növekvő erővel dolgoznak, amíg a forgácsívsszög befutásával el nem érik a fogásmélység felső síkját. Ettől kezdve a fogak a marási szélességen egyenletes erővel dolgoznak, amíg a marófog a marási szélesség másik oldalán nem kezd el kilépni az anyagból. Ekkor elhagyva a lemunkált felületet, a fogon a terhelés állandó csökkenésével a marófog az anyagból kilépve már terheletlenül forog tovább (185. ábra).

Ha nagy fogferdeségű palástmaróval forgácsolunk (1. ábra), a legnagyobb és már egyenletes kerületi erőt az (5.42) képletből számítjuk ki:

$$F_k = ks \text{ ctg } \omega h_k \text{ kp}.$$

Ehhez először az s forgácsív hosszát kell megállapítani az (5.9) képletből kapott $\varphi/2$ szög segítségével:

$$\sin \varphi/2 = \sqrt{\frac{f}{D}} = \sqrt{\frac{5}{40}} = 0,354; \quad \varphi/2 = 20,75^\circ \text{ és } \varphi = 41,5^\circ.$$

A forgácsív hossz:

$$s = \frac{\pi D \varphi}{360} = \frac{\pi 40 \cdot 41,5}{360} = 14,5 \text{ mm}.$$

Az (5.42) képletben az $s \text{ ctg } \omega = g$, a teljes fogásban levő fogélhossznak a vetülete.

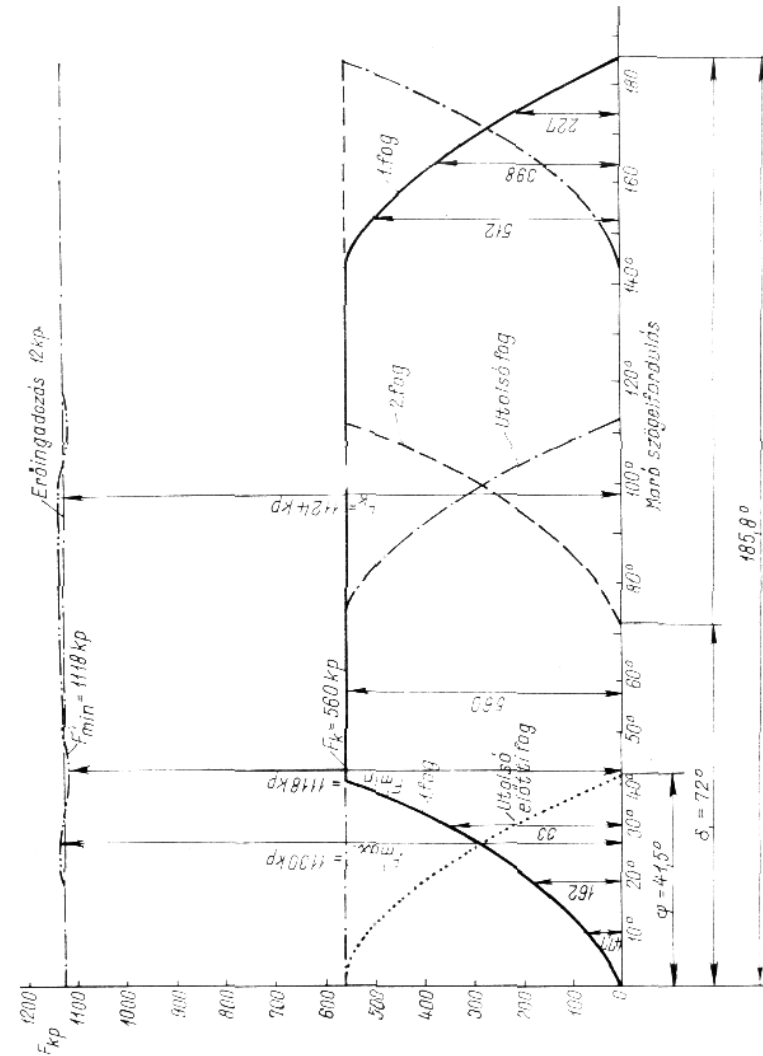
A h_k értékét már előzőleg kiszámítottuk, sőt helyesbítettük is a beállítható előtolásnak megfelelően, $h_k=0,0970$ és $h'_k=0,0742$ mm.

Az egy marófogon fellépő legnagyobb egyenletes kerületi erő tehát:

$$F_k = 332 \cdot 14,5 \cdot 1,192 \cdot 0,0970 = 560 \text{ kp}.$$

Az állandóan ható kerületi erő az F_k -nak és a ψ kapcsolási tényezőnek a szorzata. A 20. táblázatból $\psi=2,004$ -et választunk:

$$F'_k = \psi F_k = 2,004 \cdot 560 = 1122 \text{ kp}.$$



185. ábra. A forgácsolóerők és eredőjük változása a maró szögelfordulásának függvényében palástmaráskor $\psi = 2,004$ esetén

Ezt az értéket az (1.8) alapképlettel ellenőrizzük:

$$F'_k = \frac{6120 P_f}{v} = \frac{6120 \cdot 3,62}{18,9} = 1170 \text{ kp.}$$

Itt is jelentkezik a két számítási mód közötti kis eltérés, ez a körívvel való megközelítésből ered. Biztonságból a szilárdsági számítást a nagyobb értékkel végezzük.

Most már rátérhetünk a maró szilárdsági ellenőrzésére. Az 5. Morse-kúp szárú maró méreteit a szabványban nézzük meg, de a gyakorlatban a szerszámkiadóból kivett marót le is mérhetjük.

A $D=40$ mm-es maró kinyúló szabad hossza, mint a 183. ábrán látható: 145 mm. A dolgozórész hossza $l_2=80$ mm, így a szárrészre marad 65 mm. Az erők csökkenése miatt a lehető legkisebb kinyúlással dolgozunk, de 2 mm biztonsággal számolva, a mart felület közepe 97 mm-re lesz a Morse-kúptól. Tehát az erő karja 9,7 cm. A szár átmérője 38 mm = 3,8 cm.

A hajlítófeszültség:

$$\sigma_h = \frac{l F'_k}{0,098 d^3} = \frac{9,7 \cdot 1170}{0,098 \cdot 3,8^3} = 2120 \text{ kp/cm}^2.$$

A csavarófeszültség:

$$\tau = \frac{r F'_k}{0,196 d^3} = \frac{2 \cdot 1170}{0,198 \cdot 3,8^3} = 216 \text{ kp/cm}^2.$$

Az összetett feszültség *Mohr—Guest* szerint:

$$\sigma_0 = \sqrt{\sigma_h^2 + 4\tau^2} = \sqrt{2120^2 + 4 \cdot 216^2} = 2160 \text{ kp/cm}^2.$$

Ez gyorsacél szerszámra még megengedhető érték, de számolni kell azzal, hogy a megengedett hátkopás következtében az erő 53,5%-kal megnő, és ugyanennyivel nőnek meg a feszültségek is. Ugyanezen számítás szerint az összetett feszültség $\sigma_0 = 3345 \text{ kp/cm}^2$. Ha a jó minőségű edzett gyorsacél hajlítoszilárdságát $\sigma = 250 \text{ kp/mm}^2$ -re = $25\,000 \text{ kp/cm}^2$ -re vesszük, akkor még a hátkopás következtében megnövekedett igénybevétel esetén is 7,5-szörös a biztonság.

A teljes erőkép megszerkesztése. Miután meghatároztuk a teljesítményt, és a maró szilárdságát ellenőriztük, megszerkesztjük az erőváltozásokat. Mint a $\psi = 2,004$ kapcsolási tényező értékéből látható, állandóan két fog forgácsolóerejét kell összegeznünk, és még pillanatnyilag a harmadik fog is szerepel igen kis értékkel.

A példában kiszámított adatok szerint a maró egy fogán fellépő legnagyobb egyenletes erő $F_k = 560$ kp, amely e nagy fogferdeség mellett $\varphi = 41,5^\circ$ forgácsívszöghöz tartozik. A forgácsolóerő változását a maró szögelfordulásának függvényében rajzoljuk fel.

A $41,5^\circ$ forgácsívszöghöz a fogásban levő foghossz vetülete tartozik, mely az (5.37) képlet szerint:

$$g = s \operatorname{ctg} \omega = 14,5 \cdot 1,192 = 17,25 \text{ mm.}$$

Ez azt jelenti, hogy a teljes 60 mm marási szélességből egy marófog 17,25 mm-nél nagyobb szélességen sohasem dolgozik. A 60 mm-ből először 17,25 mm-t fut be a fog, amíg eléri a teljes $F_k = 560$ kp kerületi erőt. Ez $60 - 17,25 = 42,75$ mm marási szélességen állandó érték, és csak ezután kezd a fog a munkadarab másik oldalán az anyagból kilépni. Ehhez az állandóan csökkenő kerületi erőhöz újabb $41,5^\circ$ szögelfordulás tartozik.

A továbbiakban meghatározzuk, hogy hány fokos maróelfordulásra van szükség, amíg egy marófog teljesen végighalad a teljes marási szélességen.

A kezdeti belépéstől számított $41,5^\circ$ után éri el a maró éle a marási szélesség felső sarkát. Ezután még 42,75 mm-t kell megtennie, hogy a maróél a másik oldalán az anyagból megkezdje a kilépést. Arányossági alapon már meghatároztuk, hogy 17,25 mm marási szélességen megtett úthoz $41,5^\circ$ szögelfordulás tartozik, és ebből következik, hogy 42,75 mm-hez $102,8^\circ$ szögelfordulás tartozik. Egy marófog tehát a munkadarabon a belépéstől $41,5^\circ$ után éri el a teljes kerületi erőt. Ez $102,8^\circ$ -on keresztül dolgozik teljes értékkel és újabb $41,5^\circ$ után lép ki teljesen az anyagból. Tehát egy marófog $2 \cdot 41,5 + 102,8 = 185,8^\circ$ szögelforduláson keresztül dolgozik.

A teljes erőváltozási képhez ki kell számítanunk a kezdeti emelkedő és a kilépéstől csökkenő erőváltozásokat. A teljes kerületi erőt, $F_k = 560$ kp-t már kiszámítottuk. A belépés utáni növekvő erő értékeinek a meghatározásához kiszámítjuk a 10° , 20° és 30° szögelfordulásokhoz tartozó részerőket, miután a végső $41,5^\circ$ -hoz tartozó teljes kerületi erőt már ismerjük. A részerők meghatározásához kiszámítjuk azok szögelfordulásához tartozó félszögek forgácsvastagságát a hozzá tartozó g_x vetülettel. Ezzel megkaptuk a részerők q_x forgácskeresztmetszetét. Ezt megszorozva a tényleges közepes forgácsvastagsághoz tartozó k_x fajlagos forgácsolási ellenállással, megkapjuk a részerők értékét.

A tényleges forgácsvastagság, amelynek alapján a közepes fajlagos forgácsolási ellenállást számítjuk, az elfordulás irányába eső közepes forgácsvastagsága szorozva $\cos \omega$ -val.

A kiszámított értékeket táblázatosan adjuk meg. A félszögekhez tartozó forgácsvastagságot az (5.2) képlet alapján $h_x = e_1 \sin \varphi_x$ képlettel

számítjuk ki. A k_x értékét jelen példánk kiindulási alapját képező (5.51) képlettel:

$$k_x = \frac{191,5}{h_x^{0,212}} \text{ kp/mm}^2.$$

φ_x°	h_x	$h'_x = h_x \cos \omega$	k_x	g_x	q_x	F_x	$F_k - F_x$
5	0,0236	0,0183	446	4,16	0,107	47,7	512
10	0,0514	0,040	379	8,32	0,428	162	398
20	0,0767	0,0576	348	12,48	0,957	333	227

Ezekből az adatokból megszerkesztjük a forgácsolóerők változását (185. ábra). Láthatjuk, hogy az erőingadozás elenyészően csekély, mindössze 12 kp, mert a kapcsolási tényező $\psi = 2,004$ alig tér el az egész számtól. A két fog teljes kerületi erejéhez $2F_k = 2 \cdot 560 = 1120$ kp, hozzájön még 10 kp, így az első és utolsó előtti fog metszésénél a legnagyobb erő $F'_{\max} = 1130$ kp lesz. A legkisebb összegezett kerületi erő $F'_{\min} = 1118$ kp, és az állandónak feltételezett közepes kerületi erő $F'_k = 1124$ kp.

Ezzel újra beigazoltuk, hogy a szabványos nagy fogferdeségű maró közül választhatunk olyant, amelynek jellemzői és a marási szélesség között olyan viszony van, hogy a ψ kapcsolási tényező igen közel áll valamilyen egész számhoz. Így megvalósítható az erőingadozás nélküli forgácsolás, amelynek az a feltétele, hogy amikor a marási szélesség egyik oldalán egyik marófog belekap a munkadarab anyagába, akkor a másik oldalon valamely másik fog kezdjen kilépni az anyagból.

Ha nagy sorozatról vagy tömeggyártásról van szó, és a szabványos marók között nem találunk olyan típust, amelynek a kapcsolási tényezője megfelel (nagyon közel áll valamilyen egész számhoz), akkor érdemes e célra külön marót készíttetni, amelynél

$$\frac{\operatorname{tg} \omega}{t} b = \psi = \text{egész szám.}$$

A teljesítmény növelése az előtolás fokozatos beállításával. Példánkban a fogankénti előtolást úgy választottuk meg, hogy ha a hátakopás eléri a megengedett $\Delta = 0,5$ mm értéket, akkor se emelkedjék a forgácsolási teljesítmény olyan nagy értékre, hogy a hajtómotort túlterheljük. Ez helyesen választott viszonyok között csak a maró éltartamának a vége felé, tehát 480 perchez közel következik be. Ekkorra nő meg a terhelés 53,5%-kal a kezdeti éles maró $P_f = 3,62$ kW terheléséről

$P_{r\Delta} = 5,56$ kW értékre. Ez gyakorlatilag azt jelenti, hogy a 7 kW-os motor teljesítményéből, leszámítva a marógép belső súrlódása következtében felemésztett 20%-ot, azaz 1,4 kW-ot, a forgácsolásra rendelkezésünkre álló 5,6 kW-nak csak a 64,5%-át használtuk fel. A teljesítmény csak fokozatosan a 480 perc vége felé éri el a felső értéket. Ezen úgy segíthetünk, ha már kezdetben is jobban ki akarjuk használni a hajtómotor teljesítményét, hogy kezdetben nagyobb fogankénti előtolással dolgozunk.

Pl. a teljes 480 perc éltartamot felosztjuk három részre és kezdetben akkora előtolással dolgozunk, amely a hátkopás $\frac{1}{3}$ részének megfelelő teljesítménynövekedést okoz. A számítás egyszerűsítése végett a teljesítménynövekedést a hátkopás növekedésével arányosnak vesszük. Az éltartam idejének $\frac{1}{3}$ -a után csökkentjük az előtolást olyan mértékben, amely a $\frac{2}{3}$ rész hátkopás teljesítménynövekedésének felel meg, és csak az éltartam utolsó harmadában állítjuk be a teljes hátkopásnak megfelelő, tovább csökkentett előtolást, vagyis példánkban megállapított $v_e = 222$ mm/min értéket.

Ezért példánkat úgy módosítjuk, hogy az éltartamidő alatt a motor teljesítmény jobb kihasználása érdekében három előtolási fokozattal dolgozunk. A különböző előtolások $\Delta_1 = 0,16$, $\Delta_2 = 0,34$ és $\Delta_3 = 0,5$ mm hátkopásnak megfelelő teljesítménynövekedésnek felelnek meg.

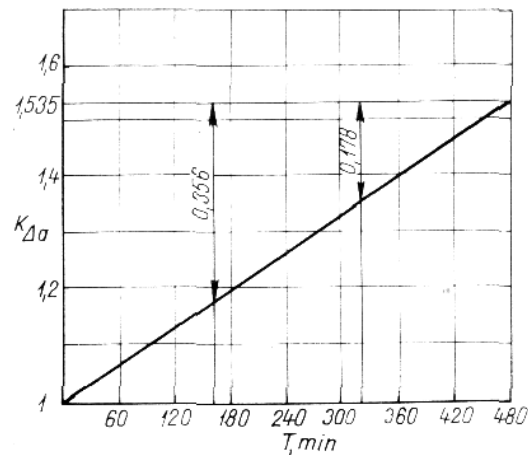
A számítást legpontosabban úgy végezhetnénk el, hogy az (5.37) képlet alapján kiszámítanánk az egyenlet jobb oldalán levő C értéket, de ugyanekkor megváltozna az egyenlet bal oldalán levő második exponenciális tag is. Ez $\Delta = 0,16$ mm esetében $0,0173h_k^{0,198}$ lenne az alapfeladatban szereplő $\Delta = 0,5$ mm-nek megfelelő $0,1175h_k^{0,1155}$ érték helyett. Ennek megfelelően kellene a 184. ábrán ismertetett szerkesztést újra elvégezni.

Ez a számítás azonban igen hosszadalmas, ezért megközelítő módszerrel dolgozunk.

A 186. ábrán diagramban felvittük a $K_{\Delta a} = 1,535$ értéket és azt a 480 perces éltartam szerint három részre osztottuk fel. Azt már az előzőekben kiszámítottuk, hogy ha a hátkopás következtében nem növekedne a teljesítmény, akkor éles szerszámmal csak $P_r = 3,62$ kW teljesítményre volna szükség. Ezért az éltartam első harmadában, számítva az első 160 percnél a végén a hátkopásra, az $5,6 - 3,62 = 1,98$ kW különbség kétharmadát hozzáadhatjuk a 3,62 kW-hoz. Így $3,62 + 1,32 = 4,94$ kW teljesítményhez tartozó éles szerszámmal megfelelő h_k' értéket kell kiszámítanunk. Ezt úgy kapjuk meg, hogy kiszámítjuk a 4,94 kW-hoz tartozó C értéket, és ennek a megfelelőjét keressük ki a 184. ábrán a $h_k^{0,788}$ egyenesen.

A további számítások már egyszerű arányok alapján végezhetők. Az alapfeladatban kiszámítottuk, hogy a $P_r = 5,6$ kW tiszta forgácsolási teljesítményhez $C = 0,202$ érték tartozik, tehát a 4,94 kW-hoz arányosan

0,178 érték. Ennek a 184. ábrán a $h_k^{0,788}$ egyenesen $h = 0,11$ mm felel meg. Mivel a többi keresendő érték mind egyenesen arányos a h_k' értékével, az előző számításból megkaptuk, hogy a $h_k' = 0,075$ mm értékhez $v_e = 223$ mm/min tartozik, ezért a $h_k' = 0,11$ -hez $v_e = 324$ mm/min érték tartozik. Ez azt jelenti, hogy a teljes 480 perc éltartam első harmadában, amikor a hátkopás még kicsi, 45%-kal nagyobb előtolással dolgozhatunk, amint amikor már kezdetben is a teljes hátkopás következtében bekövetkezett teljesítménynövekedés alapján állítottuk be az előtolást.



186. ábra. $K_{\Delta a}$ hátkopási tényező változása a marási idő függvényében és az előtolás fokozatos beállítása teljesítménykihasználás céljából

A második harmadban már csak $3,62 + 0,66 = 4,28$ kW teljesítménynek megfelelő előtolással dolgozhatnak, mert ekkor a hátkopás $\Delta_2 = 0,34$ mm. Az ennek megfelelő $C = 0,154$ -hez a 184. ábrán a $h_k^{0,788}$ egyenesen $h_k' = 0,095$ mm felel meg. Ehhez az értékhez arányosan számítva $v_e = 256$ mm/min előtolás tartozik, mely 11,5%-kal nagyobb, mint a teljes hátkopáshoz tartozó 223 mm/min.

Ily módon a marási hossz a teljes 480 perc éltartamra:

$$\begin{aligned} 160 \cdot 324 &= 58\,400 \\ 160 \cdot 256 &= 46\,100 \\ 160 \cdot 223 &= 40\,100 \\ \hline \text{összesen} &= 144\,600 \text{ mm,} \end{aligned}$$

480 · 223 = 107 000 mm helyett, ha fokozatosan csökkentjük az előtolást a hátkopás következtében megnövekedett teljesítménynek megfelelően. Ezzel az eljárással 35%-kal növelhetjük a termelékenységet. Minthogy az előtolást csak 480/3 = 160 percenként kell átkapcsolni, a folyamatos munkát nem zavarja.

Ez a számítás elméleti alapokra épül, pontosan csak akkor alkalmazható, ha minden megfelel az elméletben feltételezett körülményeknek. A gyakorlatban azonban, különösen az anyag minőségében jelentkező eltérések miatt, nem lehet számítani az előtolások átkapcsolási idejének ilyen pontos beállítására. Ezért az átkapcsolás idejének a pontos megállapítására az *adaptív kontroll* (AC) módszert vezetjük be. Ennek legegyszerűbb módja, hogy a marógép hajtómotorjára egyszerűen ampermérőt szerelünk, és mikor az amper értéke elérte a teljes terhelésnek megfelelő értéket, kapcsolunk vissza kisebb előtolásra. Az automatizálás mai fejlettsége fokán marógépünkre felszerelhetünk olyan berendezést is, amely a gépet leállítja, ha a terhelés túllépi a megengedett értéket. A mai korszerű marógépeken találunk fokozat nélküli külön motor hajtású előtoló berendezéseket. Ezekkel az előtolás a hajtómotor teljesítményének megfelelően pontosan állítható. A marógépek fokozat nélküli előtoló berendezésnek igen nagy a jelentősége, mert nagymértékben elősegíti a teljesítmény kihasználását és ezáltal a termelékenység növelését.

A *Cincinnati Milling Machine Co.* már eddig is felszerelte marógépeit olyan berendezéssel, amely az előtolási sebességet önműködően növeli vagy csökkenti, ha a marási szélesség csökken vagy növekszik.

A teljesítmény ily módon való kihasználása azonban megköveteli, hogy:

- Az erőingadozásokat a lehető legkisebb értéken tartjuk, vagyis a kapcsolási tényező, ha lehet, pontosan egész szám legyen, vagy igen közel álljon az egész számhoz.
- A maró pontosan, csaknem ütés nélkül fusson, felfogása a lehető legmerevebb, kinyúlása minimális legyen.

Hiába állítottuk be ugyanis a kapcsolási tényezőt pontosan egész számra, hogy ezzel elkerüljük az erőingadozást, ha az ütésből ennek ellenére olyan erőingadozás lép fel, ami az egyes marófogak egyenletes terhelését és egyenletes hátkopását megakadályozza.

A pontatlanul futó maró ezen kívül hullámos felületet mar; minden marófordulatkor az ütésnek megfelelő hullám keletkezik. Az ilyen felület rendszerint nem alkalmas feladatának végrehajtására.

Ezek a megállapítások főleg palástmarásra vonatkoznak, a homlokmarás viszonyaival külön foglalkozunk.

Hangsúlyozzuk továbbá, hogy a teljesítmény kihasználásának e módja általában *nagylásra vonatkozik*. Ekkor ugyanis az az alapvető

szempont, hogy a legrövidebb idő alatt a legnagyobb forgácstérfogatot távolítsuk el.

Símitáskor az előírt felületi érdesség betartásán van a hangsúly. Ilyenkor nem is lehet szó a hajtómotor teljesítményének a teljes kihasználásáról, viszont még fokozottabb mértékben ügyelni kell a pontos futásra, mert rosszul élezett maróval nem lehet előírt érdességi értéket betartani. Ezzel szemben pontosan futó maróval még nagyobb teljesítmény mellett is kielégítő felületet készíthetünk. A teljesítmény növelése csak akkor és addig lehetséges, ameddig a csattogás, berezégés nem következik be. Ezt a marógép felépítése és merevsége szabja meg. Gyenge, pontatlan, kopott vezetékű marógépen nem lehet a motor teljesítményét kihasználni.

8.5.2. A h'_k tényleges közepes forgácsvastagság meghatározása

(1) A h'_k tényleges közepes forgácsvastagság meghatározása a **marási teljesítményből, acélok palástmarásakor**. Példánkban meghatároztuk a h'_k tényleges közepes forgácsvastagságot $\sigma_B = 75$ kp/mm² szakítószilárd-ságú acélra, $\gamma = 20^\circ$ homlokszög esetén. A megengedett hátkopás $\Delta = 0,5$ mm volt.

A következőkben úgy alakítjuk át egyenletünket, amelynek alapján a 184. ábra diagramját megszerkesztettük, hogy érvényes legyen más minőségű acélra, más hátkopási értékek esetén is.

$$h'_k{}^x + ah'_k{}^y = \frac{C_a P_m \eta \cos \omega \sqrt{\frac{f}{D} - \frac{f^2}{D^2}}}{bfnz}$$

Az x hatványkitevő megadja az éles szerszámhoz tartozó h'_x értéket, míg ha hozzáadjuk a második tagot az y hatványkitevővel, megkapjuk a hátkopás okozta teljesítménynövekedés miatti csökkentett h'_x értékét.

Az x hatványkitevőt úgy számítjuk ki, hogy az acélnak gyorsacél szerszámmal végzett palástmarásakor k vagy V_f képleteiben szereplő 0,212 hatványkitevőt levonjuk az egész számból. Ekkor megkapjuk az előző példánkban szereplő 0,788 értéket.

Az y hatványkitevőt úgy határozzuk meg, hogy az egész számból levonjuk az (5.73) képletben szereplő 0,59 és 0,212 hatványkitevőket. $1 - 0,59 - 0,212 = 0,198$. A második h'_k a szorzója attól függ, hogy az ugyancsak az (5.73) képletben mekkora a $(\Delta - 0,1)$ értéke, amellyel a 0,289 állandót meg kell szorozni.

A képlet jobb oldalán a példánkban felvett acélminőségre és γ homlokszöghöz a $V_f = 32 h_k'^{0,212}$ cm³/kW min értékhez a 32-t meg kellett

szorozni 1000-rel. Így kaptuk az anyagra és a homlokszögre jellemző $C_a = 32\ 000$ értéket.

Ha most az (5.50)–(5.57) képletek számlálóiában szereplő állandókkal elosztjuk a 6120 alapértéket, és a kapott eredményt megszorozzuk még 1000-rel, megkapjuk a különböző szilárdságú acélokra és homlokszögekre jellemző C_a tényezőt.

A fenti adatokból még hiányoznak a $\sigma_B = 47\text{ kp/mm}^2$ szakítószilárdságú acélra vonatkozó képletek $\gamma_n = 27^\circ$, 15° és 8° homlokszögek esetére.

$$\gamma_n = 27^\circ; \quad k = \frac{128}{h_k^{0,212}} \text{ kp/mm}^2; \quad V_f = 47,8 h_k^{0,212} \text{ cm}^3/\text{kW min};$$

$$\gamma_n = 15^\circ; \quad k = \frac{143}{h_k^{0,212}} \text{ kp/mm}^2; \quad V_f = 42,7 h_k^{0,212} \text{ cm}^3/\text{kW min};$$

$$\gamma_n = 8^\circ; \quad k = \frac{172}{h_k^{0,212}} \text{ kp/mm}^2; \quad V_f = 35,6 h_k^{0,212} \text{ cm}^3/\text{kW min}.$$

Ezzel a kiegészítéssel $\sigma_B = 47, 60, 75$ és 100 kp/mm^2 szakítószilárdságú acélokra három homlokszögre megkapjuk a C_a tényezőket (21. táblázat). Az egyenletünk jobb oldalán található többi értéket, amelyeket összességükben C -vel jelöltünk, a forgácsolási adatokból meghatározhatjuk. Ily módon megkapjuk a már ismert C értékét, amelyhez

kikereshető a h'_k érték.

A diagramot ki kell még egészíteni a Δ megengedett hátkopás értékeivel, ill. a hozzájuk tartozó görbékkel. Ez látható a 187. ábrán, amelyet még kiegészítettünk a $h_k^{0,788}$ értékét jelző egyenessel is. Ez megadja a h'_k értékét a teljesen éles szerszámmra, amikor még semmi hátkopás sincs. Ezt akkor használjuk, amikor a termelékenység növelése céljából az előtolást fokozatosan állítjuk be, a hátkopás növekedése szerint.

A 21. táblázatban nem szereplő szakítószilárdságú acélokhoz és homlokszögekhez tartozó C_a értékeket vagy becsléssel ha-

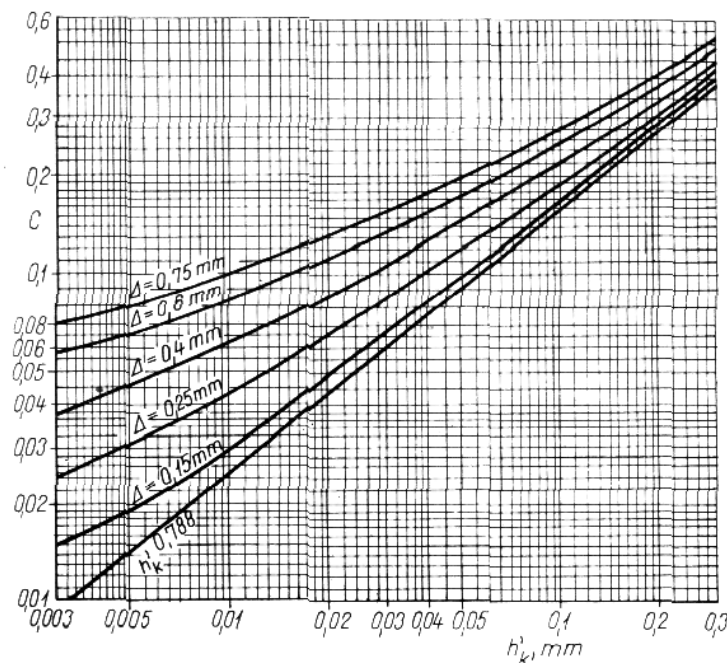
21. táblázat

C_a anyagminőségi tényező a maró homlokszögének és az acél szakítószilárdságának függvényében

C_a	$\sigma_B, \text{kp/mm}^2$ szakítószilárdság	γ_n° homlokszög
47 000	47	27
42 700		15
35 600		8
43 100	60	25
37 500		18
29 400		3
32 000	75	20
29 500		15
24 800		3
18 700	100	18
17 100		10
15 900		3

tározhatjuk meg, vagy pedig az (5.49) képlettel kiszámított K_m helyesbítő tényezővel. A homlokszög változásának a befolyását az (5.48) képlettel határozzuk meg.

(2) A h'_k tényleges közepes forgácsvastagság meghatározása a marási teljesítményből, öntöttvas palástmarásakor. Öntöttvas palástmarásakor a számítás menete ugyanaz, mint acél marásakor, de mind a k fajlagos



187. ábra. A h'_k értékei a C függvényében különböző hátkopási értékeknél, acél palástmarásakor gyorsacél szerszámmal

forgácsolási ellenállás képletében, mind a hátkopás okozta teljesítménynövekedés képletében más értékek szerepelnek.

Az öntöttvas fajlagos forgácsolási ellenállásának a meghatározására rendelkezésünkre áll HB 200 kp/mm^2 keménységig az (5.65) képlet és az (5.66) összefüggés HB 200...250 kp/mm^2 értékig. Ezek külföldi szakirodalmi adatok, tapasztalat szerint a hazai öntöttvasak a *hozaganyagok*

különözése miatt nehezebben forgácsolhatók, ezért biztonság kedvéért $HB=200$ kp/mm² közepes értékre a következő képletet ajánljuk:

$$k = \frac{135}{h_k^{0,259}} \text{ kp/mm}^2, \quad (8.46)$$

amelyből

$$V_f = 45,3 h_k^{0,259} \text{ cm}^3/\text{kW min.} \quad (8.47)$$

Az öntöttvas erős koptató hatása miatt a hátkopás okozta teljesítménynövekedést is az (5.74) képlettel vesszük figyelembe:

$$K_{\Delta\delta} = 1 + \frac{0,66}{h_k^{0,567}} (\Delta - 0,05).$$

Öntöttvas palástmarásához különböző hátkopási értékek esetén

$$h_k^{0,741} + (\Delta - 0,05) 0,66 h_k^{0,174} = \frac{45\,300 P_m \eta \cos \omega \sqrt{\frac{f}{D} - \frac{f^2}{D^2}}}{bf n z}$$

Ennek az összefüggésnek a grafikus megoldását $\Delta=0,2\dots1,5$ mm között diagramban a 188. ábrán adjuk meg. Itt is berajzoltuk a $h_k^{0,741}$ értékét, amely az egyenlet jobb oldali értékével a teljesen éles szerszám esetén adja meg a marógép legnagyobb teljesítménye esetén a h_k' értékét.

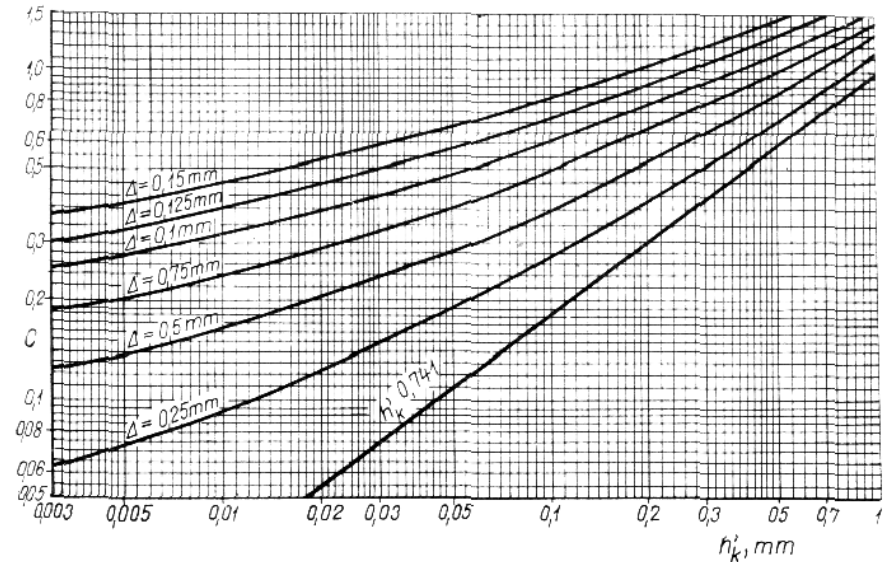
A palástmarási viszonyok kiszámítását könnyíti meg a 22. táblázat,

amelyben a $\sqrt{\frac{f}{D} - \frac{f^2}{D^2}}$ értékeit adtuk meg. Ez tíz szabványos maró-átmérőhöz öt fogásmélységre adja meg az értékeket. A táblázatban kikeresett értéket megszorozva az e_1 fogankénti előtolás értékével, megkapjuk a közepes forgácskeresztmetszet meghatározásához szükséges h_k értéket. Ha ferdefogú maróval dolgozunk, a k közepes fajlagos forgácsolási ellenállás értékének meghatározásához a h_k' kell. A szabványos marók $\omega=20^\circ$ és 45° ferdeséggel készülnek, ezért a h_k' értékét úgy számítjuk ki, ha a gyökjel alatti értéknek és a $\cos \omega$ -nak a szorzatát megszorozzuk az e_1 fogankénti előtolás értékével.

A közepes forgácskeresztmetszet a h_k és a forgácsívhosszhoz tartozó g vetület szorzata (114. ábra).

(3) A h_k' tényleges közepes forgácsvastagság meghatározása a marási teljesítményből, acél homlokmarásakor. Ezt a feladatot a palástmarás esetén bemutatott módszerrel hajtjuk végre, de homlokmarásakor a közepes forgácsvastagságot az (5.18) képlet alapján határozzuk meg. A teljesség kedvéért itt is figyelembe vesszük a fog ferdeségét és így, ha a h_k' tényleges közepes forgácsvastagság lényegesen különbözik a h_k közepes forgácsvastagságtól, beiktatjuk a $\cos \omega$ szorzót. (Erre azonban ritkán kerül sor, mert még $\cos 15^\circ=0,966$ esetén is csak 3,4% a hiba.)

Homlokmarásakor a forgácsvastagság főként α elhelyezési szögtől függ, melyet a $\sin \alpha$ értékével vesszük figyelembe.



188. ábra. A h_k' értékei a C függvényében különböző hátkopási értékeknél öntöttvas palást- és homlokmarásakor gyorsacél szerszámmal

Ügyeljünk arra, hogy a homlokmaró ferdeségi szögét a szabvány a fog tengelyirányú homlokszögének, γ_f -nek nevezi, holott ugyanezt a palástmarónál ω -val jelöljük. A homlokmarón ezt a rövid egyenes ferdeséget, amely palástmarón csavarvonal, λ terelőszögnek is nevezik az esztergakés hasonló szöge után. A következőkben homlokmarókhoz a szabványos jelölést, γ_f -t vagy ω -t fogjuk használni.

Eddigi homlokmaráshoz $\sigma_B=75$ kp/mm² szakítószilárdságú acél

22. táblázat

$$\sqrt{\frac{f}{D} - \frac{f^2}{D^2}}, \cos 20^\circ \sqrt{\frac{f}{D} - \frac{f^2}{D^2}} \text{ és } \cos 45^\circ \sqrt{\frac{f}{D} - \frac{f^2}{D^2}}$$

függvények értékei szabványos D maróátmérekre és különböző f fogásmélységeknél

Átmérő D , mm	Fogásmélység f , mm	$\sqrt{\frac{f}{D} - \frac{f^2}{D^2}}$	$\cos 20^\circ \sqrt{\frac{f}{D} - \frac{f^2}{D^2}}$	$\cos 45^\circ \sqrt{\frac{f}{D} - \frac{f^2}{D^2}}$
13	2	0,361	0,339	0,239
	4	0,462	0,433	0,326
16	2	0,33	0,31	0,233
	4	0,435	0,407	0,306
	5	0,434	0,435	0,327
20	2	0,30	0,282	0,212
	4	0,40	0,374	0,283
	5	0,433	0,407	0,306
	8	0,489	0,459	0,345
25	2	0,272	0,255	0,192
	4	0,336	0,316	0,237
	5	0,40	0,374	0,283
	8	0,466	0,438	0,329
32	2	0,242	0,227	0,171
	4	0,33	0,31	0,133
	5	0,363	0,341	0,256
	8	0,437	0,411	0,306
40	2	0,218	0,205	0,154
	4	0,30	0,282	0,212
	5	0,33	0,310	0,233
	8	0,40	0,374	0,283
	10	0,433	0,407	0,315
50	2	0,196	0,184	0,138
	4	0,272	0,255	0,192
	5	0,30	0,282	0,212
	8	0,367	0,344	0,259
	10	0,40	0,374	0,283
63	2	0,176	0,165	0,124
	4	0,243	0,228	0,172
	5	0,271	0,254	0,192
	8	0,333	0,332	0,235
	10	0,365	0,343	0,258
80	2	0,156	0,146	0,110
	4	0,218	0,204	0,154
	5	0,272	0,227	0,171
	8	0,30	0,282	0,212
	10	0,33	0,310	0,233

22. táblázat folytatása

Átmérő D , mm	Fogásmélység f , mm	$\sqrt{\frac{f}{D} - \frac{f^2}{D^2}}$	$\cos 20^\circ \sqrt{\frac{f}{D} - \frac{f^2}{D^2}}$	$\cos 45^\circ \sqrt{\frac{f}{D} - \frac{f^2}{D^2}}$
100	2	0,140	0,140	0,099
	4	0,196	0,184	0,138
	5	0,218	0,204	0,154
	8	0,271	0,254	0,192
	10	0,314	0,295	0,222
125	2	0,126	0,118	0,089
	4	0,176	0,165	0,124
	5	0,196	0,184	0,138
	8	0,245	0,230	0,173
	10	0,271	0,254	0,192

Pl.: $\varnothing 80$ mm $\omega = 20^\circ$ ferdeségű maróval $f = 5$ mm fogásmélység és $e_1 = 0,15$ mm/fog clótolás esetén $h_k = e_1 \sqrt{\frac{f}{D} - \frac{f^2}{D^2}}$ számítandó ki.

A táblázatból a gyökjel alatti érték 0,242; ebből $h_k = 0,15 \cdot 0,242 = 0,0363$ mm.

A k fajlagos forgácsolási ellenállás meghatározásra szükséges $k'_k = e_1 \cos 20^\circ \sqrt{\frac{f}{D} - \frac{f^2}{D^2}}$.

A táblázatból $\cos 20^\circ \sqrt{\frac{f}{D} - \frac{f^2}{D^2}} = 0,227$; $h'_k = 0,15 \cdot 0,227 = 0,034$ mm.

Ennek alapján k értéke vagy a diagrammból olvasható le, vagy képlettel kiszámítható.

megmunkálásakor az (1.13) képletet alkalmaztuk

$$k = \frac{225}{h_k^{0,242}} \text{ kp/mm}^2.$$

Ezt most kiterjesztjük 45, 60 és 100 kp/mm² szakítószilárdságú acélokra is az (5.49) képlet segítségével, amelyből a K_m anyagminőségi helyesbítő tényező számítható az anyag szilárdságától függően.

A következőkben négy szakítószilárdságú acélra adjuk meg a fajlagos forgácsolási ellenállás értékeit a h'_k függvényében. Egyúttal megadjuk ugyanezen acélokra a V_f fajlagos forgácseljesítmény értékeit is. A továbbiakban az itt szereplő állandók szerepelnek majd képletünkben egységesen C_{ah} jelöléssel.

$\sigma_B = 45$ kp/mm² szakítószilárdságú acélra:

$$k = \frac{166}{h_k^{0,242}} \text{ kp/mm}^2; \quad V_f = 36,8 h_k^{0,242} \text{ cm}^3/\text{kW min.} \quad (8.48)$$

$\sigma_B = 60 \text{ kp/mm}^2$ szakítószilárdságú acélra:

$$k = \frac{190}{h_k^{0,242}} \text{ kp/mm}^2; \quad V_f \approx 32,2 h_k^{0,242} \text{ cm}^3/\text{kW min.} \quad (8.49)$$

$\sigma_B = 75 \text{ kp/mm}^2$ szakítószilárdságú acélra:

$$k = \frac{225}{h_k^{0,242}} \text{ kp/mm}^2; \quad V_f \approx 27,2 h_k^{0,242} \text{ cm}^3/\text{kW min.} \quad (8.50)$$

$\sigma_B = 100 \text{ kp/mm}^2$ szakítószilárdságú acélra:

$$k = \frac{279}{h_k^{0,242}} \text{ kp/mm}^2; \quad V_f \approx 21,9 h_k^{0,242} \text{ cm}^3/\text{kW min.} \quad (8.51)$$

Ezek az összefüggések a 189. ábrán láthatók.

Ha acélt gyorsacél homlokmaróval marunk, feltételezzük, hogy a maró homlokszöge állandó $\gamma_n \approx 15 \dots 22^\circ$, ezért nem állapítunk meg külön képleteket különféle homlokszögekre. (A gyorsacéllal elérhető forgácsolósebességi határ, $v = 20 \dots 30 \text{ m/min}$ esetében az (5.25) ábrán ismertett kísérlet tanúsága szerint amúgy is némileg bizonytalan helyzetben vagyunk a forgácsolósebesség befolyása következtében a fajlagos forgácsolási ellenállás változására.)

Az alapegyenletet a

$$V_f = C_{ah} h_k^{0,242} \text{ cm}^3/\text{kW min}$$

alapján írjuk fel. Ha ezt megszorozzuk a rendelkezésre álló kW-teljesítménnyel, megkapjuk az egy perc alatt leforgácsolt anyagterefogatot. De ezt az (5.28) képletből is kiszámíthatjuk:

$$V = \frac{b f v_c}{1000} \text{ cm}^3/\text{min.}$$

E képletben csak a v_c függ a tényleges közepes forgácsvastagságtól az (5.30) képlet szerint:

$$v_c = e_1 n z \text{ mm/min,}$$

ezért tovább bontjuk, hogy itt is a változó h'_k tényleges közepes forgácsvastagság legyen. Az (5.18) összefüggés szerint, ahol most már a α el-

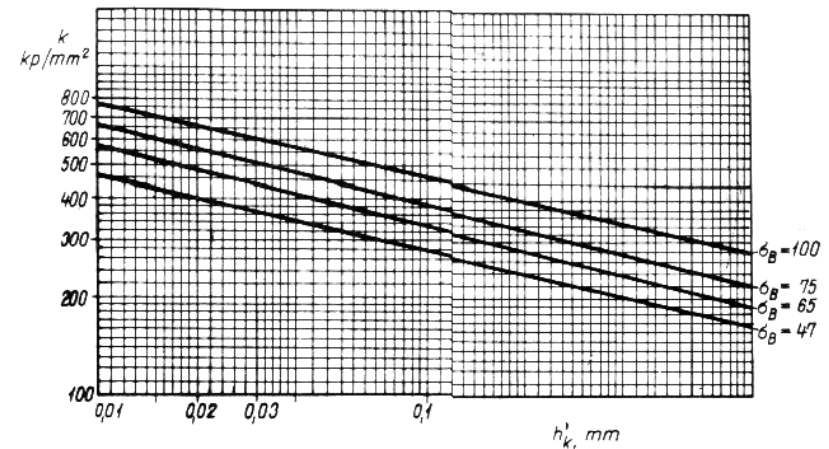
helyezési szög és a γ_t tengelyirányú homlokszög befolyását is figyelembe vesszük:

$$h'_k = \sin \alpha \cos \gamma_t \frac{e_1 b 360}{\pi D (\varphi_1 + \varphi_2)} \text{ mm;}$$

$$e_1 = \frac{h'_k \pi D (\varphi_1 + \varphi_2)}{\sin \alpha \cos \gamma_t b 360} \text{ mm.}$$

Ezek után a hátkopás befolyását is figyelembe véve:

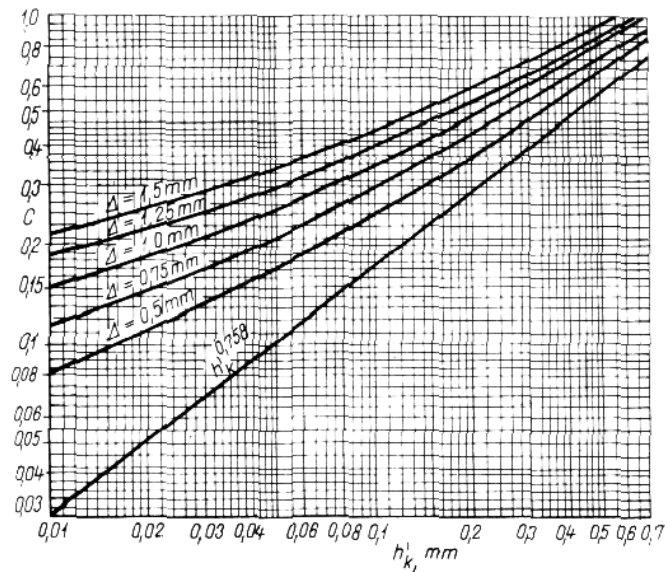
$$V = \frac{f n z \pi D (\varphi_1 + \varphi_2) h'_k}{\sin \alpha \cos \gamma_t 360 000} = \frac{C_{ah} h_k^{0,242} P_m \eta}{1 + \frac{0,289}{h_k^{0,39}} (\Delta - 0,1)}$$



189. ábra. A k fajlagos forgácsolási ellenállás értékei a h'_k tényleges közepes forgácsvastagság függvényében, különböző szakítószilárdságú acélokhoz, homlokmaráskor

Ez a képlet a h'_k -re megoldva és a $360 000/\pi$ egyszerűsítést végrehajtva, a már ismert alakot ölti:

$$h_k^{0,758} + (\Delta - 0,1) 0,289 h_k^{0,168} = \frac{C_{ah} 114 500 P_m \eta \sin \alpha \cos \gamma_t}{f n z D (\varphi_1 + \varphi_2)}$$



190. ábra. A h'_k függvény összefüggései különböző hátkopási értékek esetén, acél homlokmarásakor gyorsacél szerszámmal

Ennek a grafikus megoldása látható különböző hátkopási értékek esetén a 190. ábrán. Itt is berajzoltuk a $h'_k{}^{0,758}$ összefüggést, amely a h'_k értékét a teljesen éles szerszám indulásakor adja meg. Ez elősegíti a fokozatos előtollással való munkát, a termelékenység növelése céljából, amelyet palástmarásakor a példa változatában ismertettünk.

A képletbe a C_{ah} helyébe a (8.48)...(8.51) képletekből a V_f -nek azt az állandóját helyettesítjük be, amely megfelel a megmunkálandó acél szilárdságának.

(4) A h'_k tényleges közepes forgácsvastagság meghatározása a marás teljesítményből, öntöttvas homlokmarásakor. Öntöttvas homlokmarásakor a k fajlagos forgácsolási ellenállás kiszámítására ugyanazt a (8.46) képletet használjuk, mint palástmarásakor. Ezért az összefüggésünk bal oldala változatlan marad, csupán a jobb oldalt kell átalakítani a homlokmarásakor alkalmazott közepes forgácsvastagság meghatározására kialakított képlet szerint. Az összefüggés tehát:

$$h_k^{0,741} + (\Delta - 0,05)0,66h_k^{0,174} = \frac{C_{\text{oh}} 114 500 P_m \eta \sin \alpha \cos \gamma_t}{f n z D (\varphi_1 + \varphi_2)}$$

A C_{oh} értéke ugyanaz, mint palástmarásakor a (8.47) képletből $C_{\text{oh}} = 45,3$.

Ehhez az összefüggéshez nem is kell új diagramot szerkeszteni, mert öntöttvas homlokmarásakor gyorsacél szerszámmal ugyancsak a 188. ábrán látható diagramot használhatjuk a motorteljesítményből kiindulva a h'_k tényleges közepes forgácsvastagság meghatározására.

(5) A h'_k tényleges közepes forgácsvastagság meghatározása a marási teljesítményből kiindulva, acél homlokmarásakor, keményfém szerszámmal. Ha keményfém szerszámmal acélt munkálunk meg, figyelembe kell venni a fajlagos forgácsolási ellenállásnak, ezzel egyszersmind a forgácsolóerőnek és forgácsolási teljesítménynek, valamint a forgácsolósebességnek a változását. Ezek a változások különböző szakítószilárdságú acélok esetében az (5.58)—(5.61) képletekből, továbbá a 129—131. diagramokból állapítható meg.

Keményfém esetén a hátkopás következtében másként változik a forgácsolóerő és forgácsolási teljesítmény, mint ez az (5.75) képletből látható.

Az eddigi összefüggéseinkben a maró átmérője és fordulatszáma szerepelt, amely meghatározza a forgácsolósebességet. Minthogy az (5.58)—(5.61) képletekben a $v^{0,25}$ forgácsolósebesség szerepel, ezért képletünket át kell alakítani a forgácsolósebességre. E képletekben a h'_k különféle hatványkitevőkkel szerepel, ami azt kívánná, hogy minden szakítószilárdságú acélhoz külön összefüggést állapítsunk meg, ezek a hatványkitevők azonban annyira közel állnak egymáshoz, hogy a számlálókban levő állandók némi módosításával egységesen a $h'_k{}^{0,34}$ értékkel számolhatunk.

A részletes számítás mellőzésével rögtön a végleges összefüggést adjuk meg:

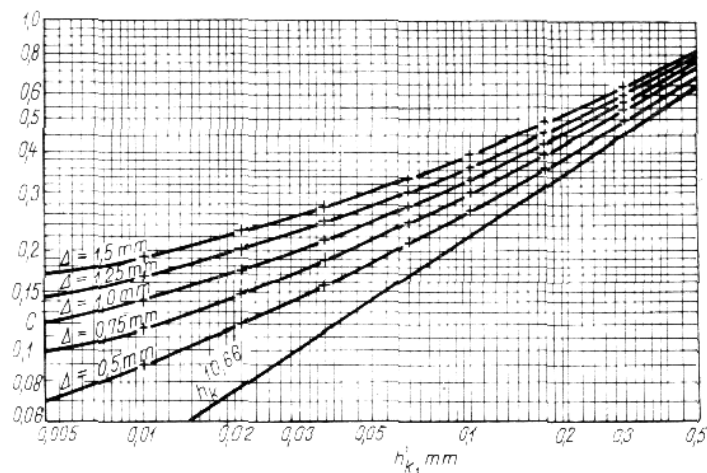
$$h_k^{0,66} + (\Delta - 0,1)0,145h_k^{0,07} = \frac{C'_a P_m \eta \sin \alpha \cos \gamma_t}{f z (\varphi_1 + \varphi_2) v^{0,75}}$$

A C'_a anyagjellemzők négy különböző szakítószilárdságú acélra:

σ_B kp/mm ²	C'_a
45	4740
60	4190
75	3510
100	2710

Az ezektől eltérő szakítószilárdságú acélokra a C'_a értékét vagy becsléssel állapítjuk meg, vagy ha a pontos értéket kívánjuk kiszámítani, a helyesítő tényezőt az (5.49) képletből határozhatjuk meg.

Az összefüggés grafikus megoldása a 191. ábrán látható. Ezen is feltüntettük a $h_k^{0,66}$ értékeit, amelyek az összefüggés jobb oldal C értékénél a teljes éles szerszámhoz tartozó h_k' tényleges közepes forgácsvastagságot adják meg.



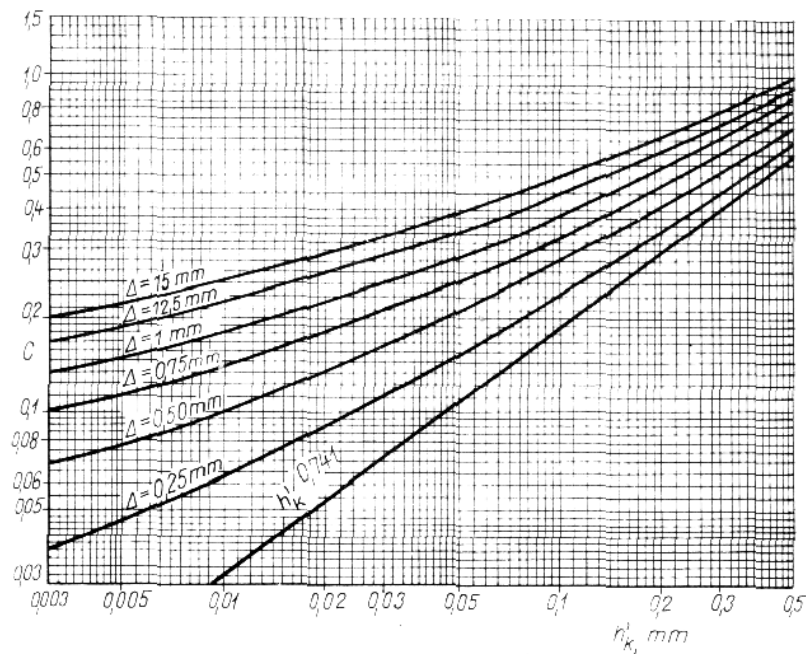
191. ábra. A h_k függvény összefüggései különböző hátkopási értékek esetén, acél homlokmarásakor keményfém szerszámmal

(6) A h_k' tényleges közepes forgácsvastagság meghatározása a marási teljesítményből kiindulva, öntöttvas homlokmarásakor, keményfém szerszámmal. Öntöttvas marásakor a fajlagos forgácsolási ellenállás értéke a forgácsolósebességtől függően nem változik, mint acél marásakor keményfémrel. Ezért az összefüggés jobb oldala változatlan a gyorsacél szerszámmal végzett homlokmaráshoz viszonyítva, csak a hátkopás következtében jelentkező teljesítménynövekedést kell figyelembe venni. Ez az (5.76) képlet szerint keményfém esetén félakkora, mint ha gyorsacéllal dolgozunk. Ha öntöttvasat keményfémrel marunk, a forgácsolósebesség kisebb, mint acél marásakor. Így az összefüggésünk jobb oldala megmaradhat a gyorsacél szerszámmal végzett homlokmarás esetére kialakított formában, tehát:

$$h_k^{0,741} + (\Delta - 0,05)0,33h_k^{0,174} = \frac{C'_0 114 500 P_m \eta \sin \alpha \cos \gamma_t}{f n z D (\varphi_1 + \varphi_2)}$$

Ha hazai gyártmányú, kb. 200 HB keménységű öntöttvasat munkálunk meg, akkor ebbe az összefüggésbe is a $C'_0 = 45,3$ értéket helyette-

sítjük be. Amennyiben olyan öntöttvassal dolgozunk, melynek a k fajlagos forgácsolási ellenállás képletében a számlálóban 135-től eltérő érték szerepel, akkor azzal az értékkel el kell osztani a 6120 alapszámot, és a kapott értéket kell C'_0 helyébe behelyettesíteni.



192. ábra. A h_k' függvény összefüggései különböző hátkopási értékek esetén hazai gyártmányú öntöttvas homlokmarásakor, keményfém szerszámmal

Pl. ha az (5.66) képlet számlálójában szereplő 115 értékről van szó, akkor $C'_0 = 6120/115 = 53,2$ értéket kell behelyettesítenünk. Az (5.65) képletet viszont nem használhatjuk, mert ebben a h_k' hatványkitevője eltér az összefüggésünk alapját képező 0,259 hatványkitevőtől.

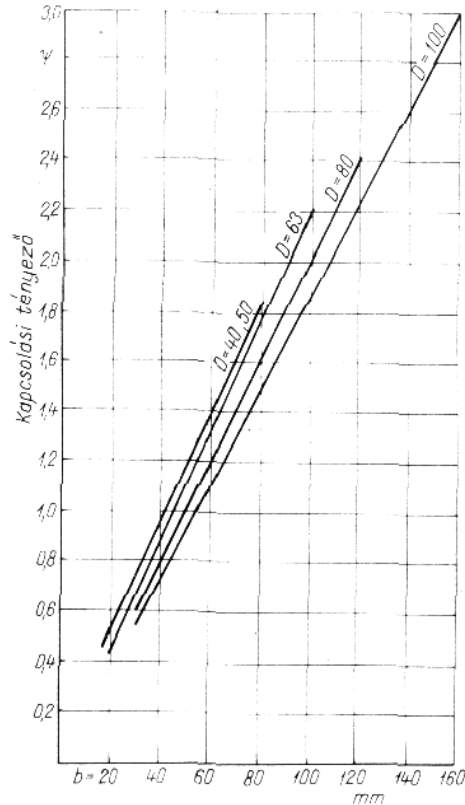
Az összefüggés grafikus megoldása a 192. ábrán látható $\Delta = 0,2-1,5$ mm között hét értékre. Ezen is megtalálhatjuk a $h_k^{0,741}$ függvény értékeit, amely a jobb oldal C értéke alapján a teljesen éles szerszámhoz tartozó h_k' értékét adja meg a marógép teljes hajtóteljesítménye esetén.

8.5.3. A palástmarók jellemző adatai és a marási szélességhez tartozó kapcsolási tényező

Az előző magyarázatokból és a példából világosan kitűnik, hogy e palástmaró megfelelő kapcsolási tényezőjének megválasztása a munka termelékenységére az erőingadozás csökkentése miatt fontos.

A legalkalmasabb maró kiválasztásának a megkönnyítésére közöljük a legfontosabb szabványos palástmarók jellemző adatait és a hozzájuk tartozó kapcsolási tényezőket a marási szélességtől függően.

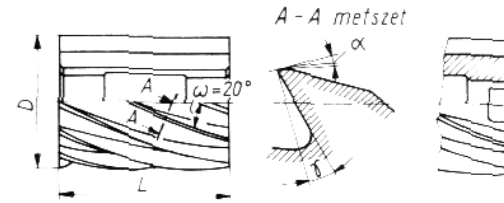
Martfogazású, kis fogferdeségű $\omega = 20^\circ$ palástmaró (MSZ 3845—58 és MSZ 3846—58) jellemző adatait a 23. táblázat adja meg. A ψ kapcsolási tényező és a b marási szélesség összefüggéseit a 24. táblázat ismerteti. Ezt diagramban a 193. ábrán találjuk. Ebből a 40...100 mm átmérőjű marók közül 20...160 mm marási szélességig kiválaszthatjuk a legkedvezőbb kapcsolási tényezőjű marót.



193. ábra. MSZ 3845 és 3846 martfogazású, kis fogferdeségű $\omega = 20^\circ$ palástmaró ψ kapcsolási tényező értékei különböző átmérőknél, a b marási szélesség függvényében

23. táblázat

Martfogazású, kis fogferdeségű $\omega = 20^\circ$ palástmarók jellemző adatai
MSZ 3845—58 és MSZ 3846—58



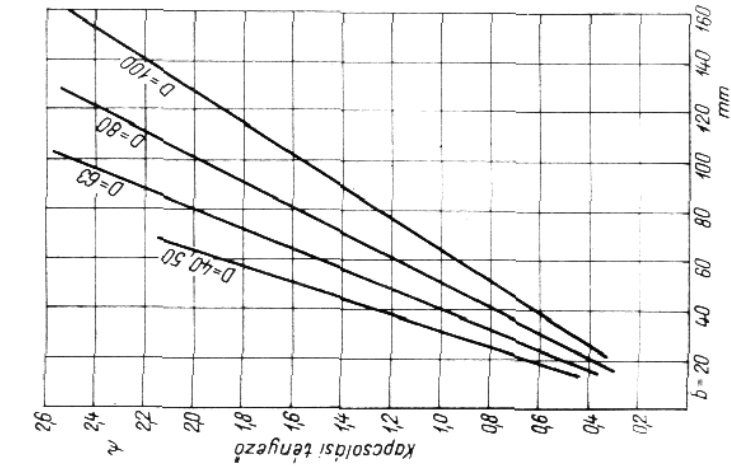
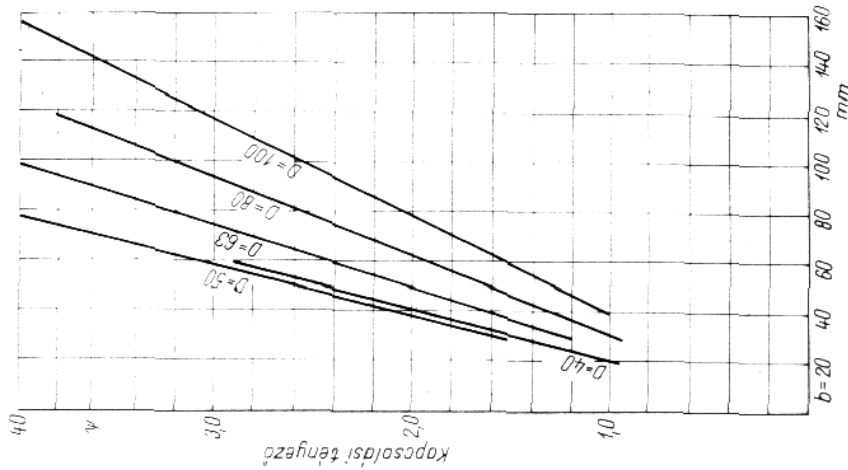
Maró átmérője, D , mm	40	50	63	63	100
Fogszám, z	8	10	12	14	16
Maró szélessége, L , mm	25, 40, 63	32, 50, 80	40, 63, 100	50, 80, 125	63, 100, 160
Osztás, t , mm	15,7	15,7	16,5	17,96	19,65
$\frac{\text{tg } \omega}{t} = C$	0,0232	0,0232	0,0221	0,0203	0,018 65

24. táblázat

Martfogazású, kis fogferdeségű $\omega = 20^\circ$ palástmaró ψ kapcsolási tényező értékei különböző átmérők esetén, különböző b marási szélességekhez
MSZ 3845—58 és MSZ 3846—58

$\varnothing 40$		$\varnothing 50$		$\varnothing 63$		$\varnothing 80$		$\varnothing 100$	
b mm	ψ	b mm	ψ	b mm	ψ	b mm	ψ	b mm	ψ
20	0,464								
30	0,696	30	0,464	30	0,663				
40	0,928	40	0,696	40	0,885				
50	1,16	50	0,928	50	1,105	50	1,015		
60	1,39	60	1,16	60	1,326	60	1,22	60	1,12
		70	1,39	70	1,547	70	1,42	70	1,305
		80	1,62	80	1,77	80	1,625	80	1,49
				90	1,99	90	1,83	90	1,68
				100	2,21	100	2,03	100	1,865
						110	2,23	110	2,05
						120	2,44	120	2,24
								130	2,42
								140	2,61
								150	2,80
								160	2,98

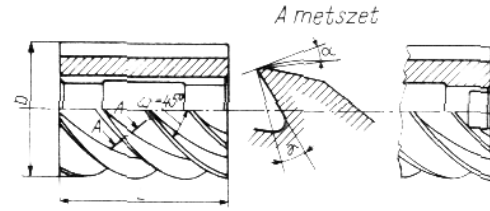
194. ábra. MSZ 3847 és 3848 martfogazású, nagy fogferdeségű $\omega = 45^\circ$ palástmaró ψ kapcsolási tényező értékei különböző átmérőknél, a b marási szélesség függvényében



195. ábra. MSZ 3849 és 3850 martfogazású, nagy fogferdeségű $\omega = 45^\circ$ könnyűfém palástmaró kapcsolási tényező értékei különböző átmérőknél, a b marási szélesség függvényében

25. táblázat

Martfogazású, nagy fogferdeségű palástmarók $\omega = 45^\circ$ jellemző adatai
MSZ 3847—58 és MSZ 3848—58



Maró átmérője, D , mm	40	50	63	80	100
Fogsám, z	6	8	8	8	8
Maró szélessége, L , mm	25, 40, 63	32, 50, 80	40, 63, 100	50, 80, 125	63, 100, 125
Osztás, t , mm	20,9	19,65	24,7	34,1	39,3
$\frac{tg \omega}{t} = C$	0,0479	0,0509	0,0405	0,0318	0,02545

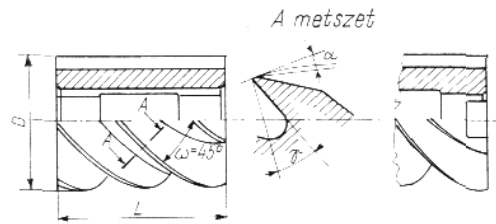
26. táblázat

Martfogazású, nagy fogferdeségű $\omega = 45^\circ$ palástmarók ψ kapcsolási tényező értékei különböző átmérők esetén, különböző b marási szélességekhez
MSZ 3847—58 és MSZ 3848—58

$\varnothing 40$		$\varnothing 50$		$\varnothing 63$		$\varnothing 80$		$\varnothing 100$	
b mm	ψ	b mm	ψ	b mm	ψ	b mm	ψ	b mm	ψ
20	0,96								
30	1,44	30	1,53	30	1,215	30	0,955		
40	1,92	40	2,035	40	1,62	40	1,27	40	1,02
50	2,4	50	2,54	50	2,02	50	1,59	50	1,27
60	2,88	60	3,06	60	2,43	60	1,91	60	1,53
		70	3,56	70	2,84	70	2,23	70	1,78
		80	4,07	80	3,24	80	2,54	80	2,035
				90	3,65	90	2,86	90	2,29
				100	4,05	100	3,18	100	2,545
						110	3,50	110	2,80
						120	3,82	120	3,06
								130	3,31
								140	3,56
								150	3,83
								160	4,07

27. táblázat

Marfogazású, nagy fogferdeségű $\omega = 45^\circ$ könnyűfém palástmarók jellemző adatai
MSZ 3849—58 és MSZ 3850—58



Maró átmérője, D , mm	40	50	63	80	100
Fogszám, z	4	5	5	5	5
Maró szélessége, L , mm	25, 50, 63	32, 50, 80	40, 63, 100	50, 80, 125	63, 100, 160
Osztás, t , mm	31,4	31,4	39,6	50,3	62,8
$\frac{tg \omega}{t} = C$	0,0318	0,0318	0,0252	0,0198	0,0159

28. táblázat

Marfogazású, nagy fogferdeségű, $\omega = 45^\circ$ könnyűfém palástmaró ψ kapcsolási tényező értékei, különböző átmérők esetén, különböző b marási szélességekhez
MSZ 3849—58 és MSZ 3850—58

$\varnothing 40$		$\varnothing 50$		$\varnothing 63$		$\varnothing 80$		$\varnothing 100$	
b mm	ψ	b mm	ψ	b mm	ψ	b mm	ψ	b mm	ψ
20	0,626								
30	0,954	30	0,954	30	0,756	30	0,594		
40	1,27	40	1,27	40	1,01	40	0,793	40	0,636
50	1,59	50	1,59	50	1,26	50	0,991	50	0,795
60	1,91	60	1,91	60	1,51	60	1,990	60	0,954
		70	2,225	70	1,76	70	1,39	70	1,11
		80	2,54	80	2,02	80	1,585	80	1,27
				90	2,27	90	1,784	90	1,43
				100	2,52	100	1,98	100	1,59
						110	2,18	110	1,75
						120	2,39	120	1,91
						130		130	2,07
						140		140	2,22
						150		150	2,38
						160		160	2,54

Marfogazású, nagy fogferdeségű $\omega = 45^\circ$ palástmaró (MSZ 3847—58 és 3848—58) jellemző adatait a 25. táblázat, a ψ és b összefüggéseit a 26. táblázat, diagramban a 194. ábra adja meg.

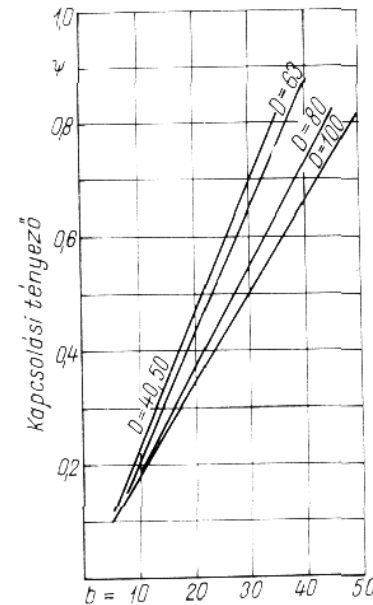
Marfogazású, nagy fogferdeségű $\omega = 45^\circ$ könnyűfém palástmaró (MSZ 3849—58 és MSZ 3850—58) jellemző adatait, valamint kapcsolási tényező és marási szélesség összefüggéseit a 27. és 28. táblázat, valamint a 195. ábra ismerteti.

Az első szabványszám (MSZ 3849) mindig a hosszirányú, míg a második (MSZ 3850) a keresztirányú, reteszhornyú marót jelenti. Ez csak a szerszám felfogásában jelent különbséget, felhasználási szempontjából a két maró egyforma.

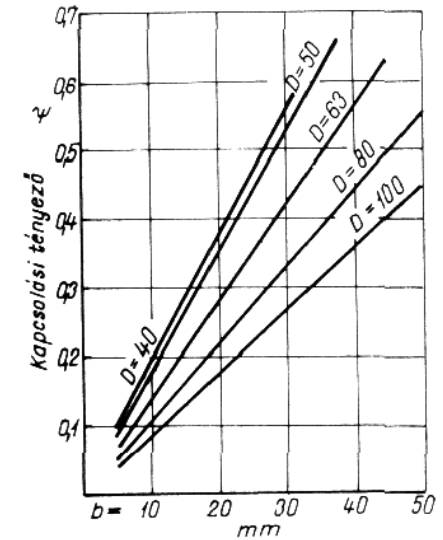
8.5.4. Homlokmarók jellemző adatai

A szerszámot általában a szabványból kell kiválasztani, e helyen csak néhány gyakrabban használt marót ismertetünk.

Az üzemi gyakorlatban azonban lehetőségeink korlátozottak, a szer-



196. ábra. Marfogazású, kis fogferdeségű $\omega = 20^\circ$, hosszirányú reteszhornyú, különböző átmérőjű homlokmarók (MSZ 3852—58) ψ kapcsolási tényező értékei, a b marási szélesség függvényében



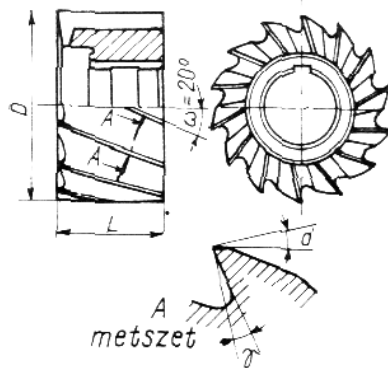
197. ábra. Marfogazású, kis fogferdeségű $\omega = 25^\circ$, hosszirányú reteszhornyú, különböző átmérőjű homlokmarók, könnyűfém megmunkálására (MSZ 3854—58) ψ kapcsolási tényező értékei, a b marási szélesség függvényében

számkiadó maróállományából a meglévő marók közül kell kiválasztani a megfelelő szerszámot. Ha a megfelelő szabványos maró nincs raktáron, és csak pár munkadarabot kell megmunkálni, akkor legtöbb esetben nem lehet megvárni a megfelelő maró beszerzését, de új maró beszerzése nem is lenne gazdaságos. Ha ugyanis tíz munkadarabot kell csak megmunkálni, és a nem megfelelő maró miatt 2 Ft bért kell kifizetni a megfelelő marónál felmerülő 1 Ft helyett, akkor a bérre csak 10 Ft-ot fizettünk volna rá a kérdéses munkára. Más a helyzet, ha pl. 1000 darabot kell megmunkálni, akkor már nagyon is kifizetődik a megfelelő maró beszerzése; ha pedig tömeggyártásról van szó, akkor még a különleges maró elkészítése is megtérül, ha a szabványos marók között nem találunk megfelelőt.

29. táblázat

Martfogazású, kis fogferdeségű $\omega = 20^\circ$ homlokmaró jellemző adatai

MSZ 3852-58



Maró átmérője, D , mm	40	50	63	80	100
Fogszám, z	8	10	12	14	16
Maró szélessége, L , mm	30	35	40	45	50
Osztás, t , mm	15,7	15,7	16,5	17,95	19,65
$\frac{\operatorname{tg} \omega}{t} = C$	0,0232	0,0232	0,022	0,0203	0,0185

30. táblázat

Martfogazású, kis fogferdeségű, $\omega = 20^\circ$ homlokmarók, különböző b marási szélességekhez tartozó ψ kapcsolási tényező értékei

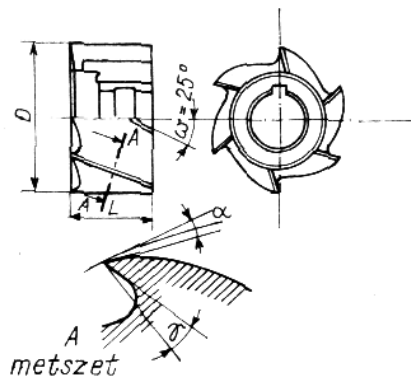
MSZ 3852-58

b , mm	A maró átmérője, D , mm				
	40	50	63	80	100
5	0,116	0,116	0,11	0,1015	0,095
10	0,232	0,232	0,22	0,203	0,185
15	0,348	0,348	0,33	0,305	0,280
20	0,464	0,464	0,44	0,406	0,370
25	0,580	0,580	0,55	0,508	0,462
30	0,696	0,696	0,66	0,610	0,555
35		0,812	0,77	0,771	0,648
40			0,88	0,813	0,740
45				0,914	0,832
50					0,925

31. táblázat

Martfogazású, kis fogferdeségű, $\omega = 25^\circ$ könnyűfém homlokmaró jellemző adatai

MSZ 3854-58



Maró átmérője, D , mm	40	50	63	80	100
Fogszám, z	5	6	6	6	6
Maró szélessége, L , mm	30	35	40	45	50
Osztás, t , mm	25,1	26,2	33,0	41,9	52,4
$\frac{\operatorname{tg} \omega}{t} = C$	0,018 55	0,017 78	0,0141	0,0111	0,008 89

Martfogazású, kis fogferdeségű $\omega = 20^\circ$ homlokmaró (MSZ 3852—58) jellemző adatai a 29. táblázatban találhatóak. A marónak a palástfelülete olyan méretű, hogy a fog kiképzése helyesen csak csavarvonal alakú fogakkal oldható meg. Ezért a fog ferdeségét ω -val jelöljük, nem pedig γ_t tengelyirányú homlokszöggel. Ez a megállapítás a martfogazású homlokmarókra általánosan érvényes.

Mivel ez a marótípus palástmarásra is használható, ezért a 30. táblázatban megadjuk a b marási szélesség és a ψ kapcsolási tényező összefüggéseit, mint ezt a palástmarókhoz általánosan megadtuk. A b marási szélesség és ψ kapcsolási tényező összefüggései a 196. ábrán diagramban is láthatók.

Martfogazású, kis fogferdeségű $\omega = 25^\circ$ könnyűfém homlokmaró (MSZ 3854—58) jellemző adatait a 31. táblázatban ismertetjük. A b marási szélesség és a ψ kapcsolási tényező összefüggései a 32. táblázatban és a 197. ábrán láthatók.

A martfogazású marók természetesen minden esetben gyorsacélból készülnek.

A következő marótípusok már a nagy méretek miatt gyorsacél betétkéses szerszámok. Különböző anyagok megmunkálásához különböző γ_s sugárirányú homlokszöggel készülnek. A fogak ferdesége $\omega = 10^\circ$. Az I. fogszám és osztás keményebb anyagok megmunkálására, a II. közepest, míg a III. lágyabb anyagok megmunkálására használandó.

Marófej tengelyirányú sima gyorsacél betétkéssel (MSZ 8503—52). Fogferdeség $\omega = 10^\circ$, jellemző adatait a 33. táblázat adja meg. Ennek a marófejnek hengeres furata van, míg ugyanezen jellemző méretekkel

32. táblázat

Martfogazású, kis fogferdeségű, $\omega = 25^\circ$ könnyűfém homlokmaró, különböző b marási szélességekhez tartozó ψ kapcsolási tényező értékei
MSZ 3855—58

b, mm	A maróátmérő D, mm				
	40	50	63	80	100
5	0,0928	0,089	0,0705	0,0555	0,0444
10	0,1855	0,1778	0,141	0,111	0,0889
15	0,278	0,265	0,212	0,1665	0,1334
20	0,371	0,356	0,282	0,222	0,1778
25	0,464	0,444	0,353	0,277	0,222
30	0,557	0,534	0,423	0,333	0,267
35		0,623	0,494	0,388	0,311
40			0,564	0,444	0,355
45				0,500	0,400
50					0,444

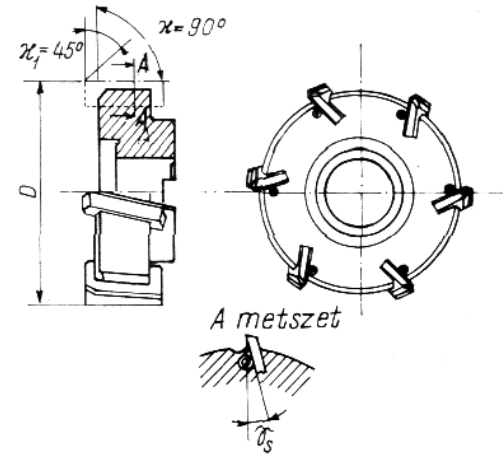
de 125 mm átmérőtől felfelé MSZ 8505—52 kúpos csatlakozófurattal készül. Az MSZ 8505—52 meredek kúpos csatlakozófuratú átmérője 160...400 mm.

Marófej sugárirányú sima keményfémlapkás betétkéssel (MSZ 8513—54) $\gamma_t = -7^\circ$ és $\kappa = 75^\circ$, jellemző adatai a 34. táblázatban találhatóak. A keményebb anyagokhoz $\gamma_s = -10^\circ \dots +3^\circ$, míg a lágyabbak-

33. táblázat

Marófej tengelyirányú sima gyorsacél betétkéssel, fogferdeség $\omega = 10^\circ$, hengeres furattal. Jellemző adatok

MSZ 8503—52



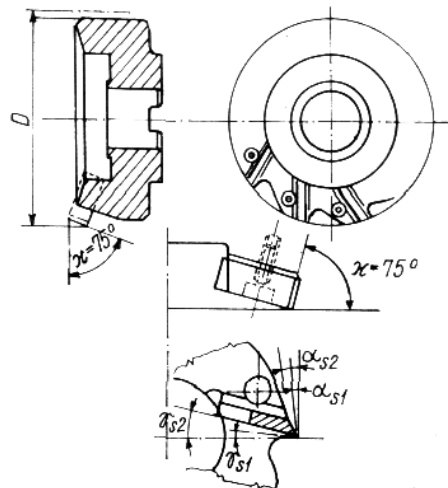
Maró átmérője, D, mm	80	100	125	160	200	250	γ_s°
Teljes magasság, $l_2 + a_1$	37	41	45	48	50	50	
Fogszám, z_I	6	8	10	12	14	18	12°
Osztás, t_I , mm	41,8	39,3	39,3	41,8	44,8	43,7	
Fogszám, z_{II}	4	4	6	6	8	10	15°
Osztás, t_{II} , mm	62,8	78,6	65,4	83,6	78,5	78,6	
Fogszám, z_{III}	3	3	4	4	6	6	20°
Osztás, t_{III} , mm	83,6	104,8	98,1	125,4	104,8	131,0	

hoz $+6^\circ \dots +10^\circ$ használatos, a keményfém minőségétől függően. MSZ 8514—54 változata kúpos csatlakozó furattal készül, míg az MSZ 8515—54 meredek kúppal. E két utóbbi típust 400 mm átmérőig gyártják.

34. táblázat

Marófej sugárirányú sima keményfémlapkás betétkéssel, $\gamma_1 = -7^\circ$ és $\kappa = 75^\circ$.
Jellemző adatok

MSZ 8513—54



Maró átmérője, D , mm	125	160	200	250	γ_1°
Lapka szélessége, b , mm	18	18	18	24	
Fogsám, z_c	6	8	10	12	$-10^\circ \dots +3^\circ$
Osztás, t_1 , mm	65,4	62,8	62,8	65,4	
Fogsám, z_{II}	5	6	6	8	$+6^\circ \dots +10^\circ$
Osztás, t_{II} , mm	78,6	83,8	104,8	98,2	

8.5.5. Tárcsamarók jellemző adatai

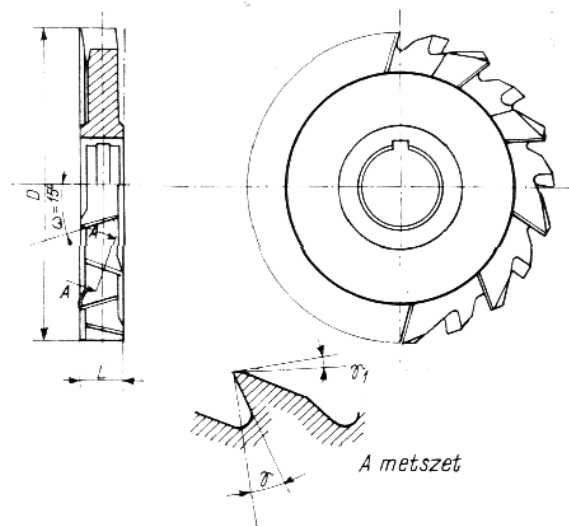
Különböző szélességű hornyok marására a keresztfogazású tárcsamarókat használjuk. Egyenesfogú tárcsamarót nem használnak a nagy erőingadozás miatt.

A keresztfogazású tárcsamarók általában tömör gyorsacélból készülnek. Az 50-től kivételesen egészen 160 mm átmérőig készített keresztfogazású MSZ 3856—60 tárcsamarók $\omega = 15^\circ$ jellemző adatait a 35. táblázat ismerteti. Szélességük különböző, a legkisebb szélesség az $\varnothing 50$ esetén 6 mm, míg a legnagyobb $\varnothing 160$ esetén 25 mm.

35. táblázat

Keresztfogazású tárcsamaró $\omega = 15^\circ$ jellemző adatai

MSZ 3856—60



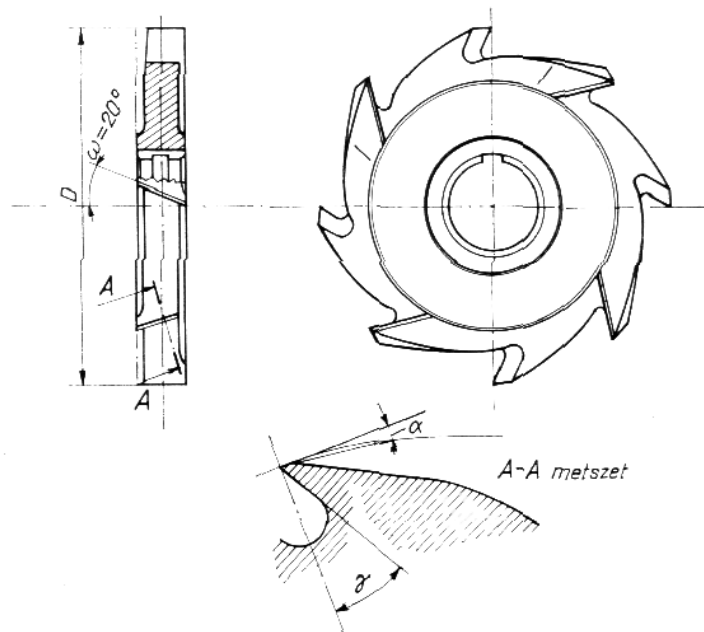
Maró átmérője, D , mm	50	63	80	100	125	(160)
Maró szélessége, L , mm	6, 8, 10, 12	8, 10, 12, 14, 16	10, 12, 14, 16, 18	12, 14, 16, 18, 20	14, 16, 18, 20, 22	16, 18, 20, 22, 25
Fogsám, z	10	12	14	16	18	20
Osztás, t , mm	15,7	16,5	17,95	19,65	21,8	25,1

Ugyanazon fő méretekkel, de ritkább fogosztással és jelentősen megnövelt homlokszöggel könnyűfém megmunkálásához $\omega=20^\circ$ kialakítással készül az MSZ 3857—60 keresztfogazású tárcsamaró, amelynek jellemző adatait a 36. táblázat adja meg.

36. táblázat

Keresztfogazású tárcsamaró könnyűfémhez $\omega=20^\circ$ jellemző adatai

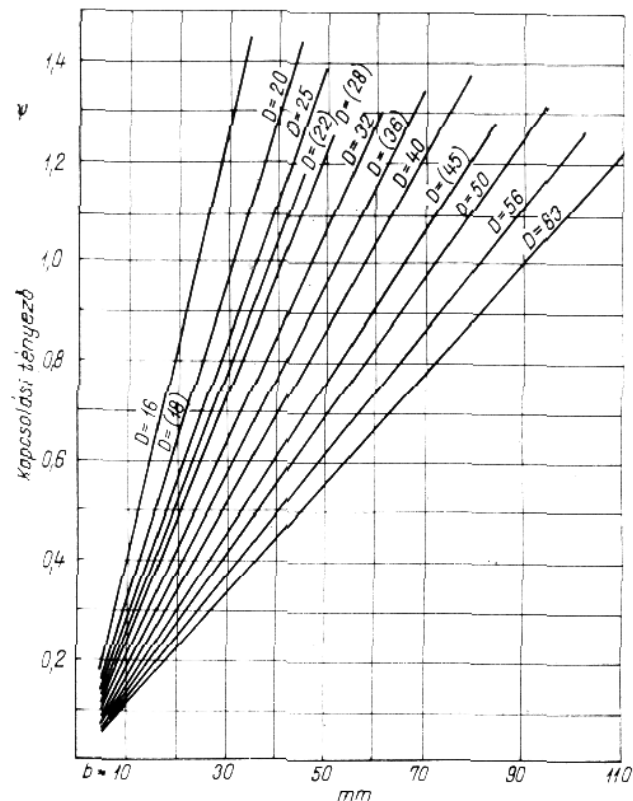
MSZ 3857—60



Maró átmérője, D , mm	50	63	80	100	125	(160)
Maró szélessége, L , mm	6, 8, 10, 12	8, 10, 12, 14, 16	10, 12, 14, 16, 18	12, 14, 16, 18, 20	14, 16, 18, 20, 22	16, 18, 20, 22, 25
Fogszám, z	6	6	6	6	8	8
Osztás, t , mm	25,2	33,0	41,8	52,4	49,1	62,9

8.6.5. Ujjmarók jellemző adatai

Függőleges marógépeken, kis méretű hornyok, továbbá nehezen hozzáférhető felületek megmunkálására rendszerint az ujjmarók használatára kényszerülünk. Ha csak lehet, igyekeznünk kell e marótípus



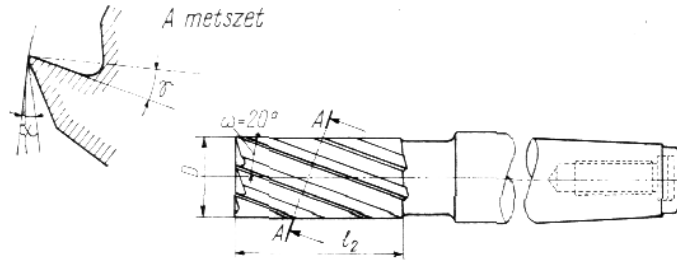
198. ábra. Martfogazású, kis fogferdeségű $\omega=20^\circ$ Morse-kúpos szárú, különböző átmérőjű ujjmarók ψ kapcsolási tényező értékei, a b marási szélesség függvényében (MSZ 3871—60)

használatát elkerülni, mert a gyenge szerszám nagy teljesítményekre nem alkalmas. A gyártmánytervezőknek úgy kellene tervezni, hogy lehetőleg csak homlokmaróval megmunkálható felületeket kelljen marni. E fejezetben a példánkon a 19. táblázatban már bemutattunk egy

37. táblázat

Martfogazású ujjmaró, kis fogferdeségű, $\omega = 20^\circ$ jellemző adatai

MSZ 3871-60



Maró átmérője D , mm	16	(18)	20	(22)	25
Fogsám z	5	5	5	5	6
Fogazás hossza l_2 , mm	36	40	45	45	50
Osztás t , mm	10,05	11,33	12,58	13,84	13,1
$\frac{\text{tg } \omega}{t} = C$	0,0362	0,0321	0,029	0,0263	0,0278

38. táblázat

Martfogazású, kis fogferdeségű $\omega = 20^\circ$ ujjmaró különböző b marási széles-
MSZ 3871-60

b , mm	A maró						
	16	(18)	20	(22)	25	(28)	32
5	0,181	0,160	0,145	0,1315	0,139	0,124	0,1085
10	0,362	0,321	0,29	0,263	0,278	0,248	0,217
15	0,543	0,481	0,435	0,394	0,417	0,372	0,326
20	0,724	0,642	0,580	0,526	0,556	0,496	0,434
25	0,905	0,802	0,725	0,657	0,695	0,620	0,543
30	1,086	0,963	0,870	0,789	0,833	0,744	0,651
35	1,45	1,12	1,16	0,922	0,974	0,868	0,760
40		1,28	1,305	1,05	1,112	0,992	0,869
45			1,45	1,18	1,25	1,115	0,977
50					1,39	1,24	1,085
60							1,30
70							
80							
90							
100							
110							

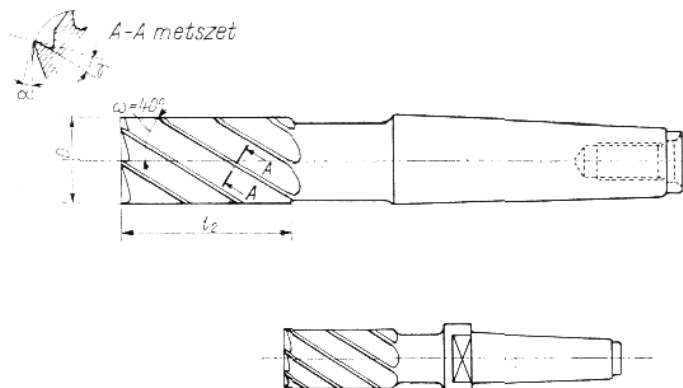
(28)	32	(36)	40	(45)	50	(56)	63
6	6	6	6	6	6	6	6
56	63	70	70	80	90	100	110
14,67	16,77	18,86	20,95	23,6	26,2	29,3	33,0
0,0248	0,0217	0,0193	0,01735	0,0154	0,0139	0,0124	0,0110

ségekhez tartozó ψ kapcsolási tényező értékei

átmérője, D , mm						b , mm
(36)	40	(45)	50	(56)	63	
0,0965	0,0867	0,077	0,0695	0,62	0,0555	5
0,193	0,1735	0,154	0,139	0,124	0,111	10
0,290	0,260	0,231	0,280	0,186	0,166	15
0,386	0,347	0,308	0,278	0,248	0,222	20
0,482	0,433	0,385	0,347	0,310	0,278	25
0,579	0,52	0,462	0,417	0,372	0,333	30
0,676	0,607	0,539	0,486	0,434	0,389	35
0,772	0,694	0,616	0,556	0,496	0,444	40
0,869	0,780	0,692	0,625	0,558	0,500	45
0,965	0,867	0,770	0,695	0,620	0,555	50
1,16	1,04	0,924	0,834	0,744	0,666	60
1,35	1,21	1,08	0,973	0,868	0,777	70
		1,23	1,11	0,992	0,888	80
			1,25	1,112	0,999	90
				1,24	1,11	100
					1,22	110

Martfogazású, nagy teljesítményű, megnövelt fogferdeségű $\omega = 40^\circ$ ujjmaró jellemző adatai

MSZ 3896-61



Maró átmérője D , mm	16	(18)	20	(22)	25
Fogszám, z	3	3	3	4	4
Fogazás hossza l_2 , mm	36	40	45	45	50
Osztás t , mm	16,75	18,85	20,9	17,2	19,6
$\frac{\lg \omega}{t} = c$	0,0502	0,0445	0,0402	0,0488	0,0428

nagy fogferdeségű Morse-kúpos palástmarót, amelyet éppen úgy ujjmarónak is nevezhetünk volna. Ez a szerszám annyiban különbözik a most ismertetésre kerülő ujjmarótól, hogy az MSZ 3875—60 martfogazású, nagy fogferdeségű maró esetén $\omega = 40^\circ$ szerepel, és ritkább a foga.

Az MSZ 3871—60 martfogazású ujjmaró, kis fogferdeségű, $\omega = 20^\circ$ jellemző adatait a 37. táblázat ismerteti.

Mivel ez a maró palástmarásra is használható, a 38. táblázatban közöljük a b marási szélesség és a ψ kapcsolási tényező összefüggéseit, hogy a marási munkához a legkisebb erőingadozással dolgozó marót választhassuk ki.

(28)	32	(36)	40	(45)	50	(56)	63
4	4	4	5	5	5	5	5
56	63	70	80	90	100	112	125
21,9	25,1	28,2	25,1	28,3	31,4	35,2	39,5
0,0383	0,0334	0,0298	0,0334	0,0297	0,0267	0,0238	0,0213

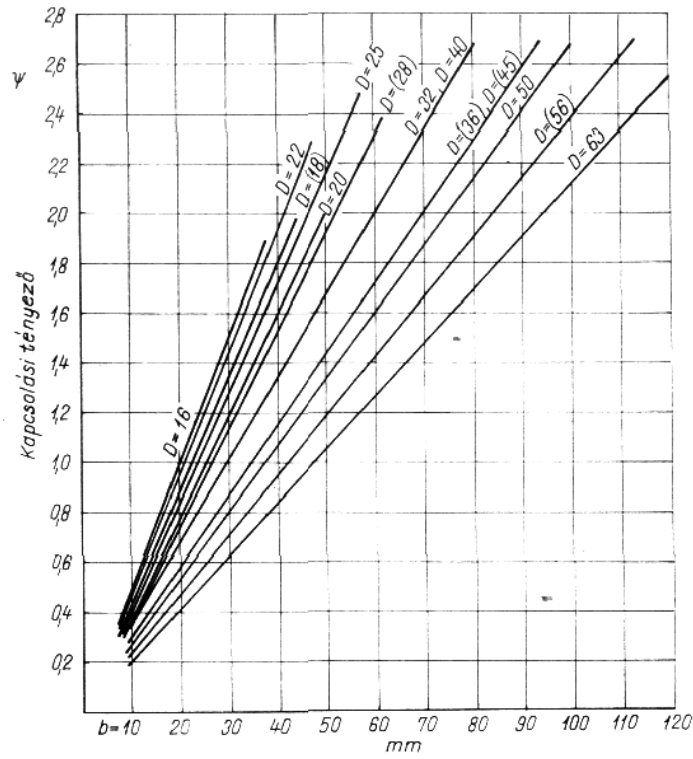
A kiválasztást megkönnyíti a 198. ábra, amelyen a marási szélesség és kapcsolási tényező összefüggését diagramban ábrázoljuk.

A martfogazású, nagy teljesítményű, növelt fogferdeségű $\omega = 40^\circ$ ujjmaró (MSZ 3896—61), ritkább fogazású, termelékenyebb jellemző adatait a 39. táblázatban ismertetjük. Palástmarásra is alkalmas, ezért a 40. táblázatban és a 199. ábrán megadjuk a b marási szélesség és a ψ kapcsolási tényező összefüggéseit a legkisebb erőingadozással dolgozó maró kiválasztására.

A maró ritka fogazású, ezért a nagyobb fogferdeségével egyetemben nagyobb a teljesítménye, mint a két előbbi marótípusnak.

40. táblázat. Martfogazású, nagy teljesítményű, nagy fogferdeségű $\omega=40^\circ$ ujjmaró különböző b marási szélességekhez tartozó ψ kapcsolási tényező értékei
MSZ 3896—61

b , mm	A maró átmérője D , mm											b , mm	
	16	(18)	20	(22)	25	(28)	32	(36)	40	(45)	50		(56)
5	0,251	0,222	0,201	0,244	0,214	0,191	0,167	0,149	0,167	0,148	0,133	0,119	0,107
10	0,502	0,445	0,402	0,488	0,428	0,383	0,334	0,298	0,334	0,297	0,267	0,238	0,213
15	0,753	0,667	0,603	0,732	0,642	0,575	0,501	0,447	0,501	0,447	0,400	0,357	0,320
20	1,004	0,890	0,804	0,976	0,856	0,766	0,668	0,596	0,668	0,594	0,534	0,476	0,426
25	1,25	1,11	1,005	1,22	1,07	0,958	0,835	0,745	0,835	0,743	0,667	0,595	0,532
30	1,50	1,33	1,21	1,46	1,28	1,15	1,002	0,894	1,002	0,892	0,801	0,714	0,639
35	1,75	1,56	1,41	1,71	1,50	1,34	1,17	1,04	1,17	1,04	0,924	0,833	0,746
40		1,78	1,61	1,95	1,71	1,53	1,33	1,19	1,34	1,19	1,07	0,952	0,852
45			1,81	2,19	1,93	1,72	1,50	1,34	1,50	1,33	1,20	1,07	0,959
50					2,14	1,92	1,67	1,49	1,67	1,48	1,33	1,19	1,07
60						2,00	1,79	1,79	2,00	1,78	1,60	1,43	1,28
70							2,08	2,08	2,34	2,08	1,87	1,67	1,49
80								2,67	2,67	2,38	2,13	1,90	1,70
90										2,67	2,40	2,14	1,92
100											2,67	2,38	2,13
110												2,62	2,34
120													2,56



199. ábra. Martfogazású, nagy teljesítményű, nagy fogferdeségű $\omega=40^\circ$ Morse-kúpos szárú különböző átmérőjű ujjmarók ψ kapcsolási tényező értékei, a b marási szélesség függvényében (MSZ 3896—61)

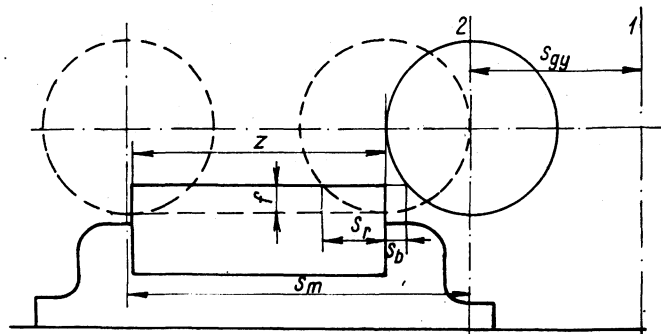
9. A MARÁS GÉPI IDEJÉNEK KISZÁMÍTÁSA

Mint ismeretes, a megmunkálás ideje, a darabidő gépi időből és mellék- vagy kézi időből áll. Ezenkívül van *előkészületi idő*, amikor a dolgozó új munkába kezd. Az előkészületi idő a gép átállítására, a szerszám befogására, készülék felfogására, mérőeszköz kivételezésére, beállításra, rajz tanulmányozásra stb. kell.

A kézi időre az üzemekben kialakult normák vannak. A marási munkák idejének nagyobb része rendszerint *gépi idő*, ezért ennek a megállapításával részletesen foglalkozunk.

9.1. A palástmarás gépi ideje

A gépi időt több szakaszra osztjuk (200. ábra). A marót a munkadarab felfogása előtt az 1 kiindulási helyzetbe visszük az ún. *gyors előtolási sebességgel*. Ez ma már minden korszerű marógépen megtalálható. Ha a munkaelőtollással pl. csak 50 mm/min állítanánk a marót kiindulási helyzetbe, akkor a 200 mm távolságban levő kiindulási helyzetbe 4 perc alatt érne el a marógép asztala. Ezért minden korszerű marógépet felszerelnek gyors megközelítő előtoló hajtással, amely mindkét



200. ábra. A gépi idők szakaszai palástmaráskor

irányba működtethető, sebessége rendszerint 2000 mm/min. Így az előbbi kiindulási állásba a marógép az előbbi 4 perc helyett 0,2 perc alatt jut el.

Gyorselőtolást alkalmazunk s_{gy} hosszon a munkadarab megközelítésekor bizonyos s_b távolságig. Ezt a biztonsági távolságot gyorselőtolással sose lépjük túl, nehogy ezzel a sebességgel belerohanjunk a maróval a munkadarabba, mert az marótörést okozna. Az s_b távolság általában 5...10 mm, ha a munkaelőtollásra kézzel kapcsolunk át. Korszerű marógépen azonban állítható ütőközök segítségével kapcsol át a gép. Ekkor a szerkezeti felépítéstől függ, hogy mennyire tudjuk a munkadarabot a gyorselőtolással megközelíteni, és mennyi idő alatt kapcsol át a gép munkaelőtollásra.

A 2 helyzetből induló munkaelőtollás mindig hosszabb, mint a megmunkálandó felület L hossza, mert ezzel a sebességgel kell megtenni az s_b biztonsági térközt és az s_r ráfutási távolságot. A ráfutás hossza a fogásmélységből és a maró átmérőjéből a 201. ábra jelöléseivel a következőképpen számítható ki a fél forgácsívsszög segítségével. Az (5.9) képletből tudjuk, hogy

$$\sin \varphi/2 = \sqrt{\frac{f}{D}} \quad \text{és} \quad \operatorname{tg} \varphi/2 = \frac{f}{s_r},$$

amelyből

$$s_r = \frac{f}{\operatorname{tg} \varphi/2}. \quad (9.1)$$

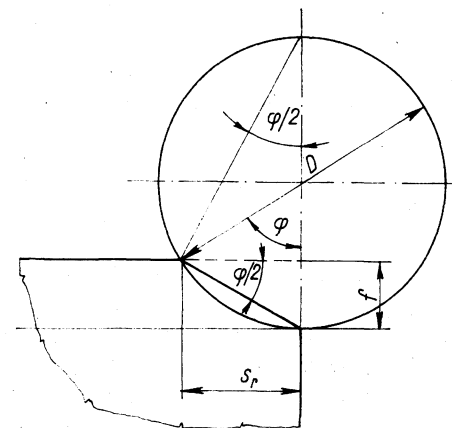
Tehát $D=80$ mm és $f=5$ mm esetén

$$\sin \varphi/2 = \sqrt{\frac{5}{80}} = 0,25; \quad \varphi/2 = 14,5^\circ; \quad \operatorname{tg} 14,5^\circ = 0,2586$$

és $s_r = 5/0,2586 = 19,35$ mm.

A megállapított v_e munkasebességgel

$$s_m = s_b + s_r + L + 1 \quad \text{mm}$$



201. ábra. Az s_r ráfutás meghatározása

utat kell megtenni. Az utolsó 1 mm a maró túlfutási útja, amelyet biztonságból vettünk 1 mm-re.

A maró tehát $s_m = 5 + 19,4 + 200 + 1 = 225,4$ mm utat tesz meg munkaelőtölési sebességgel. Ebből számítható a gépi idő: ha a munkaelőtölési sebesség 222 mm/min, akkor a 225,4 mm út befutására 1,04 perc kell.

Üzemeinkben található marógépeink egy részén nem állítható gyorselőtolás. Ez esetben a 200. ábrán látható s_{gy} utat az asztal kézi mozgatásával kell megtennie az asztalnak. Ez jelentősen több időt vesz igénybe, mintha ezt a távolságot a gyorselőtolással végeztették volna, de még több a mellékidő, ha a kiindulási állásba kézi mozgatással kell visszavinni az asztalt.

9.2. A homlokmarás gépi ideje

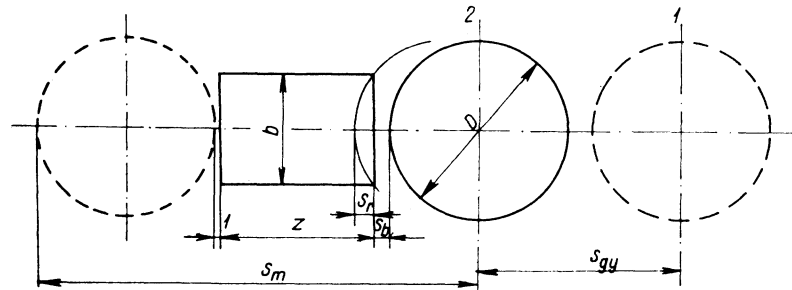
Homlokmaráskor a 202. ábrán látható 1 kiindulási helyzetből kell a szerszámot a 2 munkaállásba vinni. Mint az előzőekben, ezt korszerű gépen gyorselőtolással, régi gépen kézi mozgatással hajtjuk végre.

Az s_b biztonsági távolságot homlokmarás esetén is be kell tartani, ezért a munkadarab megközelítésekor s_b távolságra kapcsoljuk a v_e munkaelőtölési sebességet. Ezzel a sebességgel kell megtenni az s_b távolságot, a teljes L marási hosszat, a D maróátmérőt és még 1 mm-t, hogy a maró elhagyja a megmunkált felületet. A v_e munkaelőtölással megtett út tehát

$$s_m = s_b + L + D + 1 \text{ mm.}$$

Ha a maró átmérője 150 mm, $L = 200$ mm, $s_b = 5$ mm, akkor a gépi időnek megfelelő út v_e előtolási sebességgel $5 + 200 + 150 + 1 = 356$ mm.

Megfigyelhetjük, hogy az s_m út jelentős részén, a 356 mm-nek a 42%-án a maró átmérője csak átfut a munkadarabon. Ennek jórészt



202. ábra. A marási út szakaszai homlokmaráskor

némi ügyeskedéssel meg lehet takarítani. A maró teljes átmérőjének ugyanis csak akkor kell az L megmunkálási hosszon átfutnia, ha feltelezük, hogy a maró fogai még hátul is érintkeznek a munkadarabbal. Ez csak akkor következhet be, ha a maró forgástengelye pontosan merőleges az asztal előtolási irányára, azaz a megmunkált felületre.

Ha a maró forgástengelyét az előtolás irányába, igen kis mértékben néhány szögperccel megdöntjük (203. ábra), akkor a maró hátsó fogai nem érintkeznek a munkadarab már megmunkált felületével.

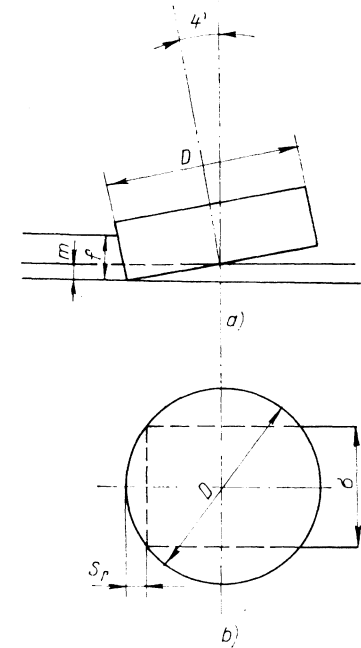
Ennek következtében viszont a megmunkált felület homorú lesz. Számítsuk ki, hogy ez a ferdeség, melyet jelen esetben $2'$ -re veszünk fel, mekkora megtakarítást eredményez $D = 150$ mm maróátmérő esetén a $b = 100$ mm marási szélességen. A valóságban a döntés következtében a mart görbe ellipszis, de az egyszerűség kedvéért tekintjük körívnek, hogy a számítás egyszerűbb legyen. (Középen a legmélyebb pont helyzete független attól, hogy a görbe körív vagy ellipszis.)

A 203b ábrán látható, hogy ha a marót megdöntjük, olyan mélyen kell a marónak a megmunkálandó felületen előrehaladnia, hogy a b marási szélesség a maróátmérő körívének a húrja legyen. Ekkor a kiadódó s_r ívmagasság az a távolság, amelyen a maró a teljes marási szélességet átfogja:

$$s_r = \frac{D}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{4 \frac{D^2}{2} - b^2} \text{ mm.} \quad (9.2)$$

Jelen példánkban az értékek behelyettesítése után $s_r = 19,4$ mm. Ez annyit jelent, hogy a v_e munkasebességgel megtett előtolási út hossza:

$$5 + 200 + 19,4 + 1 = 225,4 \text{ mm,}$$



203. ábra. A marási út csökkentése a marótengely döntésével homlokmaráskor

ami az előző 356 mm-nek csak 63,5%-a. Tehát megtakarítottunk 36,5% gépi időt, vagy megtartva a $v_c = 222$ mm/min munkaelőtölési sebességet, a gépi idő 1,6 perc helyett 1,01 perc lesz.

Vizsgáljuk meg, milyen áron jutottunk ehhez a jelentős gépi idő megtakarításhoz.

A maró forgástengelyét 2 szögperccel döntjük az előtolás irányába. Ekkor a maró eleje s_r hosszban mélyebbre hatol bele a megmunkálandó felületbe a b szélesség közepén, mint a két szélén (203. ábra). Mekkora lesz ez az m érték, amivel a munkafelület közepe homorú lesz?

$$\sin 2' = \frac{m}{s_r}, \text{ amelyből } m = s_r \sin 2';$$

ennek értéke jelen esetben $m = 19,4 \cdot 0,00058 = 0,011$ mm.

Tehát a 36,5% termelékenység-növekedést annak árán értük el, hogy a 100 mm széles mart felületünk közepén kerekén 0,01 mm-rel mélyebb lesz, mint a szélein. Ezt az eltérést a működési feltételek legtöbb esetben megengedik, viszont ha a síkfelület megengedett alakhibája ennél kisebb, akkor a felületet úgyis át kell köszörülni.

A gépi idő ily módon való csökkentésének azonban van egy igen komoly feltétele. A szerszám forgástengelyét $2'$ -el döntöttük meg, hogy a maró hátsó végén levő fogak ne súrolják a megmunkált felületet. Ez azonban csak akkor következik be, ha a maró tengelyirányú ütése nem éri el a 0,01 mm-t.

Ha a maró tengelyirányú ütése 0,02 mm, akkor már $4'$ előredőlést kell adni, hogy a fogak hátul ne súrolják a kész felületet. Ez viszont már 0,022 mm mély homorú felületet ad.

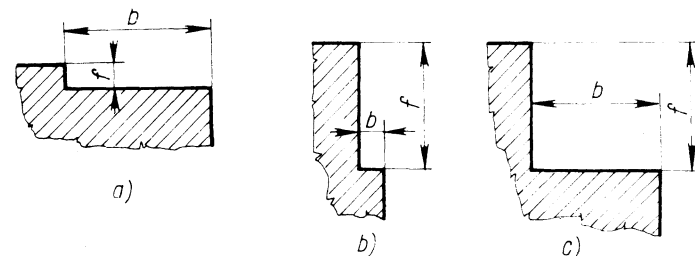
Ha a marási szélesség csak fele az előbbinek, akkor a homorúság $2'$ előredöntés esetén csak 0,0026 mm, vagyis az előbbinek az $\frac{1}{4}$ -e. A (9.2) képletben ugyanis négyzetes összefüggés van. 50 mm marási szélesség esetén az s_r értéke kerekén 5 mm, vagyis az előbbinek $\frac{1}{4}$ -e. A homorúság az s_r -rel egyenesen arányos, de az s_r a b marási szélességtől négyzetesen függ.

9.3. A sarokmarás gépi ideje

A sarokmarás olyan marási művelet, amikor egy szerszámmal egyidejűleg két, egymásra merőleges felületet munkálunk meg. Ha az egyszerre megmunkált felületek nem merőlegesek egymásra, hanem szöveget zárnak be, szögmarásról beszélünk, amelyet az alakmarások csoportjába sorolunk.

A sarokmarásokat az f fogásmélység és a b marási szélesség aránya szerint három csoportba soroljuk (204. ábra).

Ha a b szélesség sokkal nagyobb az f fogásmélységnél (204a ábra), legtermelékenyebben $\alpha = 90^\circ$ elhelyezési szögű marófejjel dolgozhatunk. Legkedvezőbb a helyzet, ha az f fogásmélység akkora, hogy egyetlen fogással a teljes anyagmennyiséget lemunkálhatjuk. Ha az f mérete nagyobb, és az anyagmennyiséget több fogással távolítjuk el, fennáll annak a veszélye, hogy a több fogás lépcsőt hagy az oldalfelületen.



204. ábra. A sarokmarás három változata

Ha ez nem engedhető meg, a fogásmélységi oldalt második könnyű simítófogással utánmunkáljuk. Ez csak szerszámcserevel oldható meg, mert a marófej helyére a függőleges marógépen ujjmarót vagy megfelelő méretű homlokmarót kell befogni. A munkadarab átfogása hosszadalmas, mert a már kész felületeket igen pontosan kell az új felfogáshoz beállítani.

Ehhez a sarokmaráshoz igen alkalmas a keményfém betétkéses marófej.

Ha az f mérete sokkal nagyobb, mint a b marási szélesség (204b ábra), ugyanúgy kezelhető, mint az a változat, ha az előbbi függőleges marógépen munkáljuk meg, ezt pedig vízszintes tengelyűn.

Ha viszont a munkát függőleges marógépen kell elvégezni, akkor legcélszerűbb martfogazású homlokmaróval dolgozni.

A keményfém betétkéses marófej teljesítményét nem tudjuk kihasználni a keskeny felület, a kis fogásmélység miatt.

Martfogazású homlokmaróval, amelynek elég széles a palástmaró része, esetleg egyetlen fogással a teljes anyagmennyiséget le lehet munkálni. Ezt természetesen a pontos adatok alapján számítással kell eldönteni.

Ha a két méret közel egyforma (204c ábra), pontos számítással kell eldöntenünk, melyik változat a kedvezőbb: a keményfém betétkéses marófejjel több mélyítő fogást venni, esetleg még a függőleges felület

utólagos simításával megtoldva, vagy széles palástfelületű homlokmaróval többszöri vízszintes irányú fogást venni. Ez esetben a külön simítófogás elmarad, mert az utolsó fogást simítófogásként végezhetjük.

Sarokmaráskor az s_r ráfutást mindenkor a palástmarónál bemutatott eljárással számítjuk. Ha azonban a homlokmarót megdöntjük, akkor elegendő a ráfutás és a teljes marási hossz, és nem kell a teljes maróátmérő átfutásával számolni.

9.4. Az alakmarás gépi ideje

Az alakmarás gépi idejének a meghatározása hasonló a palástmaráséhoz. A ráfutási hosszat a (9.1) képlet alapján számíthatjuk ki. A ráfutás ideje, különösen ha mély alakot kell marni, elég hosszú lehet. Ez azonban ellensúlyozza, hogy az alakmarók többnyire kis méretűek, már pedig az s_r ráfutási hossz a maró átmérőjétől is függ, mert minél nagyobb a maró átmérője, annál hosszabb a ráfutási hossz.

Az alakmarók hátránya, hogy nagy erőingadozással dolgoznak, és nagy átmérő esetén az s_r ráfutási út nagyon hosszú. Ezért meg kell

vizsgálni, hogy milyen mértékben csökkenthető a ráfutási út, ha két, egymásra merőleges irányban elosztjuk (205. ábra). Az 1 esetben a szokásos irányban dolgozunk, a marót beállítjuk az f fogásmélységre, és vízszintes irányban a (9.1) képlettel kiszámított s_r ráfutási út után kerül a maró teljes mélységben munkába.

A 2 esetben a maró tengelyét közvetlenül a munkadarab sarka fölé állítjuk, és először függőleges irányban f fogásmélységig adunk előtolást. Ennek elérése után az előtolást átkapcsoljuk a vízszintes irányba, és így végezzük az alakmarást a munkadarab másik sarkáig.

205. ábra. A ráfutási út csökkentése irányváltoztatással

Vizsgáljuk meg, mennyire gazdaságos ez a marási utat csökkentő módszer. $D=63$ mm átmérőjű alakmaróval $f=5$ mm fogásmélységre kell beállnunk. Mint ezt már a palástmaráskor megállapítottuk, az s_r ráfutás kiszámításához először a $\varphi/2$ forgácsívszög felét kell megállapítanunk:

$$\sin \varphi/2 = \sqrt{\frac{f}{D}} = \sqrt{\frac{5}{63}} = 0,254; \quad \varphi/2 = 14^\circ 40'.$$

A (9.1) képlet szerint

$$s_r = \frac{f}{\operatorname{tg} \varphi/2} = \frac{5}{0,262} = 19,1 \text{ mm}.$$

Tehát, ha irányváltással fut rá a palástmaró vagy alakmaró a munkadarabra és gyakorlatilag mint homlokmaró dolgozik, akkor a ráfutási út mintegy az $\frac{1}{4}$ -ére csökkenthető.

Alakmaráskor általában igen kis fogankénti előtolással dolgozunk, tehát a v_e értéke is igen kicsi. Ilyenkor érdemes mérlegelni, hogy az irányváltás átkapcsolásának a mellékideje nem növeli-e meg a munkaidőt olyan mértékben, hogy az átkapcsolással nem érünk el lényeges megtakarítást. Ez természetesen a marógép szerkezetétől is függ, hogy az irányváltás átkapcsolása és a fogásmélység elérése utáni pontos kikapcsolás milyen gyorsan és biztosan valósítható meg.

A fenti megállapításunk nem csupán alakmarásra, hanem minden palástmarásra érvényes. Palástmaráskor azonban a munkaelőtölés sebessége rendszerint 3...5-szöröse az alakmarás előtolási sebességének, és ezért kérdéses, hogy az átkapcsolásra fordított mellékidő nem növeli-e meg a munkaidőt.

Ezeket a körülményeket a műveletterv kidolgozásakor mérlegelni kell.

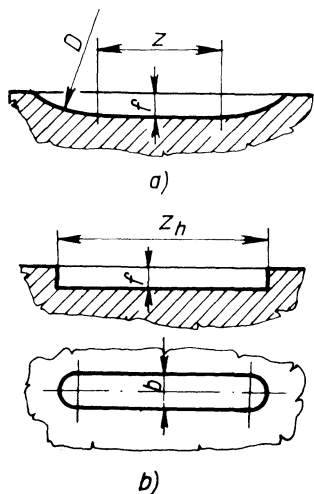
9.5. A horonymarás gépi ideje

A horonymarás a gépgyártásban kétféleképpen végezhető el: tárcsamaróval vagy ujjmaróval. A tárcsamaró termelékenyebb, de a horonymaró sugarával arányos kifutási szakasszal hosszabbat mar az L_h hasznos horonyhossznál (206a ábra). Ezt a gyártmány tervezésekor figyelembe kell venni, és ha lehetséges, olyan megoldást választani, hogy a horony meghosszabbodott része a működési feltételeket ne zavarja.

Kedvezőbb a helyzet akkor, ha a horony a munkadarab végéből indul ki, mert ekkor csak egy kifutási sugárral hosszabbodik meg a horony.

Munkaigényesebb a 206b ábrán látható horonykiképzés. Csak ujjmaróval készíthető el. Az ujjmaró a horony szélességével megegyező kis átmérője miatt gyenge szerszám, amely nem tudja egy fogással a teljes f horonymélységet kimunkálni. Több kis méretű függőleges előtolással kell először a horonymélyítést elvégezni, és azután lehet a hosszeltolás bekapcsolásával a horony hosszát végigmarni.

Ez esetben a méretek alapján kell eldönteni, hogy a teljes f horonymélységet a szerszám szilárdságától függően hány szakaszra kell fel-



206. ábra
Horonyarási módok

osztani. Ennek alapján lehet a gépi időt kiszámítani. A függőleges horonymélyítő előtolást (merülő marást) rendszerint kézzel végezzük, ha nincs különleges horonymaró automata. A gépi idő i löketség esetén a löketek összidejéből áll. A lökethossz megállapításakor az L_h méretből a D maróátmérőt vonjuk ki. Így a teljes marási hossz:

$$L_{\Sigma} = i(L_h - D),$$

amelyet v_e sebességgel kell számítani. A horonyarás gépi ideje:

$$t = \frac{i(L_h - D)}{v_e} \text{ min.}$$

A v_e munkaelőtolási sebesség megállapításakor azt kell meghatározni, mi a kedvezőbb: kisebb fogásmélységgel és nagyobb előtolósebességgel vagy nagyobb

fogásmélységgel és kisebb előtolósebességgel dolgozni. Az esetek többségében a kisebb fogásmélység és gyorsabb előtolás adja a rövidebb gépi időt, de ezt csak az összes körülmények (maróátmérő, marószilárdság, munkadarab szilárdsága, gépmerevség stb.) tekintetbevételével, pontos számítással lehet eldönteni.

A tárcsamaróval végzett horonyarás egyszerű palástmarási művelet, ennek a számítását nem ismételjük meg.

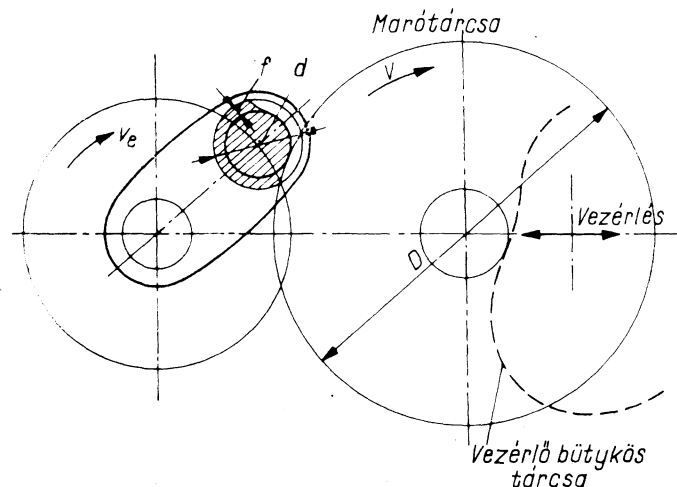
9.6. Forgómarás

A belsőégésű motorok forgattyútengelyeinek megmunkálásakor a legnehezebb feladatok közé tartozik a forgattyúkarok csapjainak termelékeny megmunkálása. Régebben a gépjárműmotorok tömeggyártására eszterga-célgépet használtak. Ez azonban nem volt elég termelékeny, mert a központon kívüli forgattyúkarok csapjai nem tették lehetővé a nagy forgácskeresztmetszetű esztergálást a nagy forgácsolóerők miatt. Továbbá egyszerre csak két csapot lehetett megmunkálni, mert a négy- és hathengeres motorok forgattyútengelyeinél két-két csap esik egy forgástengelybe.

Ezzel szemben forgómarással egyszerre mind a négy vagy hat forgattyúcsap nagyoló megmunkálása egy felfogásban egyszerre végez-

hető el. Ez azt jelenti, hogy egy-két perces ciklusidővel dolgozó motorgyártásban a forgattyútengely összes forgattyúcsapjainak a megmunkálása minden nehézség nélkül beilleszthető.

A forgómarás működési elvét a 207. ábra szemlélteti.



207. ábra. A forgómarás elve

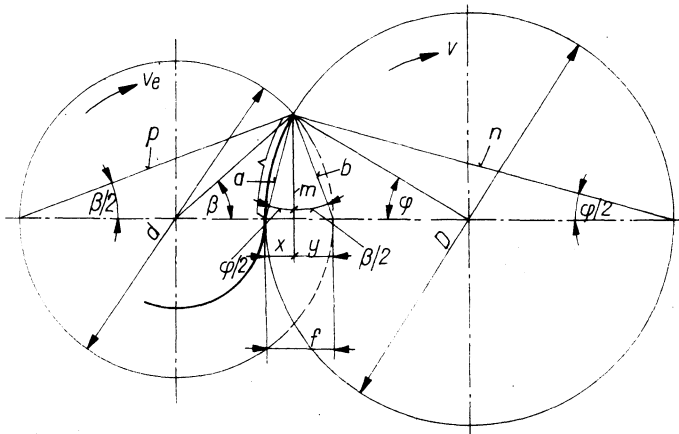
A forgattyútengely, ellentétben az esztergálással, a főcsapokkal meghatározott, tehát a saját forgástengelye körül forog. Ugyancsak a saját tengelyük körül forognak a D marótárcsák, de ezen kívül még a vízszintes síkban bütyköstárcsás vezérléssel előre-hátra is mozognak oly módon, hogy míg a forgattyútengely a saját tengelye körül egyszer körülfordul, addig a marótárcsák a d átmérőjű forgattyúcsapok nagyoló megmunkálását befejezték.

Az ábrán csak egy forgattyúcsap és egy hozzá tartozó D marótárcsa látható, de a gépen minden csaphoz tartozik egy D marótárcsa a hozzáépített hajtómotorral és vezérléssel. Az ilyen tömeggyártásban dolgozó gépek természetesen igen drágák, ezért ha a gyártandó darabszám kisebb, olyan gépeket használnak, melyek egyszerre csak egy vagy két forgattyúcsap nagyolását végzik. A hazai üzemekben ilyen gépekkel találkozhatunk.

A megmunkálás kezdetén az álló forgattyútengelyen először az f fogásmélységű bemarkást kell elvégezni, és csak *aztán kezd forogni* a forgattyútengely, hogy a csapot körben körülmarja a szerszám.

9.6.1. Forgácsolási viszonyok forgómaráskor

A forgácsolás meghatározásakor elhanyagoljuk azt a körülményt, hogy a forgattyúcsap a forgattyútengely forgástengelye körül forog, és így elhanyagoljuk a marótárcsa vezérlése következtében felépő előre-hátra mozgásból adódó sebességváltozásokat. Ezt azon megfontolás alapján tesszük, hogy a v_e előtolási sebesség 100...150 mm/min, viszont a forgácsolósebesség keményfém betétkéses szerszámmal $v=60...80$ m/min sebességgel dolgozik, ami az előbbinek 400...800-szoros. (Még gyorsacél szerszám esetén is $v=12...15$ m/min sebességgel számolhatunk, a sebességek aránya ekkor is 80...150-szeres, forgómaráskor azonban általában a termelékenység növelése érdekében keményfém betétkéses szerszámokkal dolgozunk.)



208. ábra. A forgácsív hossz meghatározása forgómaráskor

A forgács alakulása forgómaráskor a forgácsív hossz meghatározásával a 208. ábrán látható. Az ábra jelölései szerint a D átmérőjű marótárcsa f fogásmélységgel v_e előtolási és v forgácsolósebességgel dolgozik. Ha d és D körök középpontjainak összekötő vonalára a két kör metszéspontjából merőlegest rajzolunk, ez az f fogásmélységet x és y részre bontja fel, és a marótárcsa körívén megkapjuk az s forgácsív hosszát. A körívek metszéspontjából meghúzzuk a φ forgácsív szöget és a $\varphi/2$ kerületi szögeket is. Ugyancsak megrajzolhatjuk a d munkadarab átmérőjéhez a β központi és a $\beta/2$ kerületi szögeket is.

A körívek metszéspontjából a középpontokat összekötő vonalra az m merőlegest bocsátjuk, és a metszéspontot összekötjük az f két végpontjával, a és b vonalakkal.

Ezzel két-két hasonló háromszögpárt alkottunk, amelyeknek oldalai: a, x, m -hez hasonló D, a, n ; valamint: b, x, m -hez hasonló d, b, p . A hasonló háromszögek törvénye alapján a kis háromszögekbe is beírhatjuk a $\varphi/2$ és $\beta/2$ szögeket. Most már felírhatjuk a következő egyenleteket:

$$f = x + y; \quad \sin \varphi/2 = \frac{a}{D} \quad \text{és} \quad \sin \beta/2 = \frac{b}{d}.$$

A háromszögek hasonlósága alapján:

$$D:a = a:x, \quad \text{amelyből} \quad a^2 = xD;$$

és

$$d:b = b:y, \quad \text{amelyből} \quad b^2 = yd.$$

Továbbá:

$$\sin \varphi/2 = \frac{\sqrt{xD}}{D} \quad \text{és} \quad \sin \beta/2 = \frac{\sqrt{yd}}{d}.$$

A Pitagorasz-tétel alapján:

$$a^2 = xD = m^2 + x^2 \quad \text{és} \quad b^2 = yd = m^2 + y^2,$$

az $y = f - x$ behelyettesítése után:

$$b^2 = d(f - x) = m^2 + (f - x)^2.$$

Az előző két egyenletből elhagyjuk az a^2 és b^2 tagokat, és a két egyenletet egymásból kivonjuk

$$xD = m^2 + x^2$$

$$\frac{-[d(f - x) = m^2 + (f - x)^2]}{xD - d(f - x) = x^2 - (f - x)^2},$$

mert az m^2 kiesik.

A négyzetre emelés és összevonás után x^2 is kiesik, és az egyenletet x -re megoldva kapjuk:

$$x = \frac{df - f^2}{D + d - 2f}.$$

Bennünket jelenleg a φ szög érdekel, ezért a kapott x értékét behelyettesítjük a $\sin \varphi/2$ képletébe:

$$\sin \varphi/2 = \frac{\sqrt{xD}}{D} = \frac{\sqrt{D(df - f^2)}}{D + d - 2f}. \quad (9.3)$$

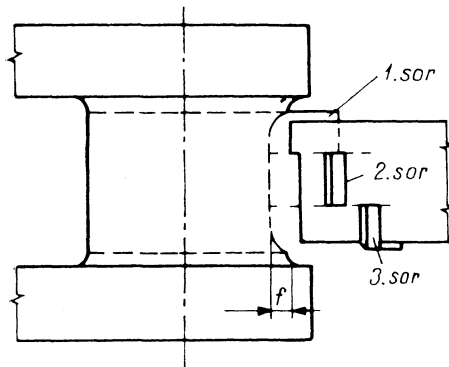
E képlettel kiszámíthatjuk a forgácsív hosszát, melynek segítségével a többi adatot is meghatározhatjuk.

Mivel forgómarásnál a D sokkal nagyobb, mint d , mert a marótárcsa csak ez esetben fér be a forgattyútengely forgattyúkarjai közé, ezért a forgácsívszög igen kicsi. Ennélfogva nem követünk el hibát, ha a közepes forgácsvastagságot a forgácsívszög felénél számítjuk és a legnagyobb forgácsvastagságot a közepes kétszeresére véve számítjuk a legnagyobb kerületi erőt. Továbbá meghatározzuk a kapcsolási tényezőt is, és megkapjuk az állandóan hatónak feltételezett kerületi erőt.

9.6.2. A forgómarás erőviszonyainak kiszámítása és gépi idő meghatározása

A forgómarás erőviszonyainak kiszámítását és a gépi idő meghatározását például keresztül mutatjuk be.

A forgattyúcsap nyers mérete $d_n = 90$ mm, az előnagyolt átmérő



$d = 77$ mm, tehát a fogásmélység $f = 6,5$ mm. A marási szélesség $b = 49$ mm. A marótárcsa átmérője $D = 720$ mm, amelyen három sorban egyenletesen eltolva 3×24 , tehát összesen 72 fog van. Ennek értelmében egy sor fogra $49 : 3 = 16,33$ mm marási szélesség esik. A forgattyúcsap és a marótárcsán a fogak elhelyezkedését a 209. ábra szemlélteti.

209. ábra. Forgattyúcsap megmunkálása forgómarással:

a fogak elhelyezése a marótárcsán

A számítás egyszerűsítése céljából úgy számolunk, hogy 24-fogú, 720 átmérőjű és 16,33 mm szélességű tárcsamaróval dolgozunk, és a

kapott teljesítménynek a háromszorosát vesszük.

A fenti adatokból a (9.3) képlettel a forgácsívszög felének a szinusza:

$$\sin \varphi/2 = \frac{\sqrt{\frac{720(90 \cdot 6,5 - 6,5)^2}{720 + 90 - 2 \cdot 6,5}}}{720} = 0,0286;$$

$$\varphi/2 = 1,77^\circ \text{ és } \varphi = 3,54^\circ;$$

a fogosztás

$$\delta = \frac{360}{24} = 15^\circ;$$

a kapcsolási tényező

$$\psi = \frac{\varphi}{\delta} = \frac{3,54}{15} = 0,236.$$

Ez azt jelenti, hogy egy sorban a 24 fog közül az egyik belekap az anyagba és csak $3,54^\circ$ maróelfordulás alatt forgácsol, mert azután már kilép az anyagból, és $15 - 3,54 = 11,46^\circ$ szögelfordulás alatt nem lenne forgácsolás.

Mivel azonban a fogak három sorban egyenletesen vannak elosztva, $360 : 72 = 5^\circ$ -onként van fog, így csak $5 - 3,54 = 1,46^\circ$ szögelfordulás alatt nincs fog az anyagban.

A forgattyútengelyek nagy szilárdságú acélból készülnek, ezért $\sigma_B = 100$ kp/mm² szakítószilárdsággal kell számolni, és a lapka minőségét P20-nak vesszük. A forgácsolósebességet $v = 70$ m/min-re és a fogankénti eltolást $e_1 = 0,2$ mm/fog-ra választjuk. A közepes forgácsvastagságot az igen kis forgácsívszög miatt a megközelítő (5.11) képlettel számolhatjuk:

$$h_k = \sqrt{\frac{6,5}{720}} = 0,019 \text{ mm.}$$

A fajlagos forgácsolási ellenállást az (5.61) képletből számíthatjuk, vagy egyszerűen a 131. ábra diagramjából leolvassuk:

$$k = \frac{834}{v^{0,25} h_k^{0,33}} = \frac{834}{75^{0,25} 0,019^{0,33}} = 1072 \text{ kp/mm}^2.$$

A szerszám tárcsamaró kiképzésű, a fogak nem ferdék, ezért mint egyenes élű palástmarót kell tekintenünk. Ekkor az egy fogra eső közepes forgácsolóerő az (5.21) képlet szerint

$$F_k = kq = kbh_k = 1072 \cdot 16,33 \cdot 0,019 = 333 \text{ kp.}$$

Az állandóan hatónak feltételezett kerületi erő számításakor, minthogy három sorban dolgoznak a fogak, a kapcsolási tényezőt hárommal meg kell szorozni, az (5.23) képlet szerint

$$F'_k = 3\psi F_k = 3 \cdot 0,236 \cdot 333 = 236 \text{ kp.}$$

Az F'_k állandónak feltételezett közepes kerületi erő azonban magába foglalja a marótárcsa üresjáratát is, ezért kisebb, mint az egy fogra eső

közepes forgácsolóerő. Az erőingadozás azonban az egy fogon fellépő legnagyobb erőnek felel meg.

A legnagyobb forgácsvastagság, amikor a marófog az anyagból kilép: $h_n = 2h_k = 2 \cdot 0,019 = 0,038$ mm. Az ehhez tartozó fajlagos forgácsolási ellenállás $k = 852$ kp/mm²:

$$F_{\max} = 852 \cdot 16,33 \cdot 0,038 = 528 \text{ kp.}$$

Ez meglehetősen nagy érték, de az ilyen gépeket igen merevre építik, azonkívül a kések ferde elhelyezésével is lehet csökkenteni az erőingadozást.

A fenti adatokból kiszámíthatjuk a marótárcsa közepes és legnagyobb teljesítményfelvételét. A közepes terhelés gyakorlatilag nem áll fenn, mert az erő állandó ingadozásai miatt a teljesítmény is állandóan változik. Az átlagos teljesítmény

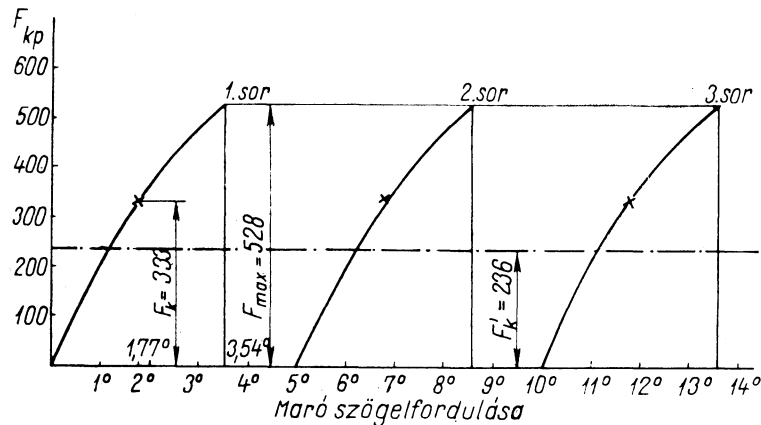
$$P_{\text{fk}} = \frac{F'_k v}{6120} = \frac{236 \cdot 70}{6120} = 2,7 \text{ kW,}$$

de a legnagyobb terhelés, amikor egy fog az anyagból kilép:

$$P_{\text{fmax}} = \frac{528 \cdot 70}{6120} = 6,04 \text{ kW.}$$

Ebből is látható a nagy erő- és teljesítményingadozás, amely forgómaráskor fellép, mert ez nulla és 528 kp, ill. nulla és 6,04 kW között ingadozik.

Az erőváltozások a maró szögelfordulásának függvényében a 210. ábrán láthatók.



210. ábra. A kerületi erők változásai a marótárcsa szögelfordulásának függvényében forgómaráskor

A $v = 70$ m/min forgácsolósebesség esetén a $D = 720$ mm átmérőjű marótárcsa $n = 31$ /min fordulatszámmal forog. Így percenként a $72 \cdot 31 = 2230$ alkalommal lép ki az anyagból, azaz ennyiszor változik a forgácsolóerő nulláról a maximumra.

Itt tűnik ki, milyen nagy fontossága van a készméretet minél jobban megközelítő süllyesztékbe-kovácsolásnak. A 75 mm készméretű csap kiindulási mérete a nagy ráhagyás miatt 90 mm. De ha a ráhagyást 7,5 mm-ről pl. 4 mm-re csökkentjük, akkor a forgómarással nagyolt átmérőt 76,5 mm-re vehetjük fel, és az f fogásmélység a példánkban felvett 6,5 mm helyett csak 3,25 mm lesz.

Ennek eredményeként, ha megtartjuk az $e_1 = 0,2$ mm/fog előtolást, a $h_k = 0,0045$ mm lesz, vagyis kevesebb, mint az előbbi $\frac{1}{4}$ -e, az erőingadozás pedig az előbbinek $\frac{1}{3}$ -ára csökken. Ez esetben az előtolás növelésével a gépi időt jelentősen csökkenteni lehet anélkül, hogy az előbbi terhelést túllépnénk.

A gépi idő meghatározása. A gépi idő két részből áll. Először a marótárcsának az f fogásmélységnek megfelelő előtolást kell adni a forgattyútengely álló helyzetében, utána — amikor a marótárcsa már elérte az f mélységet — indulhat meg a forgó előtolás.

A bemarkáshoz sokkal kisebb előtolással dolgozhatunk, mert ekkor a legnagyobb forgácsvastagság megfelel a fogankénti előtolásnak. Ezért itt $e_1 = 0,04$ mm/fog értéket veszünk, amellyel csak valamivel nagyobb forgácsolóerőt kapunk, mint az előzőleg kiszámított $h_n = 0,038$ mm-rel.

A bemarkási előtolósebesség:

$$v_b = e_1 n z = 0,04 \cdot 31 \cdot 24 = 29,7 \text{ mm/min,}$$

mert egy sorban csak 24 fog van. Ebből adódik, hogy 6,5 mm fogásmélységhez 0,219 min gépi idő kell.

A forgó előtolás sebessége:

$$v_e = e_1 n z = 0,2 \cdot 31 \cdot 24 = 149 \text{ mm/min.}$$

Ez forgó előtolás, amelyet bizonyos átmérőre kell számítanunk. Leghelyesebb, ha az f fogásmélység középértékére számítjuk, vagyis $77 + 3,25 = 80,25$ mm-re. Ennél az átmérőnél a 149 mm/min sebességhez $\pi d_k = 3,14 \cdot 80,25 = 252$ mm tartozik. Tehát 149 mm/min-hez 1,68 min tartozik. A tengely fordulatszáma 0,595/min. Így a teljes gépi idő $0,219 + 1,68 = 1,9$ min.

Ha a berendezés egyszerre 4 vagy 6 forgattyúkar megmunkálására alkalmas, akkor a példában felvett kiindulási adatokkal 1,9 min gépi idő alatt 4 vagy 6 forgattyúkart lehet nagyolni.

Ha a ráhagyásokat sikerül a felére csökkenteni, akkor a gépi idő egy percre csökken.

Számításainkban elhanyagoltuk azt, hogy a 0,595/min fordulatszám esetén a 90 mm átmérőjű körön megnövekszik az előtolási sebesség $90/80,25=1,12$ -szörösére, tehát 12%-kal. Ezért a közepes forgácsvastagság $h_k=0,019$ mm, de a külső réteg nagyobb átmérője következtében a legnagyobb forgácsvastagság $h_n=1,12 \cdot 0,038=0,0426$ mm. Ennek következtében az $F_{max}=580$ kp, mert a nagyobb forgácskeresztmetszet helyett a megnövekedettel kell számolni.

Ha az előtolást a 90 mm nyers átmérőre számítjuk, akkor a legnagyobb forgácsolóerő marad változatlan, azonban a közepes forgácsvastagság 0,019 mm-ről 0,017 mm-re csökken. Ekkor a forgattyútengely fordulatszámát kell arányosan csökkenteni 0,595/min-ről 0,53/min-re, és ennek következtében a körbenmarás gépi ideje 1,68 perc-ről 1,89-re növekszik. Így a gépi idő összesen 2,11 perc.

Végül vizsgáljuk meg az anyagleválasztási körülményeket. A 90 mm átmérőjű, 49 mm széles kiindulási méretből $\varnothing 77$ mm-es csapot készítünk. Az ekkor lemunkált körgyűrű térfogata $83,5 \text{ cm}^3$ (a számítást nem részletezzük). Ezt 2,11 perc alatt munkáljuk le közepes, 2,7 kW tiszta forgácsolási teljesítménnyel. Így egy perc alatt $83,5:2,11=39,6 \text{ cm}^3/\text{min}$, melyből $V_f=14,7 \text{ cm}^3/\text{kW min}$ fajlagos forgácseltávolítás adódik.

Ha sikerül a ráhagyást csökkenteni és az $\varnothing 90$ mm nyersméret helyett $\varnothing 83$ mm-ből indulunk ki, akkor a lemunkálandó körgyűrű térfogata csak $39,8 \text{ cm}^3$ lesz. Ez pedig az előbb kiszámított gépi idő fele alatt munkálható le.

A forgattyútengely újabb technológiája szerint a forgattyúcsapokat nagy teljesítményű *köszörűgépekkel* (mintegy 70 kW) nagyolják, ekkor edzés után már csak a végső simítóköszörülést végzik. Ez esetben elmarad a nagyolómarás utáni nagyolóköszörülés, így gépi időben alig van eltérés a forgómarással végzett nagyolással szemben. A berendezés költségei kisebbek, mint a négy- vagy hathengeres forgattyútengely forgómarása esetén.

10. MEGMUNKÁLÁSI PÉLDÁK

E fejezetben gyakorlati példákkal segítjük elő az előző fejezetek alaposabb megértését. A példákkal igazoljuk azt is, hogy már néhány darab megmunkálásakor is érdemes 15...25 percet szentelni a leggazdaságosabb és legtermelékenyebb műveleti utasítás kidolgozására. Ha pedig már elég kidolgozott műveleti utasítással rendelkezünk, akkor a hasonló feladatok adataiból percek alatt előírhatjuk a művelet adatait.

Az előzőekben közölt diagramokban és táblázatokban az adatok jó része megtalálható, és csak néhány logarléctolás kell a számítások befejezésére.

A példák kidolgozásából a szakmunkás is, a művelettervező is olyan sokat tanulhat, hogy ezáltal a munkáját a gépének és szerszámainak kihasználásával termelékenyebben és gazdaságosabban tudja elvégezni.

10.1. Palástmarás

A palástmarási feladatokhoz kis teljesítményű ME 250—01 marógépet választunk.

A hajtómotor teljesítménye 3 kW és minthogy a hajtómű gördülő-csapágyazású, $\eta=85\%$ -kal számolhatunk. Így a forgácsolásra $3 \cdot 0,85=2,55$ kW használható. Ez annál is inkább indokolt, mert az előtoló szerkezetet külön 1,5 kW teljesítményű motor működteti.

Számításaink során szükségünk van a beállítható 18 főorsó fordulatszámra: 45, 56, 71, 90, 112, 140, 180, 224, 280, 355, 450, 560, 710, 900, 1120, 1400, 1800 és 2240.

A 15 beállítható előtolási sebesség: 20, 25, 31, 38, 48, 60, 75, 93, 114, 176, 218, 335, 410 és 500.

A gépen, kis teljesítménye miatt nem lehet nagy darabokat, nagy felületeket megmunkálni.

10.1.1. Acél palástmarása gyorsacél szerszámmal

Kiindulási adatok: $\sigma_B = 60 \text{ kp/mm}^2$ szakítószilárdságú acélból betétdarab gyártandó. A nyersméret $40 \times 44 \times 100 \text{ mm}$. A 44 mm méretet kell 4 mm-es fogásmélységgel 40 mm-re nagyolni. A marási szélesség tehát $b = 40 \text{ mm}$, a fogásmélység $f = 4 \text{ mm}$.

A munkadarabot a marógép asztalára felfogott satuba szorítjuk. A satuba olyan alátétet teszünk, hogy a munkadarab 6...7 mm-re álljon ki a satupofák felett.

A szerszám kiválasztása. Az erőingadozás csökkentése végett a munkához olyan ferdefogú marót kell választanunk, melynek a ψ kapcsolási tényezője közel esik valamely egész számhoz.

A 25. táblázatban találjuk a nagy fogferdeségű marókat $\omega = 45^\circ$ (MSZ 3847—58), amelyek közül a 26. táblázat és a 194. ábra alapján a 40 mm átmérőjű maróval $\psi = 1,92$ értéket kapunk a 40 mm marási szélességre. Ez kedvező érték. $\psi = 2,035$ értéket kapunk az $\varnothing 50 \text{ mm}$ -es maróval is, de általában nagyobb közepes forgácsvastagsággal dolgozunk a kisebb maróátmérővel, azon kívül a kisebb átmérőjű maró olcsóbb is, mint a nagyobb átmérőjű. Ezért ha a két maró kapcsolási tényezője egyformán kedvező, mindig a kisebb átmérőjűt választjuk.

Elég kedvező kapcsolási tényezőt, $\psi = 1,068$ kapnánk az MSZ 3875-60 $\varnothing 50 \text{ mm}$ -es nagy fogferdeségű $\omega = 40^\circ$ Morse-kúpos szárú palástmaróval is, de a kétoldalón befogott marótüske nagyobb szilárdsággal dolgozik, mint az egyoldalón befogott (19. és 20. táblázat).

Példánk elrendezési vázlata a 211. ábrán látható. A maró befogása rövid legyen a merevség végett, ütése ne haladja meg a 0,015 mm-t. Marás előtt győződjünk meg róla, hogy a szerszám elég éles-e.

A forgácsolósebességet a 12. táblázatból az A60 acélra megadott 15...22 m/min alapján $v = 20 \text{ m/min}$ -re vesszük. $\varnothing 40 \text{ mm}$ -es marónál erre 159/min fordulatot kapunk, de marógépünkön csak 140 fordulat állítható. Ezzel $v = 17,6 \text{ m/min}$.

A $\Delta = 0,4 \text{ mm}$ megengedett hátkopási értéket a 6. táblázatból választjuk acél nagyoló palástmarására.

Az előtoló sebességet annak szem előtt tartásával határozzuk meg, hogy a gép teljesítményét ki akarjuk használni. Ehhez a tényleges közepes forgácsvastagságot kell megállapítanunk a felvett adatok alapján $\Delta = 0,4 \text{ mm}$ hátkopás esetére. A 8.5.2. pont (1) bekezdésében foglalkoztunk ezzel a feladattal, amelyből ismeretes, hogy a C értéket kell kiszámítanunk és a kapott érték alapján a 187. ábra diagramján megkeressük a h'_k értékét.

$$C = \frac{C_a P_m \eta \cos \omega \sqrt{\frac{f}{D} - \frac{f^2}{D^2}}}{bfnz}$$

A C_a értékét a 21. táblázatból a $\sigma_B = 60 \text{ kp/mm}^2$ szakítószilárdságú acélra kiírjuk: $C_a = 37 500$. Hosszadalmasabb számítást igényelne a négyzetgyök alatti érték kiszámítása, de azt már $\cos \omega$ -val megszorozva $\varnothing 40 \text{ mm}$ -es maróátmérő és $f = 4 \text{ mm}$ esetén a 22. táblázatból kivehetjük. Ennek értéke: 0,212. A $P_m \eta$ értékét már előzőleg megállapítottuk, mert a 3 kW motorteljesítmény $\eta = 0,85$ hatásfokkal 2,55 kW-ot ad.

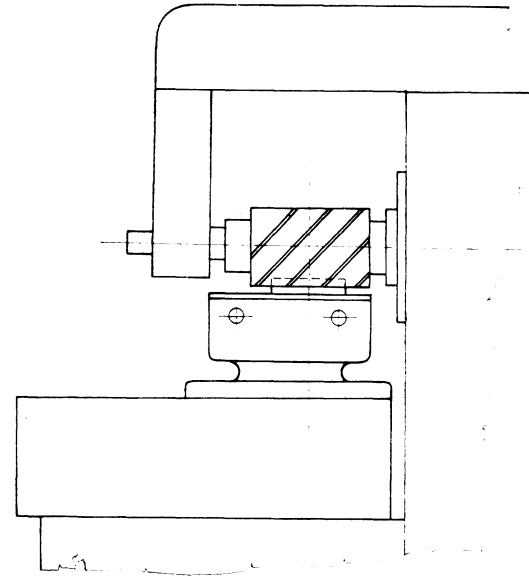
Ezek alapján, minthogy a nevező értékei ismertek

$$C = \frac{37 500 \cdot 2,55 \cdot 0,212}{40 \cdot 4 \cdot 140 \cdot 6} = 0,151.$$

Ennek a 187. ábrán a $\Delta = 0,4$ vonalán $h'_k = 0,052 \text{ mm}$ felel meg. Ebből kell most már az e_1 fogankénti előtolást meghatároznunk, amely az (5.7) és (5.38) képletekből fejezhető ki:

$$h_k = e_1 \sqrt{\frac{f}{D} - \frac{f^2}{D^2}} \quad \text{és} \quad h'_k = h_k \cos \omega;$$

$$e_1 \frac{h'_k}{\cos \omega \sqrt{\frac{f}{D} - \frac{f^2}{D^2}}} = \frac{0,052}{0,212} = 0,245 \text{ mm/fog.}$$



211. ábra. Acél palástmarása gyorsacél szerszámmal

Ez könnyen kiszámítható, mert a nevező értékét előzőleg a 22. táblázatból már kiírtuk.

Meg kell állapítanunk, hogy a számított e_1 értékhez milyen közel eső előtolást tudunk a marógépünkön beállítani:

$$v_e = e_1 n z = 0,245 \cdot 140 \cdot 6 = 204 \text{ mm/min.}$$

Marógépünkön az ehhez legközelebb álló beállítható előtolás $v_e = 216 \text{ mm/min}$. Ennek megfelelően $e_1 = 0,259$, $h'_k = 0,055$ értékekre módosul.

Látható, hogy három szorzással a táblázatok és a 187. diagram segítségével ezt az igen bonyolult feladatot aránylag gyorsan megoldottuk.

Állapítsuk meg a kezdeti nagyobb előtolást, mivel a marógép teljesítményét kezdetben az éles szerszámmal jobban ki akarjuk használni.

A 187. diagramból leolvashatjuk, hogy teljesen éles szerszámmal a $k_k^{0,788}$ egyenes szerint $h'_k = 0,095 \text{ mm}$ értéket kapunk és $\Delta = 0,15 \text{ mm}$ hátkopásnál $h = 0,090 \text{ mm}$ lesz.

Ennek az értéknek megfelelő előtolást egyszerű arányossági alapon határozhatjuk meg: $h'_k = 0,055 \text{ mm}$ -hez $v_e = 216 \text{ mm/min}$ tartozott, $h'_k = 0,090 \text{ mm}$ -hez $v_e = 354 \text{ mm/min}$ adódik. De marógépünkön csak 335 mm/min -t tudunk állítani. Ebből következik, hogy a 480 perces maróéltartamból az első 160 percre $v_e = 335 \text{ mm/min}$ sebességet állítunk, a második 160 percre a közben eső 270 mm/min -t, és csak az utolsó 160 percre állítjuk a 216 mm/min előtolási sebességet.

Ha a teljes 480 perc éltartam alatt $v_e = 216 \text{ mm/min}$ előtolási sebességgel dolgozunk, akkor a teljes éltartam alatt $480 \cdot 216 = 103\,700 \text{ mm}$ hosszát tudunk lemunkálni. De ha a lépcsős előtolási módszert alkalmazzuk, akkor

$$160 \cdot 335 = 53\,500 \text{ mm}$$

$$160 \cdot 270 = 43\,200 \text{ mm}$$

$$160 \cdot 216 = 34\,600 \text{ mm}$$

$$\text{összesen } 131\,300 \text{ mm hosszát,}$$

vagyis ugyanazon idő alatt 26,5%-kal többet tudunk marni.

Természetesen ehhez a hátkopást figyelemmel kell kísérni, és ha szükséges, esetleg előbb vagy később kapcsoljunk át a következő előtolási sebességre. Sajnos a gazdaságos forgácsolósebesség és az éltartam adatai csak akkor felelnek meg pontosan a számított értékeknek, ha az anyag minősége pontosan egyezik a felvett értékekkel, mint ezt a 8.3. alfejezetben kifejtettük.

Az anyag minősége a megmunkálás folyamán is változhat, mert ugyanazon minőségi jelű anyagok keménysége 10...15%-kal is eltérhet

egymástól. Ez az éltartamban már jelentős eltérést okozhat. Ezért a munka folyamán a hátkopás mértékét ellenőrizni kell és az előtolást ennek megfelelően helyesbíteni.

Ezek után kitölthetjük a műveleti utasítást (212. ábra).

Ellenőrizzük, mennyire sikerült marógépünk teljesítményét kihasználnunk. Ezért kiszámítjuk, hogy a $v_e = 216 \text{ mm/min}$ sebességgel mekkora a forgácsolási teljesítmény.

Példánkban nagy ferdeségű maróval dolgozunk, és ez esetben leggyyszerűbb, ha (5.43) és (5.44) képleteket alkalmazzuk:

$$F'_k = \psi F_k = \psi k s \text{ ctg } \omega h_k \text{ kp} \quad \text{és} \quad P_f = \frac{F'_k v}{6120} \text{ kW.}$$

Ehhez ki kell számítanunk a k fajlagos forgácsolási ellenállást, az s forgácsívhosszat és a h_k értékét.

A 126. diagramból leolvashatjuk, hogy $h'_k = 0,055 \text{ mm}$ értéknek a $\sigma_B = 60 \text{ kp/mm}^2$ szakítószilárdságú acélnál $\gamma_n = 18^\circ$ esetén $k = 320 \text{ kp/mm}^2$ felel meg.

Az s forgácsívhossz kiszámításához először a φ forgácsívszöget kell megállapítanunk, amely az (5.9) képlet szerint

$$\sin \varphi/2 = \sqrt{\frac{f}{D}} = \sqrt{\frac{4}{40}} = 0,316; \quad \varphi/2 = 18,4^\circ; \quad \varphi = 36,8^\circ.$$

$$s = \frac{\pi D \varphi}{360} = \frac{3,14 \cdot 40 \cdot 36,8}{360} = 12,8 \text{ mm.}$$

A h_k értékét az (5.7) képletből számítjuk ki:

$$h_k = e_1 \sqrt{\frac{f}{D} - \frac{f^2}{D^2}},$$

de a gyökjel alatti értéket megtaláljuk a 22. táblázatban: 0,3. Tehát

$$h_k = 0,259 \cdot 0,3 = 0,078 \text{ mm.}$$

$$\text{ctg } \omega = \text{ctg } 45^\circ = 1,$$

így

$$F'_k = 1,92 \cdot 320 \cdot 12,8 \cdot 0,078 = 614 \text{ kp}$$

és

$$P_f = \frac{614 \cdot 17,6}{6120} = 1,77 \text{ kW.}$$

Tehát a $\Delta = 0,4 \text{ mm}$ hátkopás figyelembevételével a forgácsolásra rendelkezésre álló 2,55 kW teljesítménynek a 69,5%-át használjuk ki.

Cég		MŰVELETI UTASÍTÁS			Műv. ut. száma	Lapszám				
						2				
Gyártási jel	Rajzszám	Munkadarab megnevezése			Munkadarab jele					
		betétdarab			8					
Anyag	Nyersméret	Anyag áll.	Művelet megnevezése	Művelet jele	Műveletterv sz.					
A 60	40×44×100	hengerelt	palástmarás	3						
Vázlat:										
Sorszám	Művelet tagozódása		Megm. felület	Szerszám, mérőszköz, készülék	$\frac{v}{m}$ perc	$\frac{n}{1}$ perc	$\frac{v_e}{mm}$ perc	f fogás mély- ség	Fogás szám	
1	maróbefogás			MSZ 3877 $\varnothing 40 \times 63$				4	6	
2	marófutás ellenőrzése									
3	munkadarab felfogása									
4	megközelítés				2					
5	marási f. beállítása									
6	marás		$60^\circ \gamma$		17,6					
				első 160/percre			335			
				második 160/percre			270			
				harmadik 160/percre			216			
7	munkadarab befogása									
Kiállította		Kelet	Ellenőrizte	Kelet	Előkészületi idő*		Darabidő*		Érvényes darabsz.-ra	
					norm. idő	pótidő	norm. idő	pótidő	-tól	-ig
Javítások										
Jel	Javitotta	Kelet	Ellenőrizte	Kelet	Műhely	Csoport	Géptípus		Gépléltárisz.	
							norm.	„a”		
							szükség szerinti változat	„b”		
								„c”		
								„d”		
Kajja: péld.										
oszt.										
* A művelettagozódás, az előírt értékek és a norm. — előírányzott idők a tervezetnél normális gyártási körülményekre, pl. normális gépi beállítás mellett értendőek. Szükségmegoldások esetén, ha a tényleges munkaidő hosszabb a norm. időnél, akkor ezt pótlékolni kell.										

212. ábra. Műveleti utasítás acél palástmarásához gyorsacél szerszámmal

Ha kezdetben az éles szerszámmal a $v_e=335$ mm/min előtolásra kapcsolunk, akkor $h'_k=0,085$ mm. Ehhez a 126. diagram szerint $k=290$ kp/mm² és $h_k=0,12$ mm tartozik. Ezen értékek szerint

$$F'_k = 1,92 \cdot 290 \cdot 12,8 \cdot 0,12 = 855 \text{ kp}$$

lesz és

$$P_f = \frac{855 \cdot 17,6}{6120} = 2,46 \text{ kW.}$$

Kezdetben tehát a $v_e=335$ mm/min előtolással a forgácsolásra rendelkezésre álló 2,55 kW teljesítménynek a 96,5%-át kihasználtuk.

A rendelkezésünkre álló viszonylag kis teljesítményű géppel, mint az adatokból láthatjuk, igen jó forgácsolási teljesítményt tudunk elérni, tehát gazdaságosan és igen jó termelékenységgel dolgozunk.

Megjegyzés. Még merev gépen is bekövetkezhet rezonancia, aminek a megjelenését csak igen körülményes vizsgálatokkal lehet előre kimutatni. Ezért az első fogás alkalmával figyelemmel kell kísérnünk, hogy csattogás, berezgés nem jelentkezik-e, annak ellenére, hogy igyekeztünk az erőingadozást a legkisebbre csökkenteni.

Ha mégis berezgés jelentkezik, akkor természetesen az előtolást olyan mértékre kell csökkenteni, hogy a rezgés megszűnjön.

10.1.2. Öntöttvas palástmarása gyorsacél szerszámmal

Az előző példában kis teljesítményű marógépen acél munkadarab megmunkálását mutattuk be. Ez esetben a gép teljesítményét kihasználtuk, a gyártás termelékeny.

A gyakorlatban előfordul, hogy erre nincs lehetőség, pl. a megmunkálendő felület és az eltávolítandó anyagmennyiség olyan kicsi, vagy a felület minőségi követelményei annyira szigorúak, hogy csak kis fogankénti előtolással dolgozhatunk. Ezek a tényezők határt szabnak a teljesítmény kihasználásának.

Ennek ellenére példánk kidolgozásakor mégis a teljesítmény kihasználására törekszünk.

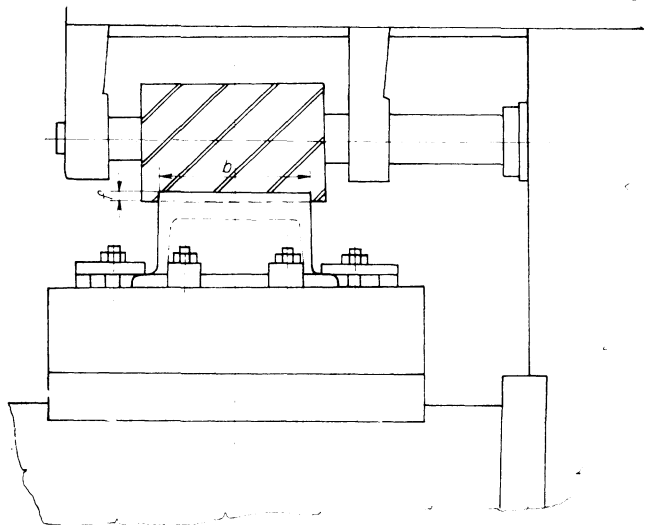
Kiindulási adatok. A munkadarab üreges öntvényből készült alapot, amelynek a felső részén 100×250 mm-es felületet kell 8 mm fogásmélységgel lemunkálnunk (213. ábra). Erre a célra előző marógépünk kis teljesítménye miatt nem gazdaságos, ezért a rendelkezésünkre álló UF 24 típusú marógépet használunk. A maróorsó hajtómotor-teljesítménye 10 kW, az asztalt külön 2,2 kW teljesítményű motor működteti. A gördülőcsapágyas sebességváltómű lehetővé teszi, hogy 85% mechanikai hatásfokkal számoljunk, így forgácsolásra 8,5 kW teljesítmény áll rendelkezésünkre.

A maróorsó 20 fordulatszámra állítható be: 19, 23, 30, 37, 47, 60, 75, 118, 150, 190, 235, 300, 375, 475, 600, 750, 950, 1180 és 1500.

Az asztal hossz- és keresztelőtölésai: $v_e = 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 320, 400$ és 500 mm/min.

Az asztal függőleges előtölása a hosszeltölések fele. A gyorsmenet 1000 mm/min.

Az öntvény kérges, hazai minőségű, amelyet majd a gazdaságos forgácsolósebesség megválasztásakor figyelembe kell vennünk.



213. ábra. Öntöttvas palástmarása gyorsacél szerszámmal

A 8.5.2. pont (2) bekezdésében foglalkoztunk öntöttvas palástmarásával gyorsacél szerszámmal. A hátkopás okozta teljesítménynövekedést figyelembe véve, a teljesítmény kihasználásával a 188. diagramból kaphatjuk meg a h'_k tényleges közepes forgácsvastagságot.

A szerszám kiválasztásának alapvető szempontja megint csak az, hogy a rendelkezésre álló szabványos marók közül melyik maró kapcsolási tényező a legkedvezőbb $b = 100$ mm marási szélesség esetén.

A 23. táblázatban az MSZ 3845 típusú kis ferdeségű maró kapcsolási tényezője a 24. táblázat adatai szerint $b = 100$ mm marási szélességre $\psi = 2,03$, $D = 80$ mm-nél ez a legkedvezőbb. A maró szélességét $L = 125$ mm-re kell választanunk. A fogferdeség $\omega = 20^\circ$.

A forgácsolósebességet a 12. táblázat alapján $v_g = 10 \dots 16$ m/min-ra kell választanunk. A nagy teljesítményhez nagy fogankénti előtölés tartozik, ezért a kisebb értéket célszerű venni. Az öntvény kérges állapotára való tekintettel a 15. táblázat szerint $K_{nv} = 0,8$ tényezőt kell alkalmaznunk. Ezért a $v_g = 10 \cdot 0,8 = 8$ m/min a helyesen választott forgácsolósebesség. Ennek megfelelő fordulatszám

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 8}{3,14 \cdot 8} = 31,8/\text{min}.$$

Gépünkön 30 és 37 fordulatok közül választhatunk. Mivel 37/min-nél már $v = 9,3$ m/min értéket kapunk, a 30/min fordulatot választjuk, amelyhez $v_g = 7,55$ m/min tartozik.

A megengedett legnagyobb hátkopást a 6. táblázat alapján $\Delta = 0,5$ mm-re választjuk. A maró fogszáma a 23. táblázat szerint $z = 14$.

Az előtölés kiszámítása. Ezzel már minden adat rendelkezésünkre áll, hogy a 188. diagramhoz a szükséges C értéket kiszámíthassuk. A $C_{\text{öa}} = 45\,300$ értékét a 8.5.2. pont (2) bekezdése alapján vesszük fel.

$$C = \frac{45\,300 P_m \eta \cos \omega \sqrt{\frac{f}{D} - \frac{f^2}{D^2}}}{bfnz}$$

a $\cos \omega \sqrt{\frac{f}{D} - \frac{f^2}{D^2}}$ értékét a 22. táblázatban találjuk. $f = 8$ mm, $D = 80$ mm

és $\cos 20^\circ$ értékeknél 0,282 lesz.

$$C = \frac{45\,300 \cdot 10 \cdot 0,85 \cdot 0,282}{100 \cdot 8 \cdot 30 \cdot 14} = 0,325.$$

Ennek az értéknek a 188. diagramon $\Delta = 0,5$ mm görbén $h'_k = 0,07$ mm felel meg. Ebből az (5.7) és (5.38) képlet segítségével megkapjuk az e_1 fogankénti előtölést, amelyből számítható a v_e értéke.

$$e_1 = \frac{h'_k}{\cos \omega \sqrt{\frac{f}{D} - \frac{f^2}{D^2}}} = \frac{0,07}{0,282} = 0,248 \text{ mm};$$

$$v_e = e_1 n z = 0,248 \cdot 30 \cdot 14 = 104 \text{ mm/min}.$$

Marógépünkön az ehhez legközelebbi állítható érték $v_e = 100$ mm/min. Ennek megfelelően helyesbítve $h'_k = 0,0673$ mm; $e_1 = 0,238$ mm/fog.

Mín arról már szó volt, ha az előtölést már kezdetben a kopott

szerszám teljesítményfelvételére állítjuk be, akkor kezdetben az éles szerszámnál nem használjuk ki a rendelkezésünkre álló teljesítményt. Ezért kezdetben nagyobb előtolást állíthatunk be.

A 188. diagram a megengedett $\Delta=0,5$ mm-en kívül csak 0,25 mm-re mint kisebb értékre ad értéket. Viszont, ha az előtolást három fokozatban kívánjuk beállítani a hátkopás mértékének megfelelően, akkor $\Delta=0,17$ mm értékére van szükségünk. Interpolálással $h'_k=0,17$ mm értéket vehetünk fel. $\Delta=0,25$ -nek $h'_k=0,135$ mm felel meg, míg a teljesen éles szerszámnak a $h'_k^{0,741}$ vonalon, tehát $\Delta=0$ értékénél $h'_k=0,22$ mm.

Ez utóbbi értékhez meghatározzuk az előtolás v_e értékét, egyszerű arányossággal: $0,22/0,0673=3,25$, tehát $100 \cdot 3,25=325$ mm/min. Marógépünkön 320 mm/min előtolás állítható, de az teljesen éles szerszámra vonatkozik, ezért eggyel kisebb beállítható értéket, 250 mm/min-t állítunk be.

A megengedett legnagyobb hátkopás a $\Delta=0,17$, ill. a tényleges közepek forgácsvastagság $h'_k=0,17$ mm szerint: $0,17/0,0673=2,53$. Ennek megfelelő előtolás tehát $v_e=100 \cdot 2,53=253$ mm/min. A beállítható $v_e=250$ mm/min és a teljes hátkopásnak megfelelő $v_e=100$ mm/min előtolás között marógépünkön még három, 200, 160 és 125 mm/min előtolást állíthatunk be, így 5 előtolási fokozattal dolgozhatunk. $480/5=96$ perces gépi idő után kell átkapcsolnunk eggyel kisebb előtolás-fokozatra.

Ha a teljes 480 perc éltartam alatt 100 mm/min előtolással dolgozunk, akkor ez idő alatt 48 000 mm hosszat tudunk marni. De ha öt lépcsőben dolgozunk:

$$\begin{array}{l} 96 \cdot 250 = 24\ 000 \\ 96 \cdot 200 = 19\ 200 \\ 96 \cdot 160 = 15\ 300 \\ 96 \cdot 125 = 12\ 000 \\ 96 \cdot 100 = 9\ 600 \\ \hline \text{összesen } 80\ 100 \text{ mm} \end{array}$$

hosszat munkálhatunk meg a 480 perc éltartam alatt. Ez 66,5% többlet-teljesítményt jelent, ami már megéri azt a fáradságot, hogy óránként ellenőrizzük pl. Brinell-nagyítóval a hátkopás előrehaladását és annak megfelelően kapcsolunk át egy fokozattal kisebb előtolási sebességre.

Az acél marásához viszonyítva, öntöttvasnál ezért jelentősebb a termelékenységnövekedés fokozatos előtolással, mert az öntöttvasnak a koptató hatása nagyobb, mint az acélé. Ezt pedig marógépünk öt előtolási fokozatával, amely a kezdeti éles és a végső megengedett hátkopás között van, jól kihasználhatjuk.

Ha marógépünk hajtómotorjának áramkörébe wattmérőt vagy ampermérőt iktatunk be, akkor nincs szükség a hátkopás előrehaladásának a megfigyelésére, mert a műszerek mutatják a hajtómotor terhelését és ha az a megengedett értéket elérte, átkapcsolhatunk eggyel kisebb fokozatra. Ez az *adaptív kontrollnak* a legegyszerűbb módja.

A további fejlesztése arra irányul, hogy ha a hajtómotor elérte a megengedett terhelés felső határát, a gép leáll. A továbbfejlesztett megoldás, amely már az automatizáció fokozata, a megengedett terheléskor önműködően átkapcsol a kisebb előtolási fokozatra. Ez utóbbinak a másik változata, amelyet már előzőleg említettünk, hogy fokozat nélküli előtoló berendezéssel mindig a terhelésnek megfelelő előtolást állít be önműködően a gép.

A munkadarab felfogása és a szerszám befogása a 213. ábrán látható. A munkadarab peremes öntvény, amelyet szorítóvasként rögzítünk a marógép asztalán, de a fellépő nagy maróerő miatt ütközőket is kell alkalmazni az előtolási erővel szemben.

A marót ez esetben is a lehető legrövidebben fogjuk a tuskére, és a túske külső csapágyazását is a maróhoz a lehető legközelebbre állítjuk. Ez igen fontos a berezgés elkerülése céljából, mert így a legmerevebb a szerszám.

Ellenőrizzük, milyen mértékben használtuk ki marógépünk teljesítményét. Az ellenőrzést először a $v_e=100$ mm/min előtolásra végezzük el, amikor a teljes megengedett hátkopás okozta teljesítménynövekedést figyelembe vettük. De a számítást majd az éles szerszámra is elvégezzük, hogy lássuk, kezdetben milyen mértékben használtuk ki a hajtómotor teljesítményét.

Az ellenőrzéshez a forgácsívszögből a forgácsívhosszat kell kiszámítanunk a felszög (5.9) képletével

$$\sin \varphi/2 = \sqrt{\frac{f}{D}} = \sqrt{\frac{8}{80}} = 0,316; \quad \varphi/2 = 18,4^\circ; \quad \varphi = 36,8^\circ.$$

Ebből a forgácsívhossz

$$s = \frac{\pi D \varphi}{360} = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 36,8}{360} = 25,6 \text{ mm};$$

$$h_k = e_1 \sqrt{\frac{f}{D_1} - \frac{f^2}{D^2}} = 0,238 \cdot 0,3 = 0,0714 \text{ mm}.$$

(A négyzetgyök alatti értéket a 22. táblázatból vettük.) Kikeressük a $h'_k=0,0673$ mm-nek megfelelő fajlagos forgácsolási ellenállás értékét a 126. diagramon az öntöttvas minőségének megfelelő

$$k = \frac{135}{h_k^{0,259}} \text{ kp/mm}^2$$

vonalán: $k = 265 \text{ kp/mm}^2$.

$$F'_k = \psi k s \text{ ctg } \omega h_k = 2,03 \cdot 265 \cdot 25,6 \cdot 2,75 \cdot 0,0714 = 2700 \text{ kp}$$

(mert a maró ferdeségi szöge $\text{ctg } 20^\circ = 2,75$).

$$P_f = \frac{F'_k v}{6120} = \frac{2700 \cdot 7,55}{6120} = 3,33 \text{ kW.}$$

Látható, ha rögtön a megengedett hátkopás által megnövekedett teljesítményre állítjuk be az előtolási sebességet, akkor a 8,5 kW forgácsolásra fordítható teljesítménynek csak a 39,2%-át használjuk ki. Ez rámutat arra, hogy öntöttvas marásakor mennyire indokolt az előtolás lépcsőzetes beállítása a termelékenység növelése érdekében.

Az első előtolási fokozatban $v_e = 250 \text{ mm/min}$ esetén $h'_k = 0,168 \text{ mm}$, amelyhez a 132. diagram szerint $k = 205 \text{ kp/mm}^2$ tartozik. A $h_k = 0,179 \text{ mm}$, amely értékekből

$$F'_k = 2,03 \cdot 205 \cdot 25,6 \cdot 2,75 \cdot 0,179 = 5250 \text{ kp,}$$

és

$$P_f = \frac{5250 \cdot 7,55}{6120} = 5,94 \text{ kW.}$$

(Ellenőrizzük a gépkönyv alapján, hogy a marógép az 5250 kp terhelést bírja-e?)

Vagyis az első legnagyobb előtolási sebességgel $v_e = 250 \text{ mm/min}$ -mal az éles szerszám csak 70%-ra terheli a motort, tehát van tartalék a hátkopás-növekedés okozta teljesítmény-többletre, amíg átkapcsolunk az eggyel kisebb $v_e = 200 \text{ mm/min}$ sebességre.

Természetesen itt is figyelemmel kísérjük, hogy a kezdeti induló előtolási sebesség esetén nem lép-e fel csattogás, mert ilyenkor az előtolási sebességet vissza kell venni.

A gépi idő kiszámítása. A munkadarab zavartalan felfogása végett $s_{gy} = 250 \text{ mm}$ -re kell a maróval a munkadarabtól eltávolodni, gyorsmenettel. Nagyobb átmérőjű maróval dolgozunk, ezért az s_b biztonságos megközelítő távolságot 10 mm-re vesszük. Az s_r ráfutási távolság a (9.1) képlet szerint:

$$s_r = \frac{f}{\text{tg } \varphi/2} = \frac{8}{0,333} = 24 \text{ mm}$$

($\varphi/2 = 18,4^\circ$ -ot előzőleg már kiszámítottuk).

Ezzel

$$s_{\text{ö}} = s_{gy} + s_b + s_r + L + 1.$$

Marógépünk gyorsmenete 1000 mm/min, és így minden esetben az $s_{gy} = 250 \text{ mm}$ gépi ideje 0,25 perc. A további utakat már a választott v_e munkasebességgel kell számítani:

$$s_m = s_b + s_r + L + 1 = 10 + 24 + 250 + 1 = 285 \text{ mm.}$$

A kezdeti $v_e = 250 \text{ mm/min}$ előtolási sebességgel számítva ez 1,14 perc, amely a gyors megközelítéssel együtt 1,39 percet ad.

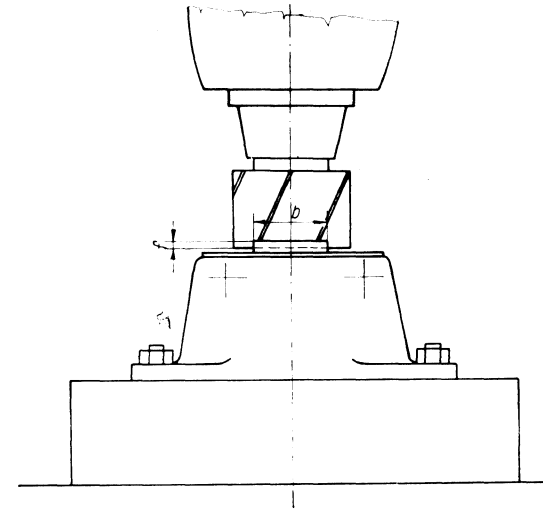
A legutolsó szakaszban, amikor már $v_e = 100 \text{ mm/min}$ előtolási sebességgel dolgozunk: $2,85 + 0,25 = 3,10$ percre növekszik a gépi idő, tehát több mint a kétszeresére. Ez, mint már előzőleg kifejtettük, az öntöttvas nagymértékű koptató hatásának a terhére írható.

Ebből azt a tanulságot kell levonni, hogy öntöttvas megmunkálása-kor nem érdemes nagyobb mérvű hátkopást megengedni, mert ez igen nagy mértékben növeli a teljesítményt és a forgácsolóerőt, emiatt pedig az előtolást olyan nagy mértékben kell visszavenni, ami a termelékenységet lényegesen csökkenti.

10.2. Homlokmarás gyorsacél szerszámmal

10.2.1. Acél homlokmarása gyorsacél szerszámmal

Homlokmarásra a palástmaráshoz használt ME 250—01 egytetemes marógéphez hasonló függőleges MF 250—01 marógépet választjuk (214. ábra). A példa során összehasonlítjuk a palástmarás és homlok-



214. ábra. Acél homlokmarása gyorsacél szerszámmal

marás termelékenységét is, ezért a munkadarab anyagának ugyancsak $\sigma_B = 60 \text{ kp/mm}^2$ szakítószilárdságú acélt választunk. A marási szélesség $b = 40 \text{ mm}$, a fogásmélység $f = 4 \text{ mm}$, a marási hossz $L = 100 \text{ mm}$.

Az MF 250—01 függőleges marógépen ugyanazok a maróorsó-fordulatszámok állíthatók, mint az ME 250—01 egytetemes marógépen: 45, 56, 71, 90, 112, 140, 180, 224, 280, 335, 450, 500, 710, 900, 1120, 1400, 1800 és 2240.

Az asztal hossz- és keresztelölások száma: 15; $v_e = 20, 25, 31, 38, 48, 60, 75, 93, 114, 142, 176, 218, 270, 335, 410$ és 500.

A függőleges előtolások száma ugyancsak 15, de értékeik a fentieknek a fele.

A gyorsmenet, mint az ME 250—01 gépnél: 2000 mm/min.

A 8.5.2. pont (3) bekezdésében részletesen foglalkoztunk acél munkadarab homlokmarásával gyorsacél szerszámmal, figyelembe véve a szerszám hátkopás okozta teljesítménynövekedését. A 190. diagramról leolvasható a marógép teljesítmény kihasználásának a függvényében a h'_k tényleges közepes forgácsvastagság értéke, miután a rendelkezésre álló adatokból a C értékét kiszámítottuk:

$$C = \frac{C_{ah} 114 500 P_m \eta \sin \kappa \cos \gamma_t}{f n z D (\varphi_1 + \varphi_2)}$$

A $\sigma_B = 60 \text{ kp/mm}^2$ szakítószilárdságú acélra homlokmaráskor a (8.49) képlet szerint:

$$k = \frac{190}{h_k'^{0,242}} \text{ kp/mm}^2$$

és

$$V_f = 32,2 h_k'^{0,242} \text{ cm}^3/\text{kW min.}$$

A V_f képletében a megadott szilárdságú acélra $C_{ah} = 32,2$, erre a C értékének a kiszámításához szükségünk van. A függőleges marógép teljesítménye $P_m = 3 \text{ kW}$, hatásfoka $\eta = 0,85$, mint az egytetemes marógépé.

A megengedett legnagyobb hátkopás értékét homlokmaráskor $\Delta = 1 \text{ mm}$ -nek vesszük, mert ilyenkor általában vastagabb forgáccsal dolgozunk, mint palástmaráskor. Vastagabb forgácsnál kisebb a hátkopás okozta teljesítménynövekedés, mint vékonyabb forgács esetén, mint ez a 6. táblázatból látható.

A szerszám kiválasztásakor $D:b = 1,5$ kedvező arányt igyekezzünk betartani. Ennek megfelel a szabványos MSZ 8503—52 marófej tengelyirányú sima gyorsacél betétkéssel, fogferdeség $\omega = 10^\circ$, $D = 80 \text{ mm}$ és $z = 6$. A gazdaságos forgácsolósebesség a 12. táblázat adatai szerint homlokmarásra A60 acélhoz $v_g = 16 \dots 24 \text{ m/min}$. Ha $v_g = 20 \text{ m/min}$

sebességet választjuk első megközelítésre, a maró fordulatszáma:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{20 000}{3,14 \cdot 80} = 79,8/\text{min.}$$

Marógépünkön 70 és 90 az állítható fordulatszám; a 70-et választjuk, amelynek $v_g = 17,6 \text{ m/min}$ felel meg.

φ_1 és φ_2 meghatározása. Ha a maró forgástengelyét a b marási szélesség közepére állítjuk be, akkor $\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi$, és

$$\sin \varphi = \frac{b}{D} = \frac{40}{80} = 0,5; \quad \varphi = 30^\circ; \quad \varphi_1 + \varphi_2 = 60^\circ.$$

Most már minden adat rendelkezésünkre áll a C érték kiszámítására. $\cos \gamma_t = \cos \omega = 0,985$, melyet elhanyagolhatunk, így

$$C = \frac{32,2 \cdot 114 500 \cdot 3 \cdot 0,85}{4 \cdot 70 \cdot 80 \cdot 60 \cdot 6} = 1,165.$$

Ez olyan nagy C érték, hogy már nem is szerepel a 193. diagramon, mert ennek már a $\Delta = 1 \text{ mm}$ vonalán is $h'_k = 0,7 \text{ mm}$ felelne meg, ami nem kívánatos érték.

Homlokmaráskor a szerszámot nem lehet olyan egyértelműen kiválasztani, mint palástmaráskor a kapcsolási tényező és a marási szélesség közötti összefüggés alapján. A próbálgatást ebben az esetben nem lehet elkerülni.

Ha a C összetételét vizsgáljuk, azt látjuk, hogy a számlálót meghatározza az anyag minősége, a gép teljesítménye és a szerszám, amelyeken nem tudunk változtatni. A nevezőben egyedül az f fogásmélység adott, a többi érték a választott szerszámtól függ. A D maróátmérő és az n fordulatszám azonban bizonyos mértékig kötött, mert ezeket a v forgácsolósebesség határozza meg. Ha a D maróátmérőt kicsire választjuk, akkor a 2φ forgácsívszög megnövekszik. Ez azért előnyös, mert a Dn szorzat, amelyet a forgácsolósebesség állandó értéken tart, a nevező értékét növeli. Ugyancsak növekszik a nevező értéke, ha nagyobb a z fogszám.

A számlálót csak úgy tudjuk csökkenteni, ha másik szerszámot választunk, amelynek nagyobb fogferdesége révén a $\cos \omega$ csökken. (Előző számításunkban elhanyagoltuk a fog ferdeségét, mert γ_t , mely megfelel az ω -nak, csak 10° és $\cos 10^\circ = 0,985$, tehát csak 1,5% hibát okoz.)

Az eddigi felvételünkben a nevező értéke a fogásmélység nélkül

$$n z D^2 \varphi = 70 \cdot 6 \cdot 80 \cdot 60 = 202 000,$$

tehát ha a 193. diagram szerint kedvező $0,2...0,3h'_k$ értékkel akarunk dolgozni, akkor a $\Delta=1$ mm vonal szerint $C=0,44...0,6$ közötti értéket kell elérnünk.

Az MSZ 8503—52 szabvány szerinti betétfogó marók csak nagyobb átmérővel, 100, 125 stb. készülnek, a fogszámuk is kicsi, így ezek között nem találunk megfelelő szerszámot. Ezért az MSZ 3852—58 martfogazású homlokmaróval próbálkozunk. Ennél az állítható fordulatszámot $n=112/\text{min}$ -re választjuk, $D=63$ mm, $z=12$ és $\omega=20^\circ$ adatokkal. Ekkor $2\varphi=79^\circ$ és így $C=0,331$.

Ez az érték nem kedvező, azon kívül a fogak nagyolásához sűrűk is. Ha ebben a változatban volna $z=10$ változat, $C=0,396$ lenne, de $z=8$ -nál $C=0,496$ igen kedvező értéket kaphatnánk.

A szabványos kivitelű maróknál most már nincs más kedvező választás, mint az MSZ 3854—58 martfogazású kis fogferdeségű $\omega=25^\circ$ könnyűfém homlokmaró, amely $\gamma_n=25^\circ$ homlokszögével a választott $\sigma_B=60$ kp/mm² szakítószilárdságú acélnak a végzett kísérletek tapasztalatai alapján megfelel. Ennél az eltérés az MSZ 3852—58 maróhoz képest $z=6$ és $\omega=25^\circ$.

$$C = \frac{C_{ah} 114 500 P_m \eta \cos \omega}{f_n z D (\varphi_1 + \varphi_2)} = \frac{32,2 \cdot 114 500 \cdot 3 \cdot 0,85 \cdot 0,906}{4 \cdot 112 \cdot 6 \cdot 63 \cdot 79} = 0,638$$

Ez csak valamivel nagyobb, mint a kívánatos érték felső határa, $C=0,6$.

A 190. diagramban $C=0,638$ értéknek a $\Delta=1$ mm vonalon $h'_k=0,37$ mm felel meg. Ebből

$$h_k = \frac{h'_k}{\cos \omega} = \frac{0,37}{0,906} = 0,408 \text{ mm.}$$

Az e_1 fogankénti előtolás:

$$e_1 = \frac{h_k \pi D (\varphi_1 + \varphi_2)}{b 360} = \frac{0,408 \cdot 3,14 \cdot 63 \cdot 79}{4 \cdot 360} = 0,443 \text{ mm.}$$

$v_e = e_1 n z = 0,443 \cdot 112 \cdot 6 = 298$ mm/min, a marógépünkön beállítható $v_e = 270$ mm/min. Az eltérés olyan csekély, hogy nem érdemes a h'_k , h_k és e_1 értékeit helyesbíteni.

A 189. diagramban $h'_k=0,37$ mm-nek megfelel $k=230$ kp/mm². Éles szerszámhoz a $C=0,638$ értékhez a $h'_k^{0,758}$ vonalon a 190. diagramban $h'_k=0,53$ mm értéket kapunk. Ehhez arányossági alapon az éles szerszámhoz $v_e=398$ mm/min érték tartozik.

A $h'_k=0,53$ mm-hez a 189. diagram szerint $k=220$ kp/mm² értéket kapunk.

Ellenőrizzük a motorteljesítmény kihasználását a legegyszerűbb (1.8) képlettel, amelyhez csak a percnként leforgácsolt anyagterfogat kell:

$$V = \frac{v_e f b}{1000} = \frac{270 \cdot 4 \cdot 40}{1000} = 43,2 \text{ cm}^3/\text{min};$$

$$P_f = \frac{kV}{6120} = \frac{230 \cdot 43,2}{6120} = 1,62 \text{ kW,}$$

amely a rendelkezésre álló 2,55 kW-nak 63,5%-a.

Éles szerszám esetén $V=63,8$ cm³/min, amelyhez

$$P_f = \frac{220 \cdot 62,8}{6120} = 2,3 \text{ kW,}$$

tehát még nem használtuk ki teljesen a 2,55 kW-ot.

Egyrészt emiatt, másrészt mert a könnyűfém marónk homlokszöge $\gamma_n=25^\circ$, ami a teljesítményt csökkenti, viszont az éltartamot növeli a 181. ábra tanúsága szerint, lépcsős előtolásos marásnál az első 160 percre $v_e=410$ mm/min értéket állíthatunk be a számított 398 mm/min helyett, míg a másodikra $v_e=335$ mm/min-t. Ezt még alátámasztja az a körülmény is, hogy $\Delta=1$ mm értéket vettünk fel.

Ezek eredményeként a $T=480$ perces éltartam alatt a leforgácsolható hossz:

$$160 \cdot 410 = 65 600$$

$$160 \cdot 335 = 53 600$$

$$160 \cdot 270 = 43 200$$

$$\text{összesen } 162 400 \text{ mm.}$$

Ha ezt összehasonlítjuk az acél palástmarásakor kapott 131 200 mm értékkel, láthatjuk, hogy 24%-kal többet tudunk ugyanolyan körülmények között leforgácsolni homlokmarással, mint palástmarással. Ehhez hozzájárul az a körülmény is, hogy homlokmaráskor $v=21,8$ m/min forgácsolósebességgel dolgozhatunk, míg palástmaráskor csak $v=17,6$ m/min-nel.

Természetesen itt is érvényes a lépcsős előtolású marásra vonatkozó előírás, hogy a hátkopás előrehaladását figyelemmel kell kísérni, és az átkapcsolást annak megfelelően végrehajtani.

Ezt most is megkönnyíti a hajtómotor áramkörébe kapcsolt műszer vagy az adaptív kontroll alkalmazása, amennyiben olyan marógéppel dolgozunk, amelynek

fokozatnélküli előtoló berendezése van, akkor az előtolást megfelelő automatikus berendezéssel a felvett teljesítmény arányában lehet beállítani.

Ez már nem lépcsős előtolású, hanem a felvett teljesítmény szerint a hátkopás következtében megnövekedő teljesítmény miatt fokozatosan lassuló előtolású, de legnagyobb teljesítményt elérő módszer.

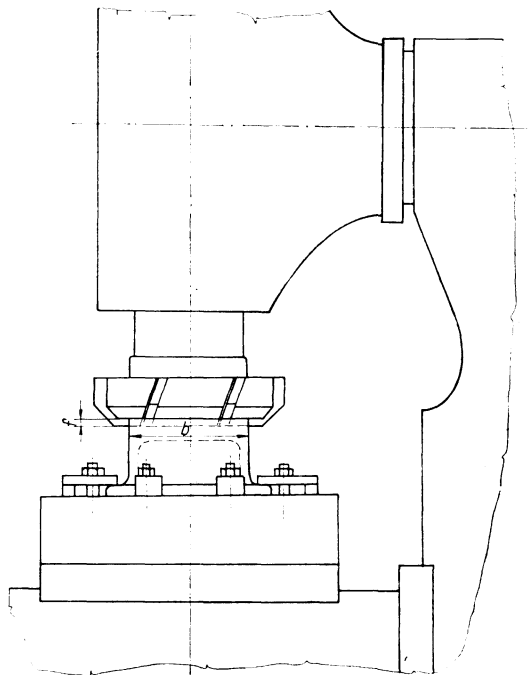
10.2.2. Öntöttvas homlokmarása gyorsacél szerszámmal

E példában ugyancsak a nagyobb teljesítményű marógépen dolgozunk, ugyanazt az öntöttvas munkadarabot munkáljuk meg, mint a palástmarási példában (215. ábra).

Marási szélesség $b=100$ mm; hosszúság 250 mm.

A VF 24 típusú függőleges marógépünk hajtómotorja 10 kW teljesítményű és a gördülőcsapágyazású hajtómű hatásfokát $\eta=0,85$ -re vehetjük fel, vagyis forgácsolásra 8,5 kW teljesítmény áll rendelkezésünkre.

A beállítható főorsó-fordulatszámok: $n=19, 23, 30, 37, 47, 60, 75, 95, 118, 150, 190, 235, 300, 375, 475, 600, 750, 950, 1180$ és 1500.



215. ábra. Öntöttvas homlokmarása gyorsacél szerszámmal

A beállítható előtolás: $v_e=16, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 320, 400$ és 500.

A gyorsmenet 1000 mm/min.

Az öntöttvas homlokmarásakor nem teszünk különbséget a h'_k tényleges közepes forgácsvastagság és a hozzá tartozó k fajlagos forgácsolási ellenállás számítása között, így ugyanazt a (8.46) képletet használjuk, mint palástmarásakor.

Az itteni összefüggéseket már a 8.5.2. pont (4) bekezdésében részletesen tárgyaltuk, amikor a hátkopás okozta teljesítménynövekedést figyelembe vettük a h'_k tényleges közepes forgácsvastagság meghatározásakor. Ez esetben figyelembe kellett venni az öntöttvas erősebb kopató hatását az (5.74) képlet alapján. Ezért az idézett összefüggésünk bal oldala megváltozott az acél homlokmarásához viszonyítva. A jobb oldalon természetesen csak az a különbség, hogy az acélra érvényes C_{ah} érték helyett most az öntöttvasra érvényes $C_{öh}=45,3$ értéket kell behelyettesíteni.

A fogásmélység $f=8$ mm; a megengedett legnagyobb hátkopás értékét öntöttvas nagyoló homlokmarásakor $\Delta=1$ mm-re vesszük a 6. táblázatból. A forgácsolósebességet a 12. táblázat alapján $v_g=12 \dots 15$ m/min között $v=12$ m/min-re választjuk, amelyet még az öntvény kérges állapotára való tekintettel a 15. táblázat szerint $K_{nv}=0,8$ tényezővel szorzunk: $v_g=12 \cdot 0,8=9,6$ m/min.

A szerszám megválasztásához a C értéknek a számlálóját kell először meghatároznunk, és annak megfelelően kell a maró adatai alapján a nevezőt hozzáigazítanunk. A 188. diagram szerint ugyanis $h'_k=0,3 \dots 0,5$, melynek a $\Delta=1$ mm vonala $C=0,8 \dots 1$ értéket mutat.

Az MSZ 8503—52 marófejet gyorsacél betétkéssel $\omega=10^\circ$ a 33. táblázat adatai szerint csak $D=160$ és 125 mm között választhatjuk. Az utóbbi t $f_{q,oszt}$ kisebb $z=10$ -nél, azon kívül a kisebb átmérőhöz nagyobb fordulatszám kell, így a nevezőben nagyobb, tehát kedvezőbb értéket kapunk. Ez esetben kétséges, hogy ki tudjuk-e használni marógépünk teljesítményét.

$$C = \frac{C_{öh} 114 500 P_m \eta \sin \kappa \cos \omega}{f n z D (\varphi_1 + \varphi_2)} =$$

$$= \frac{45,3 \cdot 114 500 \cdot 10 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 0,985}{8 \cdot 23 \cdot 10 \cdot 125 \cdot 106,4} = \frac{43 400 000}{24 500 000} = 1,77.$$

Ez a 188. ábra szerint olyan nagy érték, hogy a hozzá tartozó h'_k értéke túllépné még az 1 mm-t is, s ennek fokozott élvonalterhelés lenne a következménye. Ezen úgy segíthetünk például, hogy a betétkéseket R2 acélból készítjük, amely lehetővé teszi, hogy a forgácsoló-

sebességet növeljük, és egy fokozattal nagyobb fordulatszámot $n=30/\text{min}$ -t állítsunk be. Ezzel a C értékét 1,36-ra szorítottuk le. Ez esetben még mindig túl nagy h'_k értéket kapunk. Így tudomásul kell vennünk, hogy a rendelkezésünkre álló gyorsacél szabványos maróval nem tudjuk marógépünk teljesítményét kihasználni.

Ezzel szemben tömeggyártás esetén ilyenkor a szabványtól eltérő kisebb κ elhelyezési szögű marókat készítsünk, hogy az élvonalterhelést csökkentjük. (Mint a 33. táblázatból látható, a szabványos maró elhelyezési szöge $\kappa=90^\circ$, amelynek szinusza = 1.)

Ha a nem szabványos homlokmaró betétkéseit úgy alakítjuk ki, hogy $\kappa=45^\circ$ legyen, akkor $f=8$ mm fogásmélység esetén a fogásban levő élvonalat $f:\sin 45^\circ=8:0,707=11,3$ mm-re hosszabbítottuk meg, és ilyen mértékben csökken a h'_k értéke is. Ekkor a C számlálója módosul, mert $43\,400\,000 \cdot 0,707=30\,700\,000$, amelynek már $C=0,964$ felel meg. Ezzel a szerszámmal tehát kihasználhatjuk marógépünk teljesítményét.

Erre az esetre három változatot vizsgálunk meg.

Az első változatnak vegyük fel a $h'_k=0,4$ mm értékét. Ez esetben $h_n=e_1 \approx 0,5$ mm, ezért a betétkés terhelése olyan esztergakés terhelésének felel meg, amely $\kappa=90^\circ$ esetén $f=8$ mm fogásmélységgel és $e_1=0,5$ mm/ford előtolással dolgozik.

Ugyanis

$$h_k = \frac{h'_k}{\cos \omega} = \frac{0,4}{\cos 10^\circ} = \frac{0,4}{0,985} = 0,406 \text{ mm};$$

$$e_1 = \frac{h_k \pi D_2 \varphi}{b \cdot 360} = \frac{0,408 \cdot 3,14 \cdot 125 \cdot 106,4}{100 \cdot 360} = 0,47 \text{ mm/fog.}$$

A maró forgástengelyét a munkadarab középtengelyébe állítjuk, ezáltal $\varphi_1 + \varphi_2 = 2\varphi$. A kiszámított és megadott adatokból az előtolási sebesség

$$v_e = e_1 n z = 0,47 \cdot 30 \cdot 10 = 141 \text{ mm/min.}$$

Marógépünkön 125 és 160 mm/min beállítható értékek között kell választani. Mivel a marógépet úgysem terheltük meg egészen, a nagyobb 160 mm/min értéket választjuk. Ehhez kell most helyesbíteniünk az előbbi értékeket, egyszerűen arányossági alapon.

$h'_k=0,455$ mm; $e_1=0,533$ mm/fog. Ezekkel ellenőrizzük az éles szerszámmal felvett teljesítménykihasználást az (1.8) képlet alapján. Ehhez csak a h'_k értékéhez tartozó fajlagos forgácsolási ellenállást kell meghatározniunk, amely a 132. diagramon az öntöttvas minőségünk vonalán leolvastva $k=167$ kp/mm². Szükségünk van még a V percen-

ként lemunkált anyagterfogatra:

$$V = \frac{v_e b f}{1000} = \frac{160 \cdot 100 \cdot 8}{1000} = 128 \text{ cm}^3/\text{min};$$

Az (1.8) képlettel így

$$P_f = \frac{kV}{6120} = \frac{167 \cdot 128}{6120} = 3,5 \text{ kW},$$

amely a rendelkezésünkre álló 8,5 kW-nak 41,2%-a.

Ez természetesen a forgácsolóelek hátkopása következtében megnövekszik, de nem merítettük ki a $C=1,36$ értéknek megfelelő $h'_k=0,75$ mm értéket.

Ha felvesszük, hogy a $v_e=160$ mm/min előtolási sebességet a teljes 480 perces éltartam alatt fenntartjuk, akkor $480 \cdot 160=76\,800$ mm hosszát tudunk lemarni. Ezzel szemben az öntöttvas palástmaráskor (10.1.2. pont) öt előtolási fokozatban 250...100 mm/min beállításban marógépünk teljesítményének a kihasználásával 80 100 mm-t tudunk lemarni, ami 4,4%-kal több, mint homlokmarással. Ez esetben tehát a homlokmarás hátrányosabb a palástmarásnál, amelynek az az oka, hogy nem állt rendelkezésünkre megfelelő szerszám.

Második változat: Ha $D=125$ mm átmérőjű marónak $z=10$ helyett $z=14$ foga lenne, akkor $C=0,965$ értéke esetén ugyancsak $h'_k=0,455$ mm-t kapnánk. Ebből azonban az következne, hogy $V=128$ cm³/min helyett 40%-kal többet, $V=178$ cm³/min térfogatot kapnánk. Mivel a h'_k változatlan, így a k értéke sem változik, és a felvett teljesítmény ugyancsak 40%-kal, $P_f=4,9$ kW-ra növekszik.

Ekkor ha nem akarjuk túlterhelni a betétkéseket, és ezért nem alkalmazzuk a fokozatos előtolást, $480 \cdot 200=96\,000$ mm hosszát tudnánk lemarni, mely 21%-kal több, mint a palástmarással elért 80 100 mm.

Ezt az eredményt kizárólag a fogszám változtatásával értük el, mert sem a v forgácsolósebesség, ill. n fordulatszám nem változott, sem az egy fogra eső h'_k tényleges közepes forgácsvastagság.

Az előtolási sebesség megváltozott, mert a v_e a maró fogszámától is függ. A $z=10$ fogú maróhoz $v_e=160$ mm/min tartozott, de a $z=14$ fogúhoz 40%-kal nagyobb, tehát $v_e=224$ mm/min tartozik. Marógépünkön azonban csak 200 vagy 250 mm/min állítható, és mi a kisebb 200 mm/min-t állítottuk be. Ezzel a h'_k értékét is 0,455 mm-ről 200:224 arányban 0,406 mm-re csökkentettük. Így, ha fokozatos előtolást alkalmaznánk, a marási teljesítményt tovább növelhetnénk.

Ha csak az első 160 percben 250 mm/min előtolással dolgoznánk, és a további 320 percre meghagynánk a 200 mm/min előtolást, akkor

a 480 perces éltartam alatt 104 000 mm hosszat tudnánk lemarni. Ez 29%-kal több, mint a palástmarással elért érték.

Ebből azt a tanulságot kell levonni, hogy a homlokmarás, mivel nagyobb közepes forgácsvastagsággal dolgozik, mint a palástmarás, termelékenyebb a palástmarásnál. Ennek viszont gyakorlatban akadálya lehet az, hogy nem mindig áll rendelkezésre a megfelelő szerszám.

Harmadik változat, amikor a κ elhelyezési szöveget 90° -ról 45° -ra módosítva a közepes forgácsvastagságot csökkentettük. Ekkor is $C=0,964$ értéket sikerült elérnünk. Ez esetben a 188. diagramon a $\Delta=1$ mm vonalán $h'_k=0,33$ mm-t olvashatunk le. A számítás részletezése nélkül $h_k=0,467$ mm, $e_1=0,54$ mm/fog, amelyhez $v_e=160$ mm/min érték tartozik. Ez pedig ugyanaz az érték, amivel a $\kappa=90^\circ$ -os szerszámnál is számoltunk. Tehát ennél a kisebb h'_k értéknél a hátkopás okozta teljesítménynövekedés olyan mértékűt ér el, hogy a megengedett hátkopás elérésekor már teljesen kihasználja a rendelkezésre álló teljesítményt.

Éles szerszám esetén a 188. diagramon a $h_k^{0,741}$ vonalon $h'_k=0,95$ mm-t találunk a $C=0,964$ értéknél, amelynek $v_e=450$ mm/min előtolási sebesség felel meg, de marógépünkön csak 400 mm/min állítható be. Még ez is olyan nagy élvonal-terhelést ad, hogy fokozatos előtolás esetén is ajánlatos 320 mm/min értékkel kezdeni. Ekkor négy fokozattal dolgozhatunk:

$$\begin{aligned} 120 \cdot 320 &= 38\,400 \\ 120 \cdot 250 &= 30\,000 \\ 120 \cdot 200 &= 24\,000 \\ 120 \cdot 160 &= 19\,200 \end{aligned}$$

összesen 111 600 mm.

Tehát ezzel a módosított szerszámmal 39%-kal nagyobb marási hosszat érhetünk el, mint palástmarással.

Természetesen erre a szerszámra is érvényes, hogy a κ elhelyezési szög csökkentésével és a fogszám növelésével tovább növelhető a termelékenység.

A szabványos szerszámokkal kapcsolatos vizsgálataink azt igazolták, hogy bizonyos típusú homlokmarók fogszámát tanácsos növelni. Ezzel ugyanis növelhető a termelékenység anélkül, hogy az egyes fogakra eső terhelés nagyobb mértékben fokozódna. (A szabványok tervezésekor ezeket a vizsgálatokat még nem végezték el.)

10.3. Homlokmarás keményfém betétkéses marófejjel

10.3.1. Acél homlokmarása keményfém betétkéses marófejjel

A marófejbe a keményfémeket betétkés vagy váltólapka formájában fogják be. Olyan szerszám, amelynek acélszárára forrasztották a keményfém lapkát, ma már mind ritkábban látható.

Keményfém betétkéses homlokmarófejjel $\sigma_B=75$ kp/mm² szakítószilárdságú acélt marunk. A fogásmélységet $f=6$ mm-re, a marási szélességet $b=80$ mm-re választjuk (214. ábra).

Az előző példánkban is szereplő VF 24 függőleges marógépen dolgozunk. A hajtómotor teljesítménye 10 kW, és ez nagyobb méretű munkadarabok megmunkálására keményfémekkel aránylag kis teljesítmény.

A maróorsó beállítható fordulatszámait és az asztal előtolási sebességfokozatait az előző példában ismertettük.

A feladatot megnehezíti, hogy ez esetben a fajlagos forgácsolási ellenállás értéke nemcsak a forgácsvastagságtól, hanem még a forgácsolósebességtől is függ. Ezeket az összefüggéseket már az (5.58)...(5.61) képletek és a 129., 130. és 131. ábrák ismertetik.

A feladat elvi megoldásával már a 8.5.2. pont (5) bekezdésében részletesen foglalkoztunk:

$$h_k^{0,66} + (\Delta - 0,1)0,145h_k^{0,07} = \frac{C'_a P_m \eta \sin \kappa \cos \omega}{fz(\varphi_1 + \varphi_2)v^{0,75}}$$

A választott acélra ezen összefüggéshez a $C'_a=3510$ érték szerepel. *A megengedett legnagyobb hátkopás* értékét a 6. táblázat alapján $\Delta=1$ mm-nek választjuk. A v_g gazdaságos forgácsolósebességet a 12. táblázat P10 minőségű keményfémre $v_g=80\dots 120$ m/min-re adja meg a választott acélhoz.

Összefüggésünkben $v^{0,75}$ érték szerepel, amelyet a 216. ábráról kettős logaritmus skálán $v=30\dots 500$ m/min sebesség között leolvashatunk.

A szerszám kiválasztása. MSZ 8513—54 marófejet választunk sugárirányú sima keményfémleplek betétkéssel. További jellemzői: $\gamma_t = -7^\circ$, $\kappa=75^\circ$, $D=125$ mm, $z=6$.

Ezekkel határozzuk meg összefüggésünk jobb oldalát, amelyet C-vel jelölünk, és ehhez keressük ki a 191. diagramból — amely az összefüggés bal oldalának a grafikus megoldását adja — a $\Delta=1$ mm hátkopás vonalán a megfelelő h'_k értéket.

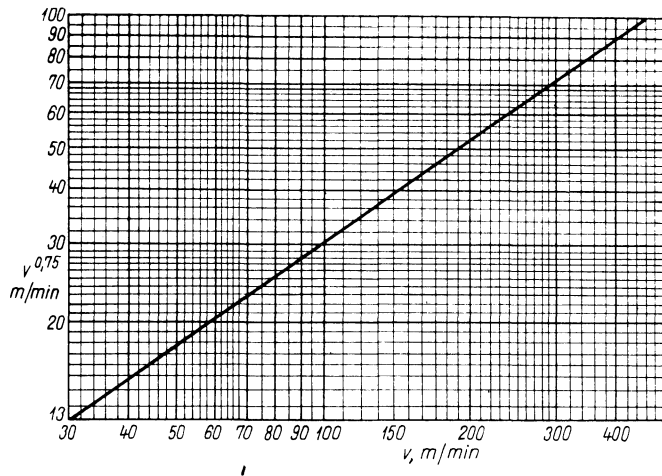
Továbbá $\sin 75^\circ=0,966$ és $\cos 7^\circ=0,993$. A maró forgástengelyét a munkadarab középvonalába állítjuk az asztal előtolása alatt, így

$$\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi \text{ (101. \acute{a}bra):}$$

$$\sin \varphi = \frac{b}{D} = \frac{8}{125} = 0,64; \quad \varphi = 39,8^\circ; \quad 2\varphi = 79,6^\circ.$$

A forgácsolósebességet $v=110$ m/min-re választjuk. Ennek megfelelő fordulatszám:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{110\,000}{3,14 \cdot 125} = 280/\text{min}.$$



216. \acute{a}bra. A v forgácsolósebesség $v^{0,75}$ \acute{e}rt\acute{e}keinek diagramja

A gépen 235 \acute{e}s 300 \acute{a}ll\acute{i}that\acute{o}. V\acute{a}lasszuk a 300 at. Ennek megfelel a 216. \acute{a}br\acute{a}n a $v^{0,75} = 35$. Teh\acute{a}t

$$C = \frac{3510 \cdot 10 \cdot 0,85 \cdot 0,966 \cdot 0,993}{6 \cdot 6 \cdot 79,6 \cdot 35} = 0,286.$$

Ehhez a 191. diagramban a $\Delta = 1$ mm vonal\acute{a}n $h'_k = 0,075$ mm \acute{e}rt\acute{e}k tartozik.

A fogank\acute{e}nti el\acute{o}tol\acute{a}st a h'_k -b\acute{o}l k\acute{o}zvetlen\acute{u}l is megkaphatjuk:

$$e_1 = \frac{h'_k \pi D^2 \varphi}{\sin \kappa \cos \omega b 360} = \frac{0,075 \cdot 3,14 \cdot 125 \cdot 79,6}{0,966 \cdot 0,993 \cdot 80 \cdot 360} = 0,0847 \text{ mm},$$

ebb\acute{o}l az el\acute{o}tol\acute{a}si sebess\acute{e}g:

$$v_c = e_1 n z = 0,0847 \cdot 300 \cdot 6 = 153 \text{ mm/min};$$

a mar\acute{o}g\acute{e}pen a hozz\acute{a} legk\acute{o}zelebb es\acute{o} 160 mm/min-t \acute{a}ll\acute{i}tjuk be. Az \acute{e}rt\acute{e}keket helyesb\acute{i}tve: $h'_k = 0,0814$ mm, $e_1 = 0,092$ mm/fog. A 132. diagramon hazai min\acute{o}s\acute{e}g\acute{u} \acute{o}nt\acute{o}ttvas esetén $h'_k = 0,0814$ mm-nek $k = 475$ kp/mm² fajlagos ellen\acute{a}ll\acute{a}s felel meg.

Ellen\acute{o}rizz\acute{u}k a teljes\acute{i}tm\acute{e}nykihaszn\acute{a}l\acute{a}st, kisz\acute{a}m\acute{i}tva a percenk\acute{e}nt leforg\acute{a}csolt anyagt\acute{e}rfogatot:

$$V = \frac{v_c f b}{1000} = \frac{160 \cdot 6 \cdot 80}{1000} = 76,8 \text{ cm}^3/\text{min}.$$

A forg\acute{a}csol\acute{a}si teljes\acute{i}tm\acute{e}ny az (1.8) k\acute{e}plet szerint:

$$P_f = \frac{kV}{6120} = \frac{475 \cdot 76,8}{6120} = 5,96 \text{ kW},$$

teh\acute{a}t a rendelkez\acute{e}s\acute{u}nkre \acute{a}ll\acute{o} 8,5 kW-nak a 70%-\acute{a}t használjuk ki, ha az el\acute{o}tol\acute{a}st m\acute{a}r kezdetben a h\acute{a}tkop\acute{a}s okozta teljes\acute{i}tm\acute{e}ny\acute{n}oveked\acute{e}s-nek megfelel\acute{o}en \acute{a}ll\acute{i}tjuk be.

Ellen\acute{o}rizz\acute{u}k az \acute{e}les szersz\acute{a}m esetén a teljes\acute{i}tm\acute{e}nykihaszn\acute{a}l\acute{a}st a fokozatos el\acute{o}tol\acute{a}si m\acute{o}dszerhez. A 191. diagramban a $h'_k^{0,66}$ vonalon $G = 0,286$ \acute{e}rt\acute{e}knek $h'_k = 0,15$ mm felel meg. Ehhez a 130. diagramban hazai \acute{o}nt\acute{o}ttvas esetén $k = 360$ kp/mm² olvashat\acute{o} le. Az \acute{e}les szersz\acute{a}m-n\acute{a}l $e_1 = 0,163$ mm/fog ad\acute{o}dik, melyb\acute{o}l $v_c = 0,163 \cdot 300 \cdot 6 = 293$ mm/min el\acute{o}tol\acute{a}si sebess\acute{e}get kapunk. Ehhez $V = 141$ cm³/min \acute{e}rt\acute{e}k tartozik:

$$P_f = \frac{360 \cdot 141}{6120} = 8,25 \text{ kW},$$

teh\acute{a}t a teljes\acute{i}tm\acute{e}nykihaszn\acute{a}l\acute{a}sunk 97,5%.

Tulajdonk\acute{e}ppen ez esetben 100%-ot kellene kapnunk, de a diagramokr\acute{o}l leolvasott \acute{e}rt\acute{e}kek pontatlanok \acute{e}s innen sz\acute{a}rmazik a 2,5%-os elt\acute{e}r\acute{e}s.

Mar\acute{o}g\acute{e}p\acute{u}nk\acute{o}n $v_c = 293$ mm/min el\acute{o}tol\acute{a}si sebess\acute{e}g nem \acute{a}ll\acute{i}that\acute{o}, de a sz\acute{a}m\acute{i}t\acute{a}s ellen\acute{o}rz\acute{e}se c\acute{e}lj\acute{a}b\acute{o}l ezzel kellett sz\acute{a}molnunk. Mar\acute{o}g\acute{e}p\acute{u}nk\acute{o}n 250 \acute{e}s 320 mm/min \acute{a}ll\acute{i}that\acute{o}, ezek k\acute{o}z\acute{u}l a kisebb \acute{e}rt\acute{e}ket v\acute{a}lasztjuk. \acute{I}gy az \acute{e}ltartamot a rendelkez\acute{e}s\acute{u}nkre \acute{a}ll\acute{o} el\acute{o}tol\acute{a}si fokozatok alapj\acute{a}n h\acute{a}rom fokozatra oszthatjuk:

$$\begin{array}{r} 160 \cdot 250 = 40\,000 \\ 160 \cdot 200 = 32\,000 \\ 160 \cdot 160 = 25\,600 \\ \hline \text{\acute{o}sszesen} \quad 97\,600 \text{ mm}, \end{array}$$

amely 27%-kal nagyobb 76\,800 mm-n\acute{e}l, mintha az \acute{e}ltartam teljes 480 perce alatt 160 mm/min el\acute{o}tol\acute{a}ssal dolgozn\acute{a}nk.

Térjünk vissza feladatunk kidolgozásának a kezdetéhez, és vizsgáljuk meg, vajon helyes volt-e, hogy az $n=280$ fordulatszám helyett a 235 és 300 közül a nagyobb 300-at választottuk. Ekkor a $C=0,286$ értékéhez $h'_k=0,075$ mm érték tartozott.

Ha a kisebb, $n=235$ /min értéket választjuk, a $D=125$ mm átmérőjű maróhoz $v=92,5$ m/min tartozik. A 216. diagram szerint $v^{0,75}=29,2$; ha ezt helyettesítjük be a C nevezőjébe az előbbi 35 helyett, $C=0,345$ értéket kapunk.

Ennek a 191. diagramban a $\Delta=1$ mm vonalon $h'_k=0,115$ mm felel meg. Ez 53%-kal vastagabb forgács, mint az előbbi 0,075 mm, és alapítélünk szerint a vastagabb forgács mindig nagyobb V_f fajlagos forgácstérfogatot ad, azaz ugyanakkora teljesítménnyel nagyobb anyag-térfogatot tudunk lefogácsolni.

A $h'_k=0,115$ mm tényleges közepes forgácsvastagsághoz a felvett adatok mellett, a számítás részletezésének mellőzésével $e_1=0,126$ mm/fog adódik. Ehhez $v_e=0,126 \cdot 235 \cdot 6=178$ mm tartozik.

A gépen $v_e=200$ mm/min állítható. Ehhez helyesbítve $h'_k=0,13$ mm és $e_1=0,142$ mm/fog tartozik. Az előbbihez tartozó érték a 130. diagramon $k=400$ kp/mm². A percenként leválasztott forgácstérfogat $V=96$ cm³/min. Így a kezdeti beállításkor a felvett teljesítmény

$$P_f = \frac{400 \cdot 96}{6120} = 6,28 \text{ kW.}$$

Tehát kezdetben 25%-kal több anyagot tudunk lemunkálni 5,5%-kal megnövelt teljesítmény mellett.

Vizsgáljuk meg a fokozatos előtolás lehetőségeit: A 191. diagramon a $h'_k^{0,66}$ vonalán $C=0,345$ értékhez $h'_k=0,2$ mm tartozik és $e_1=0,266$ mm/fog, amelynek $v_e=318$ mm/min felel meg. Beállítva a meglevő $v_e=320$ mm/min értéket, $V=154$ cm³/min értéket kapunk. A 130. diagramban $h'_k=0,2$ mm és $v=92,5$ m/min értékhez $k=340$ kp/mm² tartozik, így

$$P_f = \frac{340 \cdot 154}{6120} = 8,55 \text{ kW.}$$

Tehát itt is három fokozatú előtolási sebességgel dolgozhatunk, amelynek eredménye:

$$\begin{array}{r} 160 \cdot 320 = 51\,200 \\ 160 \cdot 250 = 40\,000 \\ 160 \cdot 200 = 32\,000 \\ \hline \text{összesen} \quad 123\,200 \text{ mm.} \end{array}$$

Ez az érték 26%-kal több, mint a 300/min fordulattal kapott fokozatos előtolású marás teljesítménye.

A teljesítmény növelése a hajtómotor átmeneti túlterhelhetőségének a kihasználásával. Tapasztalhattuk, hogy $f=6$ mm és $b=80$ mm esetén a rendelkezésre álló 8,5 kW tiszta forgácsolási teljesítmény 300/min fordulatszámhoz tartozó $v=118,5$ m/min forgácsolósebességgel az MSZ 8513—54 típusú, $D=125$ mm átmérőjű és $z=6$ -fogú maróval csak $h'_k=0,075$ mm értéket értünk el. Ez kedvező eredményt ad, mint ezt a 235/min fordulatszámra való visszakapcsolási változattal kimutattuk. A 300/min fordulatszámval is hasonló kedvező eredményt kaphatunk volna, ha a hajtómotor teljesítménye ennek nem szabott volna határt.

Ha a C számlálóját vizsgáljuk, azt találjuk, hogy a 235/min fordulatszámra $C=0,345$ értéket kaptunk. De ha a hajtóteljesítményt $0,345/0,286=1,21$ arányban növeljük, tehát 8,5 kW helyett 10,25 kW forgácsolási teljesítménnyel számolhatunk, ugyancsak $C=0,345$ értéket kapunk. Ez annyit jelent, hogy hajtómotorunkat 21%-kal túl kell terhelnünk.

A hajtómotor 10 kW teljesítménye *állandó üzemre* vonatkozik, vagyis a motort ilyen teljesítménnyel egész műszakban járathatjuk, minden zavar nélkül.

A villamos motorok terhelhetőségét a melegedés szabja meg. A megadott 10 kW állandó terheléskor jelentkező melegedés és a hűtés egyensúlyban van, a hőmérséklet nem lépi túl a megengedett értéket. Mások azonban a terhelhetőségi értékek, ha csak rövid időre vonatkoznak.

A villamos motort gyártó cég megadja, hogy mennyi időre milyen mértékben terhelhető túl a motor, és a túlterhelések között hány perc üresjárás szükséges, hogy a motor az előírt hőmérsékletre hűljön le. Pl. a villamos motornak van az ún. *20 perces teljesítménye*, amely azt jelenti, hogy a motor 20 percre pl. 25%-kal túlterhelhető, és utána 5 perc üresjárás után újra túlterhelhető 20 percig, a megadott mértékig.

Ezt különösen a keményfém betétkéses szerszámokkal végzett munkák során igen előnyösen kihasználhatjuk. Pl. a példa első változatánál, ha már eltompult szerszámmal dolgozunk, és ezért kimerítettük a gép 8,5 kW forgácsolásra fordítható teljesítményét (a fennmaradó 1,5 kW-ot a marógép belső súrlódása, olajszivattyúk stb. emészti fel!). Az előzőekben $v_e=160$ mm/min előtolással dolgoztunk, de ha e helyett 200 mm/min előtolást állítunk be, és a teljes terhelés alatt a marási út hossza csak 150 mm, akkor mindössze 0,75 perces, 25%-os túlterhelés lép fel. Ha a munkadarab le- és felfogása, a gyorsmenettel való megközelítés legalább 0,5 percet tesz ki, akkor ezzel a rövid ideig tartó túlterheléssel nyugodtan dolgozhatunk.

Ebből azt a tanulságot vonhatjuk le, hogy ha a marási út rövid — ami a gyakorlatban sokszor előfordul —, jelentős termelékenységnövelést érhetünk el a motor rövid ideig tartó túlterhelésével. Ez olyan módszer, amit kár lenne kihasználatlanul hagyni, de pontosan ismerni kell hozzá a szerszámgépünket hajtó motor túlterhelhetőségi előírásait. Az erre vonatkozó előírásokat a gyártó cégtől kell beszerezni az alkalmazott motorokra.

Ma már vannak olyan műszerek, amelyek a hajtómotor túlterhelését nem a felvett áramerősség, nem is a felvett teljesítmény, hanem az elért melegedés alapján állapítják meg. Tehát a továbbfejlesztett adaptív kontroll bevezetések már ilyen műszert célszerű beépíteni.

Homlokmarás titán-karbid bevonatú keményfémbetétkés szerszámmal. A legkorszerűbb keményfém betétkés acélmegmunkálásához a titán-karbid alapanyagú, és titán-karbid bevonatú váltólapka. Az alig 0,01 mm vastagságú titán-karbid réteg keménysége mintegy háromszor nagyobb, mint az alapanyagé, ennek következtében 3...5-ször nagyobb a szerszám éltartama, mint a bevonat nélkülié, ill. ugyanazon éltartammal 25...36%-kal nagyobb forgácsolósebességet alkalmazhatunk.

A számítás szempontjából alapvető, hogy a titán-karbid bevonatú szerszámon nem lehet nagy a hátkopás. Mivel az (5.75) képletünk szerint $\Delta=0,1$ mm hátkopásig nem növekszik a forgácsolóerő és -teljesítmény, ezért titán-karbid bevonatú keményfémplapkás szerszámok esetén a teljesen éles szerszámokra érvényes számítási módot kell elfogadnunk.

Induljunk ki abból a feltevésből, hogy $v=92,5$ m/min forgácsolósebesség esetén 480 perc az éltartam.

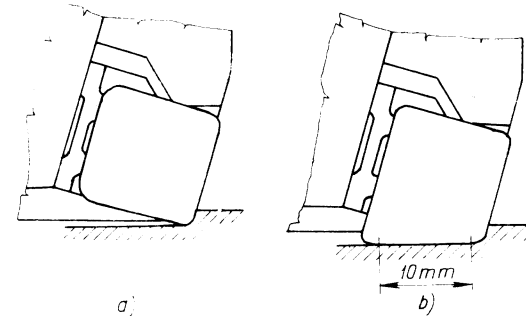
Itt jegyezzük meg, hogy biztonság kedvéért a keményfém betétkés marófejekre is 480 perces éltartamot számítottunk, holott a szovjet előírás szerint ezek adatai 600 perces éltartamra vonatkoznak. Számításaink során azonban a marógép fordulatszám-fokozatai között 1,25 a szorzószám, ami azt jelenti, hogy ha egy sebességi fokozattal gyorsabbra kapcsolunk, az éltartam mintegy az $\frac{1}{3}$ -ára csökken. Ha ellenben egy fordulatszám-fokozattal lassabbra kapcsolunk, az éltartam háromszorosára növekszik. Ezért csak fokozat nélküli fordulatszámú marógépen lehet a 480-nál 1,25-ször nagyobb 600 perces éltartamot beállítani.

A kisebb forgácsolósebességhez tartozó $n=235$ /min fordulatszám-nál $C=0,345$ értéket kapunk, amelyhez éles szerszám esetén a 194. diagramban a $h_k^{0,66}$ vonalon $h'_k=0,2$ mm érték tartozik. Ennél az értéknél $e_1=0,226$ mm/fog és $v_c=318$ mm/min. A gépen állítható érték $v_c=320$ mm/min, amelyhez $V=154$ cm³/min értéket számítottunk ki. A 130. diagram szerint $h'_k=0,2$ mm és $v=92,5$ m/min sebességhez $k=340$ kp/mm² tartozik, így $P_f=8,55$ kW.

Ez esetben a teljes 480 perc éltartam alatt 320 mm/min előtolással dolgozunk, mert ha titán-karbid bevonatú lapkával marunk, nincs értelme a fokozatos előtolásnak. Ennek eredményeként $480 \cdot 320 = 153\,600$ mm a marási hossz, ami az előzőleg elért legjobb 123\,200 mm-

hez képest további 24,5% termelékenységnövekedést jelent. Ennyivel termelékenyebb a titán-karbid bevonatú lapka.

Ezt az eredményt azonban helyesbíteniünk kell. A számítást MSZ 8513—54 marófejjel végeztük. Ez egyszerű sugárirányú betétkéses, nem a korszerű váltólapkás marófej, ehhez titán-karbid bevonatú váltólapkát nem lehet használni. A korszerű marófejek általában $D=130$ mm esetén $z=8$ fogszámúak. A nagyobb fogszám és az alkalmazható nagyobb forgácsolósebesség nagyobb hajtási teljesítményt igényel, de a nagyobb fogszám és a nagyobb forgácsolósebesség nagyobb v_c előtolási sebességet is eredményez. Ez esetben $v_c=320, 400$ és 500 mm/min értékek jönnek szóba. Ez azt jelenti, hogy 250...350 mm-es marási hossz gépideje egy percen belül lesz. Ezért ilyen esetekben a rövid ideig tartó túlterhelés lehetőségeit — ha nem áll rendelkezésre kellő nagy teljesítményű marógép — igen gazdaságosan lehet kihasználni.



217. ábra. Váltólapkák:
a egyszerű; b simítóélű váltólapka

Kiegészítésül a 41. táblázatban technológiai adatokat közlünk a hazai üzemekben is igen elterjedt *Sandvik—Coromant* marófejek használatára. Ebben a gazdaságos forgácsolósebességekre kedvezőbb adatok találhatóak, mint a 12. táblázatban. A keményfémplapka minőségi jelét az ISO szerint és Sandvik szerint is feltüntették, ám meg kell jegyeznünk, hogy ugyanolyan ISO jelölésű, de különböző gyárakból származó lapkák minősége között a gyakorlatban igen jelentős különbségeket tapasztaltunk.

A keményfém váltólapkás marófejek igen nagy előnye, hogy pontos futás és merev gép használata esetén igen jó felületi minőséget érhetünk el velük. Ezt elősegíti az ún. *simítólapka* alkalmazása. Ennek az a lényege, hogy a marófej egyik fogának széles simítóéle van, amely pár század mm-rel kijebb áll, mint a többi, így a végső felületet a simítóél alakítja ki. Simítólapkával $R_a=0,5...0,6$ μm, esetleg még ennél is jobb felületi minőséget lehet elérni (217. ábra).

41. táblázat. Javasolt forgácsolósebességek síkfelületek marása Sandvik Coromant marófejekkel (m/min)

Megmunkálendő anyag		A lapka minősége					
		Megnevezés	Brinell-keménysége kp/mm ²	húzószilárdsága kp/mm ²	ε ₁ fogankénti előtolás, mm/fog		
					ISO: P10 Sandvik: S1 Premium	ISO: P30 Sandvik: S4	ISO: P40 Sandvik: S6
Szénaacél normálzált	C 0,08...0,15% C 0,35% C 0,75%	125 150 250	45 55 80	0,1...0,2...0,4 300...200...160 250...175...125 180...150...100	0,1...0,2...0,4 200...170...140 175...140...100 125...90...75	0,01...0,2...0,4 160...130...100 100...75...60 90...75...50	
Ötvözött acél	ízzítva nemesítve nemesítve nemesítve	150...200 200...225 275...325 325...450*	50...65 65...90 90...110 110...150	180...150...100 175...100 125...75 90...50	160...130...100 125...90...75 100...80...60 80...60...50	100...75...60 90...75...50 75...60...40	
Acél-öntvény	Rozsdaálló acélok, ízzítva, ferrites, martensites, austenites ötözetlen gyengén ötvözött erősen ötvözött (rozsdáálló, austenites öntvény)	<150 150...250 160...200	<50 50...80	200...125 160...130 120...80	175...125...100 140...100...70 100...75...55 150...115...100	140...115...100 120...80...60 80...50...40 110...90...80	

Temper-öntvény	Kemény acél* mangánacél	Brinell-keménység kp/mm ²	ISO: K10 Sandvik: H1 Premium	ISO: K20 (H 20)
	12...14% Mn edzett acél**	200 HRC 50...65	50...25 25...15	20...10 15...10
	röviden törő forgáccsal hosszán törő forgáccsal		150...125...100 175...150...125	120...100...80
	Szürkeöntvény, kis szilárdságú	180	175...150...130	130...110...90
	Nagy szilárdságú szürke- és ötvözött	250	125...100...75	90...80...60
Gömb-grafitos öntöttvas	ferrites perites	160 250	125...100...75 120...90...80	
	Kemény kokillaöntvény	400 60	25...15 15...10	

Megjegyzés: * Negatív homlokzöveget kell használni.

** Az éigeometriát meg kell változtatni, -8° elsődleges élszalagot kell köszörűlni.

Maráskor elsősorban olyan nagy előtolást válasszunk, amekkorát a körülmények megengednek. Ez különösen vonatkozik a H1 Premium minőségre. Azután a forgácsolósebességet a rendelkezésre álló gépteljesítmény szerint válasszuk meg.

10.3.2. Öntöttvas homlokmarása keményfém betétkéses marófejjel

A megmunkálendő öntöttvas ugyanaz, mint előző példánkban, csupán a szerszám anyaga tér el. A feladatot lényegében már a 8.5.2. pont (6) bekezdésében megoldottuk, az eltérés csupán az, hogy a keményfém kopásállóbb, mint a gyorsacél és ennek következtében a hátkopás okozta teljesítménynövekedés fele annyi, mint gyorsacél szerszám esetén. Így a számításunk alapját képező összefüggés, melyben a hátkopás okozta teljesítménynövekedés is figyelembe vettük, a következő:

$$h_k^{0,741} + (\Delta - 0,05)0,33h_k^{0,174} = \frac{C'_0 114 500 P_m \eta \sin \alpha \cos \gamma_t}{f n z D (\varphi_1 + \varphi_2)}$$

A keményfémrel való homlokmaráskor az anyagállandó $C'_0 = C_0$, vagyis változatlan a gyorsacél szerszám esetén alkalmazottal, tehát a hazai öntöttvasra $C'_0 = C_0 = 45,3$.

Ez esetben is a szabványos MSZ 5513—54 sima keményfém betétkéses marófejjel számolunk, melynek élszögei $\gamma_t = -7^\circ$ és $\alpha = 90^\circ$. A $b = 100$ mm marási szélességhez és $f = 8$ mm fogásmélységhez azonban $D = 160$ mm átmérőjű és $z = 8$ fogú marófejet kell választanunk.

A 6. táblázat szerint a megengedhető legnagyobb hátkopást $\Delta = 1$ mm-nek választjuk, a forgácsolósebességet a 12. táblázatban Öv.26-nál a $v_g = 30 \dots 50$ m/min között kiindulásként $v_g = 35$ m/min-t veszünk fel.

Az összefüggésünk jobb oldalának az értékeihez kell még $\sin \alpha = \sin 75^\circ = 0,966$; és $\cos \gamma_t = \cos 7^\circ = 0,993$. A maró forgástengelyét a munkadarab középvonalába állítjuk, így

$$\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi; \quad \varphi_1 + \varphi_2 = 2\varphi.$$

$$\sin \varphi = \frac{b}{D} = \frac{100}{160} = 0,666; \quad \varphi = 41,7^\circ; \quad 2\varphi = 83,4^\circ.$$

VF 24 típusú függőleges tengelyű marógépen dolgozunk, amelynek a 10 kW teljesítményű hajtómotorja közepes munkákhoz keményfém betétkéses marófejjel még elfogadható. A főorsó fordulatszámait és az előtolási fokozatokat az előző példákban már felsoroltuk.

A $v = 35$ m/min forgácsolósebességnek a $D = 160$ mm esetén

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{35 000}{3,14 \cdot 160} = 69,4/\text{min}$$

felel meg.

Marógépünkön 75/min állítható, amelynek megfelel: $v = 37,9$ m/min.

Ezek után

$$C = \frac{45,3 \cdot 114 500 \cdot 10 \cdot 0,85 \cdot 0,966 \cdot 0,993}{8 \cdot 75 \cdot 8 \cdot 160 \cdot 83,4} = 0,653,$$

amelyhez a 192. diagramban a $\Delta = 1$ mm vonalon $h'_k = 0,29$ mm tartozik. Az e_1 fogankénti előtolás:

$$e_1 = \frac{h'_k \pi D 2 \varphi}{\sin \alpha \cos \gamma_t b 360} = \frac{0,29 \cdot 3,14 \cdot 160 \cdot 83,4}{0,966 \cdot 0,993 \cdot 100 \cdot 360} = 0,353 \text{ mm/fog.}$$

$v_e = 0,353 \cdot 75 \cdot 8 = 212$ mm/min, de csak 200 mm/min állítható. Ehhez helyesbítve $h'_k = 0,274$ mm, amelynek a 132. diagramon a hazai minőségű öntöttvasnak $k = 188$ kp/mm² felel meg.

Az egy perc alatt lemunkált forgácstérfogat:

$$V = \frac{v_e f b}{1000} = \frac{200 \cdot 8 \cdot 100}{1000} = 160 \text{ cm}^3/\text{min.}$$

A teljes hátkopáskor fellépő teljesítménynövekedésre beállított előtolás forgácsolási teljesítménye éles szerszámmal az (1.8) képlettel ellenőrizve

$$P_f = \frac{kV}{6120} = \frac{188 \cdot 160}{6120} = 4,92 \text{ kW.}$$

Éles szerszámmal a 8,5 kW teljesítmény esetén a 195. diagramban a $h_k^{0,741}$ vonalon a $C = 0,653$ értékhez $h'_k = 0,57$ mm tartozik, ekkor $e_1 = 0,691$ mm/fog. Ennek számítás szerint $v_e = 414$ mm/min felel meg, amelyhez $V = 332$ cm³/min érték tartozik.

A $h'_k = 0,57$ mm-hez a 132. diagramban hazai minőségű öntöttvas esetén $k = 156$ kp/mm² értéket olvashatunk le. Így, ha teljesen éles szerszámmal dolgozunk, $v_e = 414$ mm/min előtolás esetén

$$P_f = \frac{156 \cdot 332}{6120} = 8,45 \text{ kW,}$$

tehát a számítás szerint a hajtóteljesítményt teljesen kihasználjuk.

A marógépünkön beállítható előtolás azonban 400 mm/min, ezzel kezdjük a kezdjük a négyfokozatú lépcsős előtolással végzett munkát. A 400 mm/min és a végső 200 mm/min fokozat között még 320 és 250 mm/min előtolásokat is állítunk. Így a kapott eredmény 120 percenkénti átkapcsolás esetén:

$120 \cdot 400 =$	48 000
$120 \cdot 320 =$	38 400
$120 \cdot 250 =$	30 000
$120 \cdot 200 =$	24 000
összesen	140 400 mm lemart hossz.

Ez az elért teljesítmény 26%-kal több, mint gyorsacél szerszámmal végzett homlokmaráskor kapott 111 600 mm hossz, pedig már az is több volt 38%-kal, mint az ötfokozatú palástmarás 80 100 mm marási hossz teljesítménye. Végeredményben, ha a gyorsacél szerszámmal végzett ötfokozatú palástmarás teljesítményét hasonlítjuk össze a keményfém betétkéses homlokmaró 140 400 mm teljesítményével, ez 75% többet jelent.

A fenti 400 mm/min előtolási sebességhez $e_1=0,55$ mm/fog előtolás tartozik. Ez a túlságosan ritka fogazás következménye, amelyet bizonyos esetekben joggal túlságosan szélsőséges értékek tarthatunk. A korszerű váltólapkás $D=160$ mm átmérőjű marófejnek $z=10$ foga van. Ez esetben $v_c=400$ mm/min előtolási sebességhez $e_1=0,45$ mm/fog értéket kapunk, amely már realisabb, de még mindig elég nagy érték.

A fogankénti előtolást a fogsám vagy a forgácsolósebesség növelésével lehet csökkenteni. Az első szerszámkérdés: kapható-e ilyen marófej. A második a lapka minőségétől függ, hogy a fokozott sebesség esetén a lapka éltartama elég hosszú-e.

Ugyancsak a lapka minőségétől függ, hogy a fogankénti előtolás elérheti-e az említett $e_1=0,55$ mm/fog értéket.

Erre a 41. táblázat igen figyelemre méltó adatot közöl. A régebbi tapasztalatok alapján összeállított 12. táblázat az Öv.26 minőségű öntöttvasra $v_g=30...50$ m/min sebességet ajánl. Ezzel szemben a 41. táblázat, amely a korszerűbb keményfém minőségeken alapul, nagy szilárdságú $HB=250$ kp/mm² keménységű ötvözött szürkeöntvényre $e_1=0,4$ mm/fog előtolás esetén 75 m/min sebességet ajánl. Ez kétszer akkora, mint amekkorával példánkban számoltunk. Tehát a példában szereplő $v=37,9$ m/min helyett még a $z=8$ fogú maróval is nyugodtan felmehetünk 55 vagy 60 m/min forgácsolósebességre, mert az előbbihez $e_1=0,38$, az utóbbihoz 0,34 mm/fog előtolás tartozik, változatlan teljesítmény mellett.

10.4. Sarokmarási példák

1. példa. $\sigma_B=60$ kp/mm² szakítószilárdságú acélba $f=12$ mm mély és $b=40$ mm széles bemélyedést kell marnunk.

A $40 \times 12=480$ mm² elég nagy anyagkeresztmetszet lemunkálását jelenti, ezért a függőleges VF 24 típusú, 10 kW teljesítményű marógépet választjuk. Ennek a jellemző adatait már az előzőkben ismertettük.

A szerszám kiválasztása. A feladathoz az MSZ 3852—58 mart-fogazású, kis fogferdeségű $\omega=20^\circ$ homlokmarót választjuk. A $b=40$ mm marási szélességhez a 29. táblázat alapján $z=12$ fogsámú, $D=63$ mm átmérőjű marót választunk.

A megengedhető legnagyobb hátkopás értékét, minthogy nem akarunk durva felületet kapni, a 6. táblázatból $\Delta=0,5$ mm-re választjuk. A 12. táblázatból gyorsacél homlokmaróval $v_g=20$ m/min értékből indulunk ki.

Példánkban homlokmarásról beszélünk, de nagy fogásmélységű palástmarásnak is lehet a feladatot tekinteni. Ezért nem közömbös a maró forgásiránya, azt úgy válasszuk meg, hogy a marás ellenirányú legyen (218. ábra).

Ez esetben, minthogy nem beszélhetünk tiszta homlokmarásról, a maró forgástengelyét nem állíthatjuk a marási szélesség középvonalába, ezért a φ_1 és φ_2 szöget számítással kell meghatározni, s jelen esetben — mint az ábrán látható — a $\varphi_1=90^\circ$, tehát nem is kell számolnunk. A φ_2 szög egyik szára az előtolás iránya, a másik a maró tengelyén, valamint a maró kerületének és a kilépési oldalnak metszéspontján átmenő egyenes (218. ábra). Ennek a szögnek a szinuszt úgy kapjuk meg, ha a marási szélesség és a maró sugarának különbségét osztjuk a sugárral.

Számításainkban általában a maró D átmérője szerepel, ezért a sugarat az átmérő feleként írjuk fel (102. ábra):

$$\sin \varphi_2 = \frac{\left(b - \frac{D}{2}\right)^2}{D} = \frac{2b - D}{D} = \frac{80 - 63}{63} = 0,27,$$

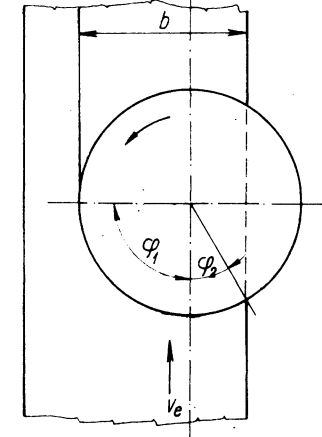
innen $\varphi_2=15,7^\circ$.

Természetesen ez esetben is ki akarjuk használni a marógép teljesítményét, és figyelembe vesszük a hátkopás okozta teljesítménynövekedést. Lényegében ez a feladat is acél homlokmarása gyorsacél szerszámmal, amelyet a 8.5.2. pontban tárgyaltunk, így ebből az összefüggésből indulunk ki.

$$h_k^{0,758} + (\Delta - 0,1)0,289h_k^{0,168} = \frac{C_{ah} 114 500 P_m \eta \sin \kappa \cos \omega}{fnzD(\varphi_1 + \varphi_2)}$$

A $v=20$ m/min forgácsolósebességhez

$$n = \frac{v 1000}{\pi D} = \frac{20 000}{3,14 \cdot 63} = 101/\text{min}$$



218. ábra. Sarokmarás: a maró forgásirányának megválasztása és a forgácsi szög meghatározása

tartozik, de marógépünkön csak 95/min állítható, ezzel pedig $v=18,8$ m/min-re módosul.

Az összefüggés C jobb oldalához a még hiányzó értékek: $\cos 20^\circ = 0,94$ ($\sin 90^\circ = 1$); $\varphi_1 + \varphi_2 = 90 + 15,7 = 105,7^\circ$. A $\sigma_B = 60$ kp/mm² szakítószilárdságú acélhoz $C_{ah} = 32,2$ anyagállandó tartozik:

$$C = \frac{32,2 \cdot 114 \cdot 500 \cdot 10 \cdot 0,85 \cdot 0,94}{12 \cdot 95 \cdot 12 \cdot 63 \cdot 105,7} = 0,325.$$

Ehhez az értékhez a 193. diagram a $\Delta = 0,5$ mm vonalán $h'_k = 0,155$ mm tartozik. A fogankénti előtolás:

$$e_1 = \frac{h'_k \pi D (\varphi_1 + \varphi_2)}{\cos \omega \cdot b \cdot 360} = \frac{0,155 \cdot 3,14 \cdot 63 \cdot 105,7}{0,94 \cdot 40 \cdot 360} = 0,234 \text{ mm/fog.}$$

$v_e = e_1 \cdot n \cdot z = 0,234 \cdot 95 \cdot 12 = 266$ mm/min. A marógépen beállítható 250 mm/min, így $h'_k = 0,146$ mm, amelyhez a 192. diagramon a $\sigma_B = 60$ kp/mm² szakítószilárdságú acélhoz $k = 300$ kp/mm² értéket olvashatunk le.

Az egy perc alatt leforgácsolt anyag térfogata:

$$V = \frac{v_e \cdot f \cdot b}{1000} = \frac{250 \cdot 12 \cdot 40}{1000} = 120 \text{ cm}^3/\text{min.}$$

A forgácsolásra fordított teljesítmény az (1.8) képlettel ellenőrizve:

$$P_f = \frac{kV}{6120} = \frac{300 \cdot 120}{6120} = 5,88 \text{ kW.}$$

Ha ki akarjuk használni a fokozatos előtolás termelékenységét növelő módszerét, akkor a 193. diagramon leolvassuk a $C = 0,325$ értéknél az éles szerszámhoz tartozó h'_k értékét a $h'_k{}^{0,758}$ vonalon; $h'_k = 0,225$ mm. Ehhez az értékhez $e_1 = 0,34$ mm/fog és $v_e = 388$ mm/min előtolás tartozik, továbbá $V = 186$ cm³/min, a 190. ábrán $k = 275$ kp/mm². Ezek alapján az éles szerszám esetén fellépő forgácsolási teljesítmény:

$$P_f = \frac{275 \cdot 186}{6120} = 8,38 \text{ kW.}$$

Mivel 388 mm/min kapott érték helyett az első fokozatban 320 mm/min-t kell beállítanunk, és a következő beállítható előtolási

sebesség a már előzőleg megállapított 250 mm/min, így csak két fokozatban dolgozhatunk.

Ha a maró teljes 480 perces éltartama alatt $v_e = 250$ mm/min előtolással dolgozunk, akkor a teljes lemunkálható hossz $480 \cdot 250 = 120\,000$ mm. Ha az éltartam félideje alatt 320 mm/min előtolással dolgozunk, és csak a másik félidőben 250 mm/min-nel, akkor

$$\begin{array}{r} 240 \cdot 320 = 76\,800 \\ 240 \cdot 250 = 60\,000 \\ \hline \text{összesen} \quad 136\,800 \text{ mm} \end{array}$$

hosszat tudunk lemarni az éltartam alatt, ez pedig 14%-kal nagyobb teljesítmény. Ezért érdemes a hátkopást figyelemmel kísérni és a kellő időben visszakapcsolni a 250 mm/min előtolásra.

Láthattuk, hogy a választott gyorsacél maróval sikerült a VF 24 marógépünk teljesítményét kihasználni. Az $L = 150$ mm hosszú munkadarabot, ha a teljes munkaelőtolással megteendő utat 190 mm-re vesszük, a gépi idő a 320 mm/min előtolással 0,59 perc, a második fokozatban pedig 250 mm/min előtolással 0,76 min.

2. példa. Ezúttal a legkorszerűbb szerszámot választjuk, a Coromant sarokmaró marófejet (219. ábra). Két változata kapható: $D = 75$ és 100 mm, a kisebb $z = 6$, a nagyobb $z = 8$ foggal. Háromszögletű váltólapkával készül, amelynek oldala 22 mm, tehát $f = 18$ mm mélységig egy fogással használható.

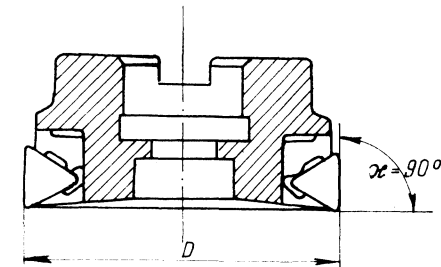
Így a választott marófej alkalmas egy fogással az $f = 12$ mm fogásmélység és $b = 40$ mm marási szélesség kimunkálására $\sigma_B = 60$ kp/mm² minőségű acél munkadarabunk megmunkálására.

A sarokmaró elhelyezési szöge természetesen $\alpha = 90^\circ$.

A marófejet acél megmunkálására S4 Sandvik minőségű keményfém váltólapkával szállítják, ez az ISO jelölés szerint P30-nak felel meg.

A 41. táblázat szerint ilyen minőségű lapkához a fogankénti előtolásfokozat szerint a javasolt forgácsolósebesség (interpolálva, mert a táblázat adatai között csak $\sigma_B = 55$ és 80 kp/mm² között választhatunk) $e_1 = 0,1, 0,2$ és 0,4 mm/fog-hoz $v = 170, 135$ és 95 m/min.

Kiindulásul $v = 125$ m/min-t veszünk fel, mert a marógép teljesít



219. ábra. Coromant marófej sarokmarásra

ményének a kihasználására törekszünk, és csak utólag kapjuk meg a fogankénti előtolást.

Ezzel a feladattal részletesen a 8.6.4. pontban foglalkoztunk, az ott levezetett összefüggésből indulunk ki:

$$h_k^{0,66} + (\Delta - 0,1)0,145h_k^{0,07} = \frac{C'_a P_m \eta \sin \alpha \cos \omega}{fz(\varphi_1 + \varphi_2)v^{0,75}}$$

A bal oldal grafikus megoldását a 191. diagram tartalmazza, így az egyenlet jobb oldalának értékeit kell meghatározni.

Marófejünk elhelyezési szögének szinusz: $\sin \alpha = \sin 90^\circ = 1$, és minthogy a fogazat egyenes, ezért $\cos \gamma_t = \cos \omega = \cos 0^\circ = 1$, így e két tényezővel nem kell tovább foglalkoznunk. A választott $v = 125$ m/min forgácsolósebességhez és $D = 75$ mm maróátmérőhöz kell meghatározni a fordulatszámot és ellenőrizni, hogy marógépünkön hogyan lehet beállítani:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{125000}{3,14 \cdot 75} = 530/\text{min.}$$

A marógépünkön beállítható 475 és 600, amelyek közül a 475/min fordulatszámot választjuk. Ennek a $v = 112$ m/min érték felel meg. A 216. diagramon $v^{0,75}$ -höz $112^{0,75} = 34,5$ tartozik.

Ki kell még számítanunk a 218. ábra és a hozzá tartozó számítás szerint a φ_2 szöveget, mert az ábra szerint $\varphi_1 = 90^\circ$.

$$\sin \varphi_2 = \frac{2b - D}{D} = \frac{80 - 75}{75} = 0,0666; \quad \varphi_2 = 3,82^\circ;$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = 90 + 3,82 = 93,82^\circ.$$

A 8.6.4. pontban elmondottak szerint acél homlokmaráskor keményfémbeétkéses marófejjel a $\sigma_B = 60$ kp/mm² szakítószilárdságú acél anyag-állandója $C'_a = 4190$. Ezzel az összefüggésünk C értékéhez minden adat rendelkezésünkre áll:

$$C = \frac{4190 \cdot 10 \cdot 0,85}{12 \cdot 6 \cdot 93,8 \cdot 34,5} = 0,152.$$

Ehhez a 191. diagramon a $\Delta = 0,5$ mm vonalán — mivel a hátkopásra ezt az értéket vettük fel — $h_k' = 0,034$ mm értéket olvashatjuk le.

Ez nagyon kis érték, ilyen kis közepes forgácsvastagsághoz igen nagy k fajlagos forgácsolási ellenállás tartozik, ezért már eleve kimondhatjuk, hogy nem kapunk megfelelő eredményt. Ennek az a magyarázata, hogy marógépünk teljesítménye ilyen nagy teljesítményű szerszám

kihasználására nem alkalmas. Ezt azzal is bizonyíthatjuk, hogy ha a marógép motorjának a teljesítménye $P_m = 20$ kW, azaz kétszerese lenne, akkor $C = 0,304$, melyhez már $h_k' = 0,13$ mm érték tartozik, ami már kedvező érték.

Tanulságul most már vigyük végig a számítást, a kapott $h_k' = 0,034$ mm értékkel. A fogankénti előtolás:

$$e_1 = \frac{h_k' \pi D (\varphi_1 + \varphi_2)}{\sin \alpha \cos \omega b 360} = \frac{0,034 \cdot 3,14 \cdot 75 \cdot 93,8}{1 \cdot 1 \cdot 40 \cdot 360} = 0,051 \text{ mm/fog.}$$

$v_e = e_1 n z = 0,0521 \cdot 475 \cdot 6 = 149$ mm/min. A hozzá legközelebb álló beállítható érték 160 mm/min, amelyhez $h_k' = 0,0366$ mm tartozik. Ehhez a 129. diagramon a $v = 100$ és 125 m/min sebességek között interpolálva $k = 505$ kp/mm² kapunk.

Az egy perc alatt lefogácsolt anyag térfogata:

$$V = \frac{v_e f b}{1000} = \frac{160 \cdot 12 \cdot 40}{1000} = 76,8 \text{ cm}^3/\text{min.}$$

Az ehhez tartozó forgácsolási teljesítmény az (1.8) képlettel ellenőrizve:

$$P_f = \frac{kV}{6120} = \frac{505 \cdot 76,8}{6120} = 6,33 \text{ kW.}$$

Ha megvizsgáljuk, hogy éles késsel milyen forgácseljesítményt érünk el, akkor a $C = 0,152$ értékhez a 194. diagramon a $h_k^{0,66}$ vonalon $h_k' = 0,0575$ mm-t olvashatunk le. Ehhez $e_1 = 0,089$ mm/fog, $v_e = 254$ mm/min előtolási sebesség, $V = 121$ cm³/min és $k = 430$ kp/mm² tartozik, amelyekből

$$P_f = \frac{430 \cdot 121}{6120} = 8,42 \text{ kW.}$$

Ennek a kedvezőtlenességét bizonyítja, hogy gyorsacél homlokmaróval az 1. példában $v_e = 250$ mm/min előtolással $\Delta = 0,5$ mm-re számítva $V = 120$ cm³/min anyagot forgácsoltunk le $P_f = 5,88$ kW teljesítménnyel, míg a korszerű keményfémlapkás maróval csak 76,8 cm³/min-t, 36%-kal kevesebbet értünk el, $P_f = 6,33$ kW-tal.

Ez mutatja a számítás előnyét, amely megóvja marógépünk hajtómotorját a túlterheléstől.

Ha pl. $e_1 = 0,15$ mm/fog előtolásból indulunk ki, és példánk adatait használjuk fel, akkor $v_e = 427$ mm/min előtolási sebességet kapunk.

Ehhez $h'_k = 0,097$ mm és $v = 205$ cm³/min, továbbá $k = 375$ kp/mm². Ebből

$$P_f = \frac{375 \cdot 205}{6120} = 12,5 \text{ kW},$$

azaz 47% túlterhelést okoztunk. A 190 mm marási hosszat 0,445 perc alatt teszi meg a maró, tehát a túlterhelés alig fél percig tart. Ezért, ha a mellékidő elegendő a motor lehűlésére, a rövid ideig tartó túlterhelés megengedhető.

Gyorsacél maróval azért értünk el jobb eredményt, mert ez esetben $h_k = 0,155$ mm, amelyhez $k = 300$ kp/mm² tartozik. Keményfém betétkéses marónkkal a kereken hatszor nagyobb sebesség miatt $h'_k = 0,0366$ mm, amelyhez $k = 505$ kp/mm² járul.

Rendelkezésünkre áll a legkorszerűbb szerszám, de marógépünk teljesítménye annak kihasználására kicsi. Mégis meg kell találnunk a módját, hogy lehetőleg jobb teljesítményt érjünk el, mint gyorsacél szerszámmal.

Az igen kedvezőtlen közepes forgácsvastagságot úgy tudjuk növelni, hogy az összefüggésünk jobb oldalát, vagyis a C értékét növeljük. A számlálón nem tudunk változtatni, mert a $\sigma_B = 60$ kp/mm² szakítószilárdságú acél anyagállandója $C'_a = 4190$. Ugyancsak nem változtatható a $P_m = 10$ kW sem. Ezért a nevező értékét kell csökkentenünk, mert azzal növelhetjük C értékét.

A nevezőben $fz(\varphi_1 + \varphi_2)v^{0,75}$ szerepel. Ha az f fogásmélységet a felére csökkentjük, akkor két fogást kell venni. Marógépünk legnagyobb előtolása $v_e = 500$ mm/min, és ha ezt elérjük, akkor a gyorsacél maróhoz alkalmazott $v_e = 250$ mm/min előtoláshoz viszonyítva, egyenlő gépi időt értünk el. Ez esetben azonban a második fogásvétel mellékideje már többet időt jelent.

Mivel a maróátmérő sem változhat, valamint a b marási szélesség sem, ezért nem tudunk változtatni az $(\varphi_1 + \varphi_2)$ értékén sem. Ha a v forgácsolósebességet a felére vesszük (112 helyett 56), akkor $56^{0,75} = 20,5$, ami a $112^{0,75} = 34,5$ -höz képest csak 40,5%, tehát $C = 0,254$ lesz, amelyhez a 191. diagramon $h'_k = 0,093$ mm-t olvashatunk le $\Delta = 0,5$ mm vonalán.

Így nem marad más hátra, mint hogy a $z = 6$ fogszámot a felére csökkentjük, vagyis a marófej minden második fogát kivesszük.

Ekkor $C = 0,304$ értéket kapunk, amelyhez $h'_k = 0,13$ mm tartozik, és ez már kedvező érték. Ezzel számolva a számítás részletezése nélkül: $e_1 = 0,2$ mm/fog, $v_e = 285$ mm/min. Ez utóbbi helyett $v_e = 320$ mm/min állítható a gépen, így 28%-kal nagyobb teljesítményt értünk el, mint gyorsacél homlokmaróval. Ehhez $h'_k = 0,146$ mm tartozik, amely igen közel jár a gyorsacél szerszámmal elért $h'_k = 0,155$ mm-hez. De a $v =$

$= 18,8$ m/min forgácsolósebesség helyett a $v = 112$ m/min kedvezőbb eredményt ad.

A rend kedvéért ellenőrizzük a $v_e = 320$ m/min értéknél a forgácsolási teljesítményt. A $h'_k = 0,146$ mm-hez a 129. diagramon a $v = 100$ és 125 m/min sebességek között interpolálva $k = 320$ kp/mm² tartozik. A $v_e = 320$ mm/min-hez $V = 153,6$ cm³/min értéket kapjuk, és ebből a forgácsolási teljesítmény:

$$P_f = \frac{kV}{6120} = \frac{320 \cdot 153,6}{6120} = 8,03 \text{ kW}.$$

Ezzel a megoldással a gyorsacél homlokmaróhoz képest 28%-kal jobb teljesítményt értünk el a $P_m = 10$ kW hajtóteljesítményű gépünkkel.

Ha a marónak mind a $z = 6$ fogát meghagyjuk, akkor kétszeres teljesítmény, azaz 20 kW kell, és ekkor a $v_e = 640$ mm/min, tehát a kétszerese lesz. Ezt az értéket azonban a VF 24 marógépünkön nem tudjuk beállítani, mert a beállítható legnagyobb előtolási sebesség $v_e = 500$ mm/min. Tehát a nagyobb teljesítményű géphez, a korszerű szerszámok kihasználása céljából az előtolási sebesség határát is növelni kell.

Ellenőrizzük, hogy a $z = 3$ fogú éles maróval milyen értéket érhetünk el. A 191. diagramon a $C = 0,304$ értéknek a $h'_k^{0,66}$ vonalán $h'_k = 0,17$ mm-t olvasunk le. Ehhez a 129. diagramon $k = 300$ kp/mm² érték tartozik. A további adatok $e_1 = 0,262$ mm/fog; $v_e = 373$ mm/min; $V = 179$ cm³/min és $P_f = 8,75$ kW. Ez azt jelenti, hogy meg kell maradnunk a $v_e = 320$ mm/min értéknél, mert a következő $v_e = 400$ mm/min már túlterhelést okozna. Igaz, hogy ez utóbbi értéknél a 190 mm marási hossz gépi ideje 0,475 min csupán, ami olyan rövid ideig tartó viszonylag kis túlterhelés, hogy nem lehet káros.

Nem hanyagolhatjuk el azonban azt a tényt, hogy a $z = 3$ fogú maró kapcsolási tényezője kedvezőtlen:

$$\psi = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{\delta} = \frac{93,8}{120} = 0,782.$$

Ez azt jelenti, hogy a maró $120 - 93,8 = 26,2^\circ$ fordulása alatt nincs fog fogásban, tehát a marófej üresen forog. A marófej tehát úgy dolgozik, hogy az anyagba behatoló fog nulla forgácsvastagsággal kezd, aztán fokozatosan 90° után eléri a legnagyobb értéket, majd $3,8^\circ$ továbbfordulás után ez valamelyest csökken, végül kilépve az anyagból a kerületi erő nullára esik vissza. Ez gyakorlatilag ugyanaz, mint az egyenesfogú palástmaró működése.

A legnagyobb forgácsvastagság, amely közel azonos a kilépő for-

gácsvastagsággal, $e_1=0,2$ mm, a legnagyobb forgácskeresztmetszet tehát:

$$q_n = e_1 f = 0,2 \cdot 12 = 2,4 \text{ mm}^2.$$

A 129. diagramon 0,2 forgácsvastagságnak $k=276$ kp/mm² felel meg, így

$$F_{\max} = q_n k = 2,4 \cdot 276 = 552 \text{ kp.}$$

Ez nem túl nagy érték, ezt a merev, nagy teljesítményű marógép kibírja. Mindenesetre az erőingadozást figyelembe kell venni.

Ha azonban a marófej $z=6$ foggal dolgozik, az erőingadozás akkor is ugyanilyen értékű marad, de a kapcsolási tényező a kétszerese az előbbinek, $\psi=1,564$ esetén a marófej nem forog üresen, mert $\psi>1$.

Az előzőekben kiszámított teljesítményadatok középértékek. A gyorsan forgó tömegek az erőingadozásokat kiegyenlítik, mert mint lendkerekek működnek és ezért nem okoznak kellemetlenséget.

A váltólapkák éltartamára a Coromant-ismertetőik nem tartalmazznak részletes adatokat. Az alapelv az, hogy ha a váltólapkán a megengedett kopás bekövetkezik, akkor át kell állni új élre.

$z=3$ fogú maró esetén $v=112$ m/min forgácsolósebességgel számoltunk, ami éltartam szempontból kedvező érték, mert a 41. táblázat $e_1=0,2$ mm/fog előtoláshoz $\sigma_B=55$ kp/mm² acél marásakor $v=140$ m/min sebességet javasol. Így a $v=112$ m/min éltartam szempontjából a $\sigma_B=60$ kp/mm² szakítószilárdságú acélhoz kedvező értéknek tekinthető.

A váltólapkák gazdaságos éltartama, ill. gazdaságos forgácsolósebessége gazdaságossági számítással határozandó meg. A számítás alapja, hogy a rövidebb éltartamhoz tartozó nagyobb forgácsolósebesség milyen mértékben haladja meg költségsökkentésben a rövidebb éltartam következtében felmerülő nagyobb szerszámfogyasztási költségeket. A váltólapka esetén a szerszám élezési költsége elmarad és mint váltólapka-éltárfordítási mellékidő jelentkezik. Ennek a pontos számítása a szerszámgazdálkodás kereteibe tartozik, ezért itt erre nem térünk ki.

10.5. Alakmarási példák

A legnehezebb marási feladat az alakmarás. Leggyakrabban a szerszámkészítés során fordul elő, pl. a maró és menetfúró szerszámok gyártásakor. Ez esetben a gyenge szerszám és a gyenge munkadarab csak igen mérsékelt forgácsolóerőt tud elviselni, ezért az egy fogra eső terhelést ennek megfelelően kell megállapítani.

Az alakmarók, különösen a hátmunkált alakmarók kialakítása igen kedvezőtlen. Ezek a marók ugyanis a kimunkálendő alak pontos betartása céljából egyenes fogkiképzéssel és $\gamma=0^\circ$ homlokszöggel készülnek. Ennek két hátránya van:

1. Az egyenesélű marók kedvezőtlen tulajdonságait már az 5. fejezetben kimutattuk. Ugyancsak ismeretes, hogy a $\gamma=0^\circ$ homlokszög megnöveli a forgácsolóerőt és acél megmunkálásakor gyorsacél szerszám esetén az éltartamot kb. ötödére csökkenti a kedvező 18...22°-hoz képest.

2. Az egyenes élnek az anyagból való kilépésekor nagy az erőingadozás, noha alakmarók esetében nem mindig következik be, hogy a legnagyobb fellépő erő pillanatnyilag nullára csökken.

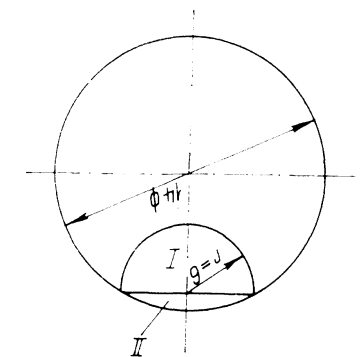
A hirtelen lecsökkenő legnagyobb erő kellemetlen hatását, mint ismeretes, a fogak ferde kiképzésével küszöböljük ki. Hátramunkált alakmaró esetén azonban csak úgy lehet eltérni a $\gamma=0^\circ$ homlokszög-kiképzéstől, hogy a növelt homlokszög alaktorzító befolyását a maró profiljának helyesbítésével ellensúlyozzuk. Ez az átszerkesztés bonyolult feladat, e helyen nem foglalkozunk vele, a szakirodalom részletesen ismerteti [11].

Példa. M14 menetfúró elkészítésekor $r=3$ mm félkör alakú maróval kell a szerszámtestbe hornyot marnunk. A fogásmélységet úgy választjuk meg, hogy a félkörös alakmaró átmérője a $d=14$ mm körnek a húrja legyen (220. ábra).

Mivel a teljes pontos számítás igen bonyolult, a forgácsolási teljesítményt közelítő számítással határozzuk meg. Az alkalmazható forgácsolási adatok olyan kis értékűek, hogy szó sem lehet a választott ME 250—01 marógépünk teljesítményének a kihasználásáról, ezért a teljesítményszámítást csak tájékoztató jellegűnek kell tekintenünk.

A megközelítő számítást az (1.8) összefüggésre alapozzuk:

$$P_f = \frac{kV}{6120} = \frac{kqv_e}{6120} \text{ kW.}$$



220. ábra. M14 menetfúró alakmarása. A leforgácsolt keresztmetszet meghatározása

A V cm³/min értékét ez esetben a q leforgácsolt keresztmetszetből és a v_e percenkénti előtolásból állapíthatjuk meg. Közelítőleg meghatározzuk a h'_k közepes forgácsvastagságot, amely jelenleg egyenes fogkiképzésű maró esetén $h_k=k'_k$, és ehhez az értékhez keressük meg a megfelelő diagramon a hozzá tartozó k fajlagos forgácsolási ellenállás értékét.

A 220. ábra alapján határozzuk meg a horny keresztmetszetét,

amely az I. félkör keresztmetszet területéből és a II. körcikk területéből áll.

$$\text{I. } \frac{r^2 \pi}{2} = \frac{9 \cdot 3,14}{2} = 14,1 \text{ mm}^2.$$

$$\text{II. } A = \frac{1}{2} \left(\frac{d}{2} \right)^2 \left(\frac{\pi \beta}{180} - \sin \beta \right). \quad (10.1)$$

$$\sin \beta/2 = \frac{2r}{d} = \frac{6}{14} = 0,428; \quad \beta/2 = 25,34^\circ.$$

$$\beta = 51,08^\circ; \quad \sin \beta = 0,778.$$

Behelyettesítve:

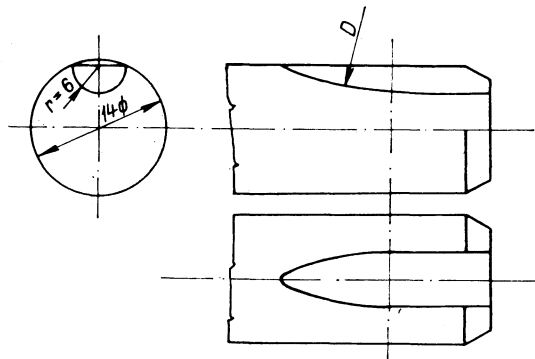
$$A = \frac{1}{2} 49 \left(\frac{3,14 \cdot 51,1}{180} - 0,778 \right) = 2,75 \text{ mm}^2.$$

A két terület összege tehát:

$$q = 2,75 + 14,1 = 16,85 \text{ mm}^2.$$

Megmunkálás közben a menetfúró hengeres testén a félkör alakú horony képe a 221. ábrán látható. A h_k közepes forgácsvastagságot megközelítően a palástmarásnál levezetett (5.7) képlettel állapíthatjuk meg. A különbség csak az, hogy itt a h_k vastagságú forgácskeresztmetszetet nem egyenes vonal, hanem körív határolja.

A közepes forgácsvastagság kiszámításakor ismernünk kell a maró-átmérőt, a fogásmélységet és a fogankénti előtolást. A 9. táblázatból



221. ábra. Alakmaráskor kialakított vájat

ezeket $D=60$ mm-re, az $e_1=0,08$ mm/fog értékre vesszük. A maró fogszáma $z=12$.

A fogásmélység is két részből áll: a maró r sugarából és a körszelet m magasságából (220. ábra):

$$m = \frac{d}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{4 \left(\frac{d}{2} \right)^2 - s^2}. \quad (10.2)$$

Ehhez előbb ki kell számítanunk az s ívhosszat:

$$s = \frac{\pi d \beta}{360} = \frac{3,14 \cdot 14 \cdot 51,1}{360} = 6,23 \text{ mm}.$$

$$m = 7 - \frac{1}{2} \sqrt{4 \cdot 49 - 38,9} = 0,55 \text{ mm},$$

tehát a fogásmélység $f=3+0,55=3,55$ mm.

A közepes forgácsvastagság az (5.7) képletből:

$$h_k = e_1 \sqrt{\frac{f}{D} - \frac{f^2}{D^2}} = 0,08 \sqrt{\frac{3,55}{60} - \frac{12,60}{3600}} = 0,021 \text{ mm}.$$

A 12. táblázatból $v_g=12$ m/min értéket választunk, ezzel a $D=60$ mm átmérőjű maró fordulatszáma:

$$n = \frac{12000}{\pi 60} = 63,7/\text{min}.$$

Az ME 250—01 marógépünk beállítható fordulatszáma $n=71$. Ebből a percenkénti előtolás:

$$v_c = e_1 n z = 0,08 \cdot 71 \cdot 12 = 68,2 \text{ mm/min},$$

állítható $v_c=75$ mm/min.

$$V = \frac{v_c q}{1000} = \frac{75 \cdot 16,85}{1000} = 1,26 \text{ cm}^3/\text{min},$$

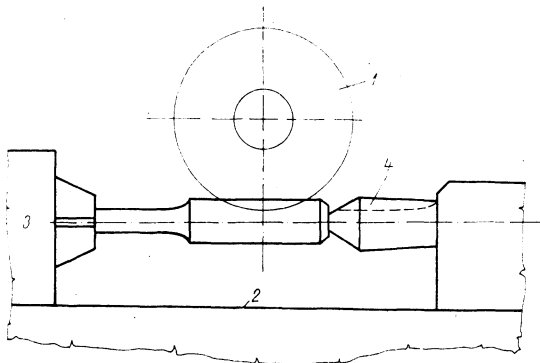
mint látjuk igen kis érték.

Még a k fajlagos forgácsolási ellenállás értékét kell meghatározni a $h_k=0,021$ mm értékhez. A megmunkálandó anyag lágyított gyorsacél. Szakítószilárdsága kb. $\sigma_B=90$ kp/mm², $\gamma=0^\circ$ élkiképzés esetén a 126. ábrán jó közelítéssel $\sigma_B=100$ kp/mm² acélnál a $\gamma_n=18^\circ$ vonalon $k=760$ kp/mm² olvasható le. Így az (1.8) képlet alapján:

$$P_f = \frac{kV}{6120} = \frac{760 \cdot 1,26}{6120} = 0,157 \text{ kW}.$$

Ebből látható, hogy az ME 250—01 marógépünk 3,5 kW-os hajtómotor-teljesítményből, amelyből tisztán forgácsolásra 2,55 kW esik, csak 6,15%-ot használtunk ki.

A munkadarabot ilyen esetben osztókészülékbe fogjuk és csúccsal támasztjuk ki (222. ábra). Annak ellenére, hogy a befogás nem nagyon merev, meg kell kísérelnünk, hogy az előtolás fokozásával nagyobb termelékenységet érhessünk el. Marógépünkön a következő beállítható előtolási sebesség 93 mm/min bekapcsolásával teszünk próbát, amely 25%-kal nagyobb teljesítményt ad.



222. ábra. Menetfúró befogása alakmaráskor

A 6. táblázat szerint a megengedhető legnagyobb hátkopás nagylásakor $\Delta=0,3\dots0,4$ mm, simításkor 0,15...0,2 mm. Az amúgy is igen kicsi fogankénti előtolás miatt jelen esetben nincs értelme külön simítófogást is beiktatni. Ezért a termelékenység határát, ill. a fogankénti előtolás határát csak a befogott munkadarab merevsége szabja meg, mert a $D=60$ mm átmérőjű maró röviden befogva és kívül is csapágyazva, elég merev.

Ilyen kis közepes forgácsvastagság esetén, ha a hátkopás $\Delta=0,2$ mm, a forgácsolóerő, ill. -teljesítmény növekedése az (5.73) képlet szerint:

$$K_{da} = 1 + \frac{0,289}{h_k^{0,59}} (\Delta - 0,1) = 1 + \frac{0,289}{0,021^{0,59}} 0,1 = 1,34,$$

tehát 34%-kal nőtt a forgácsolóerő és -teljesítmény.

Ezért indokolt az a törekvésünk, hogy az előtolási sebességet addig fokozzuk, ameddig a gép be nem rezeg.

10.6. Horonymarási példák

Ha a munkadarab alakja és a működési feltételek megengedik, a hornyokat lehetőleg tárcsamaróval készítjük. Ez esetben ugyanis a nagy teljesítményű marógépet ki tudjuk használni, míg ha a hornyokat ujjmaróval vagy szármaróval készítjük, a szerszám szilárdsága korlátozza az e_1 fogankénti előtolást, azaz a lemunkálandó forgács-térfogatot.

1. példa. A horony mérete: $f=10$ mm és $b=16$ mm, $L=200$ mm. A horony a munkadarab mindkét végén kifut (3. ábra). A megmunkálandó anyag $\sigma_B=60$ kp/mm² szakítószilárdságú.

A munkához az MSZ 3856—60 szabványos keresztfogazású tárcsamarót választjuk, jellemző adatai a 35. táblázatban találhatóak: $D=80$ mm, 16 mm széles $z=14$ fogú marót választunk.

A tárcsamaró *elvileg palástmaró, de mivel horonyban dolgozik, kötött forgácsolást végez.* Ezt úgy vesszük figyelembe, hogy a fajlagos forgácsolási ellenállás értékét 12%-kal megnöveljük, mint ezt már előzőleg ismertettük. Ezzel egyúttal a kerületi forgácsolóerőt és a forgács-teljesítményt is 12%-kal megnöveltük.

A palástmarásra vonatkozó összefüggésünket acél marásakor gyorsacél szerszámmal már a 8.5.2. pontban a példa kidolgozás során ismertettük, és így az erre vonatkozó összefüggést onnan vesszük át, figyelembe véve a hátkopás okozta teljesítménynövekedést az alkalmazható közepes forgácsvastagság meghatározása céljából.

$$h_k^{0,788} + (\Delta - 0,1)0,289h_k^{0,198} = \frac{C_a P_m \eta \cos \omega \sqrt{\frac{f}{D} - \frac{f^2}{D^2}}}{1,12bfz}$$

A nevezőben az 1,12 képviseli a 12%-kal megnövelt forgácsolási ellenállást, mert annyival kevesebb anyagot tudunk leforgácsolni.

A munkához az ME 250—01 egytetemes marógépet választjuk, $P_m=3$ kW hajtómotor-teljesítménnyel a mechanikai hatásfok $\eta=0,85$. A beállítható főorsó-fordulatszámokat és előtolási sebességeket már ismertettük. A választott marónk ferdeségi szöge $\omega=15^\circ$, $\cos 15^\circ=0,966$. A C_a értékét a $\sigma_B=60$ kp/mm² szakítószilárdságú acélra $\gamma_n=18^\circ$ normál homlokszög kiképzésnél a 27. táblázatból $C_a=37\,500$ -ra vesszük. Az összefüggés jobb oldalán a gyökjel alatti értéket $D=80$ és $f=10$ mm esetén a 28. táblázatból 0,33-ra vesszük fel.

A hátkopás megengedett legnagyobb értékét a 6. táblázatból $\Delta=0,4$ mm-re választjuk, míg a gazdaságos forgácsolósebességet a 12. táblázatból

lázatból $v_g = 15 \dots 22$ m/min alapján kiindulásként $v_g = 16$ m/min értékre vesszük fel. Ebből a fordulatszám:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{16000}{3,14 \cdot 80} = 63,6;$$

beállítható $n = 71$ /min, amelynek $v = 17,85$ m/min felel meg. Az összefüggésünk jobb oldali C értéke:

$$C = \frac{37500 \cdot 3 \cdot 0,85 \cdot 0,966 \cdot 0,33}{1,12 \cdot 16 \cdot 71 \cdot 10 \cdot 14} = 0,171,$$

amelynek a 187. diagramban a $\Delta = 0,4$ mm vonalán $h'_k = 0,066$ mm-t olvashatunk le. Ehhez a fogankénti előtolás:

$$e_1 = \frac{h'_k}{\cos \omega \sqrt{\frac{f}{D} - \frac{f^2}{D^2}}} = \frac{0,066}{0,966 \cdot 0,33} = 0,206 \text{ mm/min.}$$

$v_c = e_1 n z = 0,206 \cdot 71 \cdot 14 = 205$ mm/min, de a gépen $v_c = 218$ mm/min állítható. Ehhez helyesbítve $h'_k = 0,07$ mm. A percenként leforgácsolható anyagterfogat:

$$V = \frac{v_c b f}{1000} = \frac{218 \cdot 16 \cdot 10}{1000} = 34,9 \text{ cm}^3/\text{min.}$$

A forgácsteljesítményt az (1.8) képlettel ellenőrizzük, amelyhez még a fajlagos forgácsolási ellenállást kell kiszámítanunk. A $h'_k = 0,07$ mm-nek a 126. diagramon a $\sigma_B = 60$ kp/mm² szakítószilárdságú acél $\gamma = 18^\circ$ vonalán $k = 285$ kp/mm² érték olvasható le. Ezt a kötött forgácsolás miatt 12%-kal meg kell növelnünk, tehát $k = 1,12 \cdot 285 = 319$ kp/mm².

$$P_f = \frac{kV}{6120} = \frac{319 \cdot 34,9}{6120} = 1,82 \text{ kW.}$$

Vagyis a hátkopás okozta teljesítménynövekedés miatt kezdetben a 2,55 kW rendelkezésünkre álló forgácsolási teljesítménynek a 71,5%-át használtuk ki.

A fokozatos előtolás alkalmazása céljából megállapítjuk az éles szerszámhoz tartozó h'_k tényleges közepes forgácsvastagságot. A $C = 0,171$ értékhez a 190. diagramban a $h_k^{0,788}$ vonalán $h'_k = 0,11$ mm-t olvashatunk le, amelyhez $e_1 = 0,343$ mm/fog, $v_c = 341$ mm/min és $V = 54,6$ cm³/min tartozik. A $h'_k = 0,11$ mm-hez a 126. diagramban most $k = 260$ értéket kapunk, amely 1,12-vel szorozva $k = 291$ kp/mm² értéket ad.

Ezekből

$$P_f = \frac{291 \cdot 54,6}{6120} = 2,59 \text{ kW.}$$

A diagramok leolvasási pontosságát figyelembe véve, ezt elfogadjuk a 2,55 kW értékének.

A marógépünkön beállítható előtolás a $v_c = 341$ helyett 335 mm/min, így a beállítható előtolási sebességekkel három fokozatban dolgozhatunk: 335, 270 és 218 mm/min értékekkel.

A teljes 480 perc éltartam kihasználásával

$$160 \cdot 335 = 54\,600$$

$$160 \cdot 270 = 43\,200$$

$$160 \cdot 218 = 34\,900$$

$$\text{összesen } 132\,700 \text{ mm}$$

a teljes leforgácsolható hossz, amely a $480 \cdot 218 = 104\,800$ mm-hez viszonyítva 26,7% termelékenységnövekedést eredményez.

2. példa. Keresztfogazású tárcsamaró helyett dolgozzunk az MSZ 3871—60 kis fogferdeségű $\omega = 20^\circ$ ujjmaróval (40. táblázat).

Ehhez $D = 16$ mm átmérőjű marót kell választanunk, melynek $z = 5$ a fogszáma.

Az ujjmaró — mint ismeretes — homlokmaróként dolgozik, és számításunkat ennek megfelelően kell elvégeznünk. A 6. táblázatból a megengedhető hátkopást $\Delta = 0,5$ mm-nek vesszük fel, míg a 12. táblázatból $v_g = 16 \dots 24$ m/min értékekből kiindulással $v = 20$ m/min-t választunk.

Az ujjmarási munkához az MF 250—01 típusú függőleges marógépet választjuk, melynek beállítható fordulatszám- és előtolási értékeit már ismerjük. A munka a 4. ábrán látható módon történik, azzal a különbséggel, hogy a szerszám nem keményfém betétkeses szármaró.

A h'_k meghatározásához figyelembe vesszük a hátkopás következtében előálló teljesítménynövekedést, az acél homlokmarásához gyorsacél szerszámot használunk, így az összefüggésünk:

$$h_k^{0,788} + (\Delta - 0,1)0,289h_k^{0,168} = \frac{C_{ah}114500P_m\eta \sin \alpha \cos \omega}{fnzD(\varphi_1 + \varphi_2)}.$$

E képlet grafikus megoldását a 188. diagramon találjuk meg. A C_{ah} anyagállandót, mely acél munkadarab homlokmarását jellemzi, gyorsacél szerszámmal, a 8.6.3. pontban leírtak szerint a $\sigma_B = 60$ kp/mm² szakítószilárdságú acélra $C_{ah} = 32,2$.

$P_m = 3 \text{ kW}$; $\eta = 0,85$; ujjmaró esetén $\alpha = 90^\circ$; $\sin 90^\circ = 1$; $\cos 20^\circ = 0,94$; minthogy ujjmaróval hornyot marunk: $\varphi_1 + \varphi_2 = 180^\circ$. Forgácsolósebesség $v = 20 \text{ m/min}$, amelyhez

$$n = \frac{20\,000}{3,14 \cdot 16} = 398$$

fordulatot kapunk. A gépen állítható $335/\text{min}$, amelyhez helyesbítve $v = 17,8 \text{ m/min}$ érték tartozik.

$$C = \frac{32,2 \cdot 114\,500 \cdot 3 \cdot 0,85 \cdot 0,94}{10 \cdot 335 \cdot 5 \cdot 16 \cdot 180} = 0,184.$$

Ehhez az értékhez a 190. diagramban a $\Delta = 0,5 \text{ mm}$ vonalon $h'_k = 0,062 \text{ mm}$ értéket olvashatunk le. Az ehhez tartozó fogankénti előtolás:

$$e_1 = \frac{h'_k \pi D (\varphi_1 + \varphi_2)}{\cos \omega b 360} = \frac{0,062 \cdot 3,14 \cdot 16 \cdot 180}{0,94 \cdot 16 \cdot 360} = 0,0915 \text{ mm/fog.}$$

Mind a h'_k , mind az e_1 értéke homlokmaráshoz kedvezőtlen érték, mert mint ismeretes, a homlokmarás előnye, hogy a palástmaráshoz viszonyítva vastag forgáccsal dolgozik.

$$v_e = e_1 n z = 0,0915 \cdot 335 \cdot 5 = 153 \text{ mm/min,}$$

de $v_e = 142 \text{ mm/min}$ állítható, amelyhez helyesbítve $h'_k = 0,0575 \text{ mm}$ tartozik.

$$V = \frac{v_e b f}{1000} = \frac{142 \cdot 16 \cdot 10}{1000} = 22,7 \text{ cm}^3/\text{min.}$$

Ez 25%-kal kevesebb, mint az 1. példa $34,9 \text{ cm}^3/\text{min}$ értéke.

A 189. diagramban a $\sigma_B = 60 \text{ kp/mm}^2$ szakitószilárdságú acél vonalán $h'_k = 0,0575 \text{ mm}$ -nek $k = 480 \text{ kp/mm}^2$ érték felel meg, így a felvett forgácsolási teljesítmény a hátkopás okozta teljesítménynövekedés figyelembevételével:

$$P_f = \frac{kV}{6120} = \frac{480 \cdot 22,7}{6120} = 1,78 \text{ kW.}$$

Ez esetben is ki akarjuk használni a fokozatos előtolás termelékenységet növelő előnyét. Az éles szerszámhoz tartozó h'_k értéke a 190. diagramban a $h'_k = 0,11 \text{ mm}$ vonalán $h'_k = 0,11 \text{ mm}$. Ehhez $v_e = 271 \text{ mm/min}$ előtolás

tartozik, továbbá $V = 43,5 \text{ cm}^3/\text{min}$. A $h'_k = 0,11 \text{ mm}$ -nek a 188. diagramban $k = 325 \text{ kp/mm}^2$ felel meg.

$$P_f = \frac{325 \cdot 43,5}{6120} = 2,32 \text{ kW,}$$

amely a diagramok értékeinek leolvasásakor előforduló eltéréseket tekintve megfelel a $2,55 \text{ kW}$ értékének.

Négy előtolási fokozattal dolgozhatunk, ennek megfelelően a 480 perc éltartamot négy részre osztjuk fel a beállítható 270 és az alsó 142 mm/min között 218 és 176 mm/min értékekkel. Így az elérhető teljesítmény:

$$\begin{array}{r} 120 \cdot 270 = 32\,400 \\ 120 \cdot 218 = 26\,290 \\ 120 \cdot 176 = 21\,100 \\ \hline \text{összesen} \quad 96\,600 \text{ mm} \end{array}$$

a teljes 480 perc éltartam alatt, mely az 1. példa keresztfogazású tárcsamarával kapott $132\,700 \text{ mm}$ -éhez képest 27%-kal kevesebb.

Mindkét példa forgácsolási teljesítménye lényegében azonos, mégis ujjmaróval végzett homlokmarás esetén a le munkált forgácsolófog 27%-kal kevesebb, mint amikor tárcsamarával dolgoztunk.

Ennek az a magyarázata, hogy a homlokmarás a félkört kitevő forgácsolási hossz következtében, valamint a rendelkezésünkre álló hajtómotor kis teljesítménye miatt nem dolgozhatott kellő vastag forgáccsal. Ez a körülmény a kedvezőtlen $C = 0,184$ érték terhére írható. Ezért kedvezőbb megoldást kell keresnünk.

3. példa. Rendelkezésünkre áll a szabványos választékban az MSZ 3896—61 martfogazású, nagy teljesítményű, megnövelt fogferdeségű $\omega = 40^\circ$ ujjmaró, amelynek jellemző adatai a 39. táblázatban találhatóak. Ennél a nagyobb fogferdeségen kívül még növeli a C értékét, hogy $D = 16 \text{ mm}$ átmérőhöz $z = 3$ fog tartozik. A többi adat változatlan az előző példához képest: $\Delta = 0,5 \text{ mm}$; $n = 335/\text{min}$; $v = 17,8 \text{ m/min}$.

A növelt fogferdeség és a kisebb fogszám következtében azonban $\cos 40^\circ = 0,766$:

$$C = \frac{32,2 \cdot 114\,500 \cdot 3 \cdot 0,85 \cdot 0,766}{10 \cdot 335 \cdot 3 \cdot 16 \cdot 180} = 0,249.$$

Ehhez már a 190 diagramban a $\Delta = 0,5 \text{ mm}$ vonalán $h'_k = 0,1 \text{ mm}$ -t kapunk, amelyhez $e_1 = 0,205 \text{ mm/fog}$ előtolás és $v_e = 0,205 \cdot 335 \cdot 3 = 206 \text{ mm/min}$ előtolás tartozik. E helyett a beállítható 218 mm/min értéket vesszük, amely az 1. példában is szereplő $V = 34,9 \text{ cm}^3/\text{min}$ értékét adja. Tehát már ugyanazt az eredményt érték el, mint a kereszt-

fogazású tárcsamarával. A h'_k értékét helyesbítve a megnövelt előtolás következtében $h'_k=0,106$ mm, amelynek a 189. diagramban $k=320$ kp/mm² felel meg.

A forgácsolási teljesítmény:

$$P_f = \frac{320 \cdot 34,9}{6120} = 1,88 \text{ kW.}$$

Alkalmazzunk most is fokozatos előtolást. Éles szerszámra a 190. diagramban a $h'_k{}^{0,758}$ vonalán a $C=0,249$ értéknek $h'_k=0,16$ mm felel meg. Ennek $e_1=0,328$ mm/fog, $v_e=329$ mm/min és $V=52,7$ cm³/min felel meg. Ellenőrizve a felvett teljesítményt, a $h'_k=0,16$ mm-nek a 192. diagramon $k=295$ kp/mm² értéket kapunk:

$$P_f = \frac{295 \cdot 52,7}{6120} = 2,54 \text{ kW.}$$

A kapott $v_e=329$ mm/min helyett az állítható $v_e=335$ mm/min-nel indulunk és három fokozatban a következő 270 és a végső 218 mm/min-nel végezzük

$$\begin{aligned} 160 \cdot 335 &= 53\,500 \\ 160 \cdot 270 &= 43\,200 \\ 160 \cdot 218 &= 34\,800 \end{aligned}$$

$$\text{összesen } 131\,500 \text{ mm}$$

teljes lemart hossz a 480 perces éltartam alatt. Ez mindössze 1,5%-kal kisebb csak, mint az 1. példában keresztfogazású tárcsamarával elért eredménye.

4. példa. Vizsgáljuk meg, milyen eredményt érünk el a 223. ábrán látható kétélű *váltólapkás* Coromant-maróval. Mivel e típus legkisebb átmérőjű szerszáma $D=25$ mm, így pontosan nem hasonlítható össze az előbbi példákkal, de jó megközelítésként a lemart keresztmetszetet vesszük fel azonos értékűnek.

Az $f=10$ mm és $b=16$ mm keresztmetszet $10 \cdot 16=160$ mm², és ha a rendelkezésre álló $D=25$ miatt $b=25$ mm-t veszünk fel, akkor $160:25=6,4$ mm fogásmélységet kapunk.

A $\sigma_B=60$ kp/mm² szakítószilárdságú acélra $v=135$ m/min (41. táblázat).

Ez a feladat *acél homlokmarása keményfém betétkéses szerszámmal* tárgykörbe tartozik (8.6.4. pont). Ez esetben az anyagjellemző az említett acélra $C'_a=4190$. A feladatot a 191. diagram segítségével az alábbi

összefüggés alapján oldjuk meg:

$$h'_k{}^{0,66} + (\Delta - 0,1)0,145h'_k{}^{0,07} = \frac{C'_a P_m \eta \sin \kappa \cos \omega}{fz(\varphi_1 + \varphi_2)v^{0,75}}.$$

Ebből a beállítható fordulatszám szerint a $v^{0,75}$ értékét kell kiszámítanunk. A $v=135$ m/min-ből

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{135\,000}{3,14 \cdot 25} = 1720/\text{min},$$

állítható $n=1800/\text{min}$, amelynek $v=142$ m/min felel meg. $142^{0,75}=41,2$ a 216. diagram szerint:

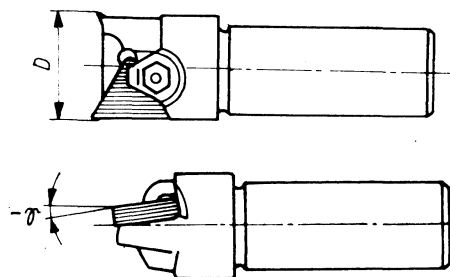
$$C = \frac{4190 \cdot 3 \cdot 0,85}{6,4 \cdot 2 \cdot 180 \cdot 41,2} = 0,111,$$

minthogy $\kappa=90^\circ$; $\omega=0^\circ$ és $\varphi_1 + \varphi_2=180^\circ$.

A 191. diagramban éles szerszámra a $h'_k{}^{0,66}$ vonalán $h'_k=0,034$ mm értéket kapunk, ami olyan kis érték, hogy az MF 250—01 marógép $P_m=3$ kW teljesítményű motorja a feladat végrehajtásához gyenge.

Ezért válasszunk nagyobb teljesítményű marógépet: VF 24 típust. Ennek a legnagyobb fordulatszáma $n=1500$, amelyhez $v=118$ m/min forgácsolósebesség tartozik. $v^{0,75}=35,7$. Ezekkel $C=0,426$ értéket kapunk, melynek a 191. diagramban a $h'_k{}^{0,66}$ vonalán $h'_k=0,28$ mm-t olvashatunk le. Ez viszont már olyan nagy érték, hogy ennek nincs megfelelő előtolási értéke a VF 24 marógépen, mert $h'_k=0,28$ mm-nek $e_1=0,44$ mm/fog felel meg és $v_e=0,44 \cdot 1500 \cdot 2=1325$ mm/min, de a marógépen a legnagyobb $v_e=500$ mm/min.

Ezek után csak meghatározzuk, hogy a gép legnagyobb előtolásával milyen mértékig használtuk ki a marógép teljesítményét. Igaz, hogy ennek a marógépnek a gyorsmenetű 1000 mm/min, de még ez sem elég jelen példa keretében a hajtóteljesítmény kihasználására. Továbbá nem biztos, hogy szerkezetileg a gyorsmenet hajtóműve alkalmas a megmunkáláskor fellépő igénybevételek elviselésére, ezért ezt a változatot nem tanácsos felhasználni.



223. ábra. Coromant kétélű szármaró

$v_c = 500$ mm/min előtolásnak $h'_k = 0,106$ mm felel meg, amelyhez $k = 345$ kp/mm² tartozik. A percnként leforgácsolt anyagterfogat $V = 80$ cm³/min, ezek alapján az (1.8) képletből

$$P_f = \frac{345 \cdot 80}{6120} = 4,5 \text{ kW.}$$

amely a rendelkezésre álló 8,5 kW-nak 53%-a. Ebből látható, hogy ha váltólapkás keményfém betétes marófejet használunk, a teljesítményben viszonylag kicsik az eltérések.

A 4,5 kW-os terhelés az MF 250—01 típusú gép $P_m = 3$ kW-os motorját 75%-kal terheli túl. De ha a teljes marási út csak $L = 200$ mm, akkor az ennek megfelelő gépi idő $v_c = 500$ mm/min előtolási sebességgel csak 0,4 min. Ez olyan rövid idő, hogy ha a mellékidők alatt van a motornak lehűlési lehetősége, bátran túlterhelhetjük. Ehhez azonban pontosan ismerni kell a hajtómotor karakterisztikáját is.

Ezek alapján választhatunk a két lehetőség között, hogy a gyengébb marógépet rövid ideig túlterheljük, vagy ez erősebb marógépet kb. félterheléssel járattuk. Ezt az üzem kapacitása alapján kell mérlegelnie a technológusnak és az üzemvezetőnek.

10.7. Példák a termelékenység növelésére

Az alakmarás termelékenységének növelése több munkadarab együttes marásával és több szerszám együttes használatával. A 10.4. alfejezetben bemutatott példa tanulsága szerint az ME 250—01 marógépünkön a menetfúró horonymaráskor a rendelkezésünkre álló $P_f = 2,55$ kW forgácsolási teljesítményből csak 0,157 kW-ot, azaz 6,15%-ot tudunk kihasználni.

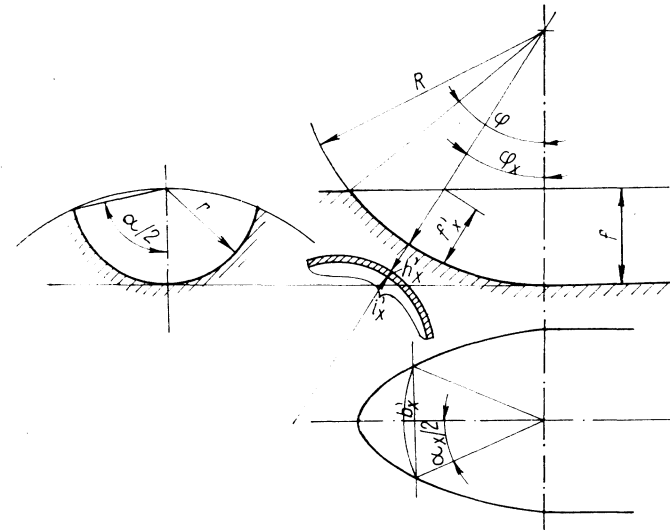
Bebizonyítottuk, hogy az előtolást jóval nagyobb mértékben lehet növelni, mint a gyakorlatban szokás, egészen addig, amíg a munkadarab szilárdsága megengedi. Ez azonban még kétszeres előtolás esetén is csupán 12%-os teljesítménykihasználást eredményez.

Ezért például szerszámgyártás során a termelékenység növelése céljából elterjedt az a gyakorlat, hogy nem egy, hanem három munkadarabot munkálnak meg a marótüskére felszerelt három maróval.

Ennek a módszernek lényeges hátránya, hogy a legnagyobb kerületi erő az erőingadozással együtt a háromszorosára növekszik, ezért az előtolási sebességet csökkenteni kell. Ily módon nem lehet elérni az egy maróval elért termelékenység háromszorosát. Mégis az erőváltozások ismeretében megfelelő módszerrel tovább növelhetjük a termelékenységet.

A teljesen pontos erőváltozások meghatározása elég bonyolult, elegendő azonban, ha csak a fellépő legnagyobb kerületi erőt számítjuk ki, és ennek alapján szerkesztjük meg a kerületi erő változását. Ezt az alakmarási példa (10.5. alfejezet) bővítésével oldjuk meg.

E tárgyban végzett előző tanulmányok alapján megállapítható, hogy ilyen természetű marási munkák során a legnagyobb kerületi erő a forgácsívsszög 70%-a táján lép fel. Ezért csupán ezt az egyetlen erőt számítjuk ki.



224. ábra. A forgács alakulása menetfúró alakmarásakor

Ekkor a forgács alakulása a 224. ábrán látható: a félkör alakú maró olyan forgácsot választ le, amelyet két körív határol és a forgácsívsszöghöz tartozó pillanatnyi h'_x forgácsvastagság. A feladatot még bonyolítja, hogy a köríveket határoló húr b'_x szintén változik.

Számításainkban a maró körívének sugarát r -rel, a maró sugarát R -rel jelöljük. A forgácsot határoló körívek húrjának a változását $\alpha/2$ szög változása alapján számítjuk ki. Példánkban — mivel a fogásmélységet úgy vettük fel, hogy a maró félkör alakú profílja messe a menetfúró palástját —, ezért amikor a maró éle merőleges a horony metszetsíkjára, vagyis amikor a maró foga éppen belekap az anyagba, $\alpha/2 = 90^\circ$. Mihelyt a marófog előrehalad a forgácsívén, $\alpha/2$ állandóan csökken.

A pillanatnyi forgácsolóerő kiszámításához szükségünk van a pilla-

natnyi forgácskeresztmetszetre, q_x -re, amely $q_x = b'_x h_x = i'_x h'_x$ mm². Továbbá a h'_x értékéhez tartozó k_x fajlagos forgácsolási ellenállásra.

Visszaidézve az alakmarási példa adatait, $D=60$ mm, ebből a sugár $R=30$ mm. Lágýtott gyorsacélra a 126. ábrán szereplő $\sigma_B = 100$ kp/mm² szakítószilárdságú acél $\gamma=18^\circ$ összefüggéseit vesszük alapul a h'_x és k adatainak meghatározásához. A fogásmélység, mint már meghatároztuk, $f=3,55$ mm és $e_1=0,08$ mm/fog.

A forgácsívsszög meghatározása a félszögből

$$\sin \varphi/2 = \sqrt{\frac{f}{D}} = \sqrt{\frac{3,55}{60}} = 0,243; \quad \varphi/2 = 14,1^\circ, \quad \varphi = 28,2^\circ.$$

A φ forgácsívsszög 70%-a $28,2 \cdot 0,70 = 19,7^\circ$, tehát az ehhez tartozó forgácsvastagság az (5.2) képlet szerint $h_{19,7} = e_1 \sin 19,7^\circ = 0,08 \cdot 0,337 = 0,0269$ mm.

A 224. ábra jelöléseivel, mellőzve a levezetést

$$\cos \alpha_x/2 = \frac{r \cos \varphi_x - R \cos \varphi_x + R - f}{r \cos \varphi_x}; \quad (10.3)$$

$$b'_x = 2r \cos \alpha_x/2 \text{ mm}; \quad (10.4)$$

$$i'_x = \frac{\pi r \alpha_x}{180} \text{ mm}; \quad (10.5)$$

$$h'_x = \frac{b'_x}{i'_x} h_x \text{ mm}. \quad (10.6)$$

A számításokat elvégezve $\cos 19,7^\circ = 0,942$;

$$\cos \alpha_x/2 = \frac{3 \cdot 0,942 - 30 \cdot 0,942 + 30 - 3,55}{2,82} = 0,37; \quad \alpha_x/2 = 68,3^\circ;$$

$$b'_x = 2 \cdot 3 \cdot 0,93 = 5,58 \text{ mm};$$

$$i'_x = \frac{3,14 \cdot 3 \cdot 136,6}{180} = 7,16 \text{ mm};$$

$$q_x = b'_x h_x = 5,58 \cdot 0,0269 = 0,15 \text{ mm}^2;$$

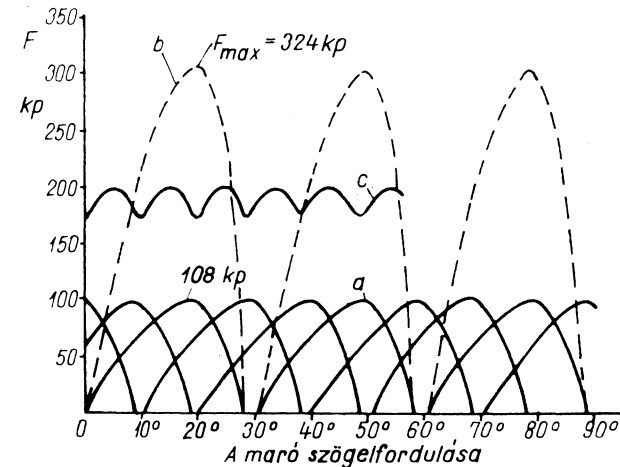
$$h'_x = \frac{5,58}{7,16} \cdot 0,0269 = 0,021 \text{ mm},$$

amelynek megfelel a 126. diagramban a $\sigma_B = 100$ kp/mm²; $\gamma = 18^\circ$ vonalán $k = 720$ kp/mm².

$$F_x = F_{19,7} = k q_x = 720 \cdot 0,15 = 108 \text{ kp}.$$

Ismerve a fogosztásszöveget, $z=12$ fog esetén $\delta=30^\circ$. A forgácsívsszög $\varphi = 28,2^\circ$ felhasználásával és a 108 kp kerületi erővel a 225. ábrán felrajzolhatjuk jó megközelítéssel a kerületi erő változását a maró szögelfordulásának függvényében. A maró minden foga $28,2^\circ$ alatt van fogásban, $19,7^\circ$ után eléri a legnagyobb 108 kp értéket, majd $28,2^\circ$ után nullára esik vissza. $1,8^\circ$ alatt nincs marófog fogásban, ezután minden 30° -kal kezd az újabb fog az anyagba behatolni. Így változik a teljes vonallal kihúzott kerületi erő.

Ha egyszerre három maró három foga dolgozik, mert a maró fogak helyzete az ékhoronyhoz képest azonos, akkor ugyanazon szögelfordulási helyzetben egyszerre három fog kap bele az anyagba, és $19,7^\circ$ szögelfordulás után egyszerre $3 \cdot 108 = 324$ kp kerületi erő lép fel, és további $8,5^\circ$ szögelfordulás után az együttes kerületi erő nullára esik vissza. $1,8^\circ$ szögelfordulás után az erőváltozás ismétlődik.

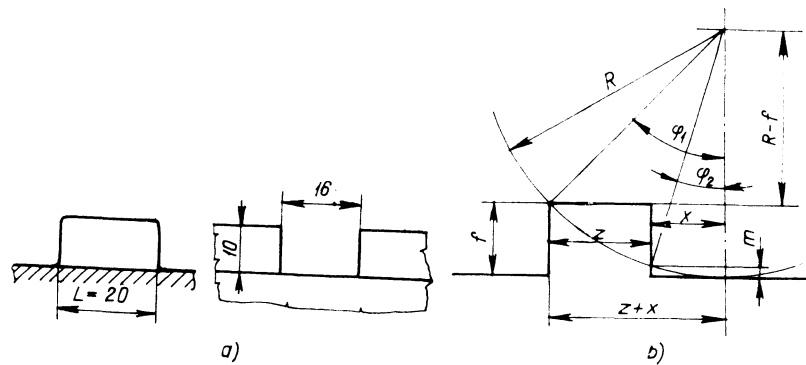


225. ábra. A forgácsolóerők változása a marók szögelfordulásának függvényében
a egyetlen maró esetén; b három azonosan felékelt maró összegeztett forgácsolóerői; c három maró összegeztett forgácsolóerői, ha 10° -kal eltolva ékeljük fel őket

Ha azonban a három marót egymáshoz képest 10° -kal eltolva ékeljük fel a marótüskére, akkor minden 10° szögelfordulás után kezd egy-egy marófog az anyagba belekapni, és ennek következtében mindig a három fog kerületi erejének az összegezése terheli a marótengelyt. Ekkor — mint a 225. ábrán eredményvonallal jelölve látható — a legnagyobb erő csak kétszerese lesz az egy fagon fellépő kerületi erőnek, és az erőingadozás az előbbi 324 kp helyett csupán 50 kp.

Ezzel az egyszerű fogással tehát, hogy a marókat $\frac{1}{3}$ fogosztással eltolva ékeltük fel, igen egyenletes forgácsolóerő-változást tudtunk létrehozni. Így már elérhetjük a háromszoros teljesítményt, tehát $3 \cdot 0,157 = 0,47$ kW-ot, amely már 18,45% teljesítmény-kihasználást jelent. Sőt ez esetben az egyenletes járás következtében arra is van lehetőség, hogy a három maró működtetése mellett tovább növeljük az előtolást.

Bordaátmarás. A 10.5. alfejezetben, az 1. példában foglalkoztunk horonymarással, amikor 16 mm széles és $f=10$ mm mély hornyot marunk valamely munkadarabba 200 mm hosszan. Következő példánkban 20 mm vastag bordát kell átmarunk $b=16$ mm szélességben és $f=10$ mm mélységben (226. ábra).



226. ábra. Bordaátmarás:
a az átmarandó horony; b a tárcsamaró csökkent igénybevétele

A számítás egyszerűsítése végett felhasználjuk a horonymarás 1. példájának az eredményeit. MSZ 3871—60 szabványszámú keresztfogazású tárcsamaróval dolgozunk, amelynek jellemző adatait a 35. táblázatból ismerjük. $D=80$ mm; $z=14$ fog; $\omega=15^\circ$; $n=71/\text{min}$; $v_c=335$ mm/min, amely ugyan a horonymarási 1. példa legnagyobb értéke, de azért használhatjuk ez esetben, mert $L=20$ mm marási hossz olyan rövid a maró átmérőjéhez képest, hogy a maró nem dolgozik a teljes mélységben és a teljes forgácsívhosszon (226b ábra). Ezt ki is számíthatjuk, mert amikor a maró foga eléri a borda hátsó csúcsát, a maró csak $\varphi_1 - \varphi_2$ forgácsívszögön dolgozik. Ennek következtében a fogás csak $f - m$ lesz.

A számítás egyszerűsítésére a D maróátmérő helyett $R=40$ mm

marósugárral számolunk. Így

$$\cos \varphi_1 = \frac{R-f}{R}; \quad (10.7)$$

$$\sin \varphi_1 = \frac{x+L}{R} \quad (10.8)$$

amelyből $x = R \sin \varphi_1 - L$.

$$\sin \varphi_2 = \frac{x}{R} = \sin \varphi_1 - \frac{L}{R}; \quad (10.9)$$

$$m = R - R \cos \varphi_2 = R(1 - \cos \varphi_2). \quad (10.10)$$

Ezek alapján a számítás R , L és f ismeretében elvégezve

$$\cos \varphi_1 = \frac{40-10}{40} = 0,75; \quad \varphi_1 = 41,4^\circ; \quad \sin 41,4^\circ = 0,661;$$

$$x = 40 \cdot 0,661 - 20 = 6,4 \text{ mm};$$

$$\sin \varphi_2 = 0,661 - \frac{20}{40} = 0,161; \quad \varphi_2 = 9,25^\circ;$$

$$\cos 9,25^\circ = 0,987; \quad m = R \cdot 0,013 = 0,52 \text{ mm}.$$

Tehát az adott helyzetben, amikor a maró éle elviszi a borda hátsó sarkát, a maró $41,4 - 9,25 = 32,15^\circ$ forgácsívszögön dolgozik, $10 - 0,52 = 9,48$ mm fogásmélységgel. Az előtolás továbbhaladtával a fogásmélység tovább csökken, mert a borda magassága mindig kisebb lesz.

Ezután számítsuk ki a munkaelőtolás úthosszát. Ez a 9.1. alfejezet szerint a v_c munkasebességgel megteendő úthossz:

$$s_b + s_r + L + 1 \text{ mm}.$$

A (9.2) képlet szerint

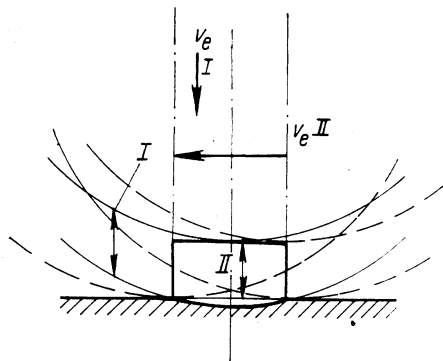
$$s_r = \frac{f}{\tan \varphi/2}; \quad \sin \varphi/2 = \sqrt{\frac{f}{D}} = \sqrt{\frac{10}{80}} = 0,34; \quad \varphi/2 = 20^\circ;$$

$$\tan 20^\circ = 0,364; \quad s_r = \frac{10}{0,364} = 27 \text{ mm}.$$

A teljes úthossz $5 + 27 + 20 + 1 = 53$ mm, a $v_c = 335$ mm/min esetén a gépi idő 0,158 min.

Ezzel szemben, ha nem vízszintes, hanem függőleges, ún. merülő előtolással dolgozunk, akkor $s_b=3$ mm lehet és a további előtolási út mindössze 10 mm, a fogásmélység, vagyis összesen 13 mm, a vízszintes előtoláshoz képest annak csak 24,5%-a.

Ha függőleges előtolással dolgozunk, akkor a keresztfogazású tárcsamaronk mint homlokmaró dolgozik, és ekkor sem lehet szó a teljesítmény teljes kihasználásáról. Vegyünk fel $e_1=0,2$ mm/fog előtolást, ekkor $v_e=e_1nz=0,2 \cdot 71 \cdot 14=199$ mm/min értéket kapunk. A gépen állítható 218 mm/min, amellyel a 13 mm hosszát 0,0595 min gépi



227. ábra. Bordaátmarás:

a függőleges előtolással végzett bordaátmarás visszamaradt homorú felülettel; b a fenék simítása függőleges és vízszintes előtolással

idő alatt tesszük meg. A megtakarítás tehát 0,0985 min, az előbbi 0,158 min gépi időnek 62,5%-a, vagyis 2,65-ször rövidebb lesz függőleges előtolással a gépi idő.

E megoldás esetén kifogásolható, hogy a bordaátmarás fenéke körív alakú lesz. Ez rendszerint az alkatrész működését nem gátolja. Ha mégis be kell tartani a bordafenek síkfelületét, akkor az előtolást a 227. ábrán látható módon először homlokmarással függőleges előtolással végezzük, azután a mélység elérése után vízszintes elő-

tolásra átkapcsolva $v_e=335$ mm/min sebességgel a még szükséges 21 mm úthosszat 0,063 min alatt fejezhetjük be. Ekkor már felmerül a kérdés, hogy a sok mellékidő nem emészti-e fel a megtakarítást.

Ha a termelékenységet bordaátmaráskor függőleges előtolással akarjuk növelni, a függőleges előtolás pontos méretének elérése után pontosan kell az előtolást kikapcsolni. Erre megfelelő berendezések a korszerű marógépeken általában rendelkezésre állnak.

Befejezésül felhívjuk a figyelmet a forgó maró balesetveszélyességére. A működésben levő maró könnyen elkaphatja a közelébe kerülő ruhadarabot vagy egyéb tárgyat. Ezért a balesetek elhárítása érdekében be kell tartani az ABEÓ ide vonatkozó biztonsági előírásait.

IRODALOM

- [1] Szentkúti Károly: Szerszámbe fogó készülékek. Ipari Szakkönyvtár, Bp., Műszaki Könyvkiadó, 1972.
- [2] Lechner: Forgácsoló készülékek szerkesztésének elemei. Bp., Tankönyvkiadó, 1954.
- [3] Szilágyi László: Munkadarabbe fogó készülékek. Ipari Szakkönyvtár, Bp., Műszaki Könyvkiadó, 1967.
- [4] Pattantyús: Gépész- és villamosmérnökök kézikönyve 5. kötet. Bp., Műszaki Könyvkiadó, 1962.
- [5] Makádi András: Osztófejmunkák 2. kiad. Gépipari Zsebkönyvek, Bp., Műszaki Könyvkiadó, 1962.
- [6] Senczi Gyula: Szerszámgépek cserekerékszámítása. Ipari táblázatok, Bp., Műszaki Könyvkiadó, 1969.
- [7] Hornung Andor: Fémfelületek finommegmunkálása. Bp., Műszaki Könyvkiadó, 1963.
- [8] Makádi András: Fúrás-marás munkák (Műszaki Zsebkönyvek). Bp., Műszaki Könyvkiadó, 1954.
- [9] Kasirin: Fémforgácsolás gyorsacéllal. Bp., Nehézipari Könyvkiadó, 1952.
- [10] Szovjet Szerszámgépipari Minisztérium: Fémek gyorsforgácsolási Technológiája. Bp., Nehézipari Könyvkiadó, 1951.
- [11] Hamr: Idomköszörülés. Bp., Műszaki Könyvkiadó, 1956.



179752

Az Ipari Szakkönyvtár-sorozatban eddig megjelent gépészeti tárgyú könyvek

Basista: Öntvények javítása hegesztéssel, 1969.
Dömötör—Pál: Fémnyomás, 1962.
Drabek Lajos: Fogaskerékgyártás, 1965.
Endre Árpád: A lánghegesztés technológiája, 1971.
Füzi Ernő: Tengelykapcsolók, 1968.
Gonda—Laboda: Forrasztás, 1962.
Götz—Opitzer: Szerelőipari gépek, 1965.
Keller—Radnóti: Köszörülés, 1964.
Klembala Géza: Gépészeti berendezések karbantartása, 1965.
Kristóf György: Gázhegesztés 4. kiadás, 1964.
Kurovsky István: Ívhegesztés I-II., 1960.
Laskovski—John: Lemezszabás 5. kiadás, 1973.
Lazarovits—Szentkúti: Fúrás, dörzsölés, süllyesztés, 1961.
Leviszon—Lev: Szikraforgácsoló berendezések, 1967.
Makádi András: Fémek marása, 1964.
Maros István: Gépipari szerszámkészítés, 1966.
Novotny (szerk.): Az alumínium hegesztése és vágása, 1969.
Orgovány László: Fémek csiszolása és fényezése, 1965.
Páldy—Tarján: Géprajz 2., jav. kiadás, 1967.
Réti Pál: Korszerű fémipari anyagvizsgálat, 1968.
Richard A.: Gyakorlati számítások a gépiparban, 1968.
Róna Gábor: A gördülőcsapágyak szerelése és üzeme, 1962.
Róna Gábor: Gördülőcsapágyazások, 1964.
Rones—Trojanek: Fémfelületek előkészítése mázolásra, 1962.
Róth: A felvonó, 1969.
Róth—Káldos—Kovács: Szikraforgácsolás, 1961.

Smóling Kálmán: Acél és vas hőkezelése, 1969.
Szandtner Frigyes: Géplakatos szakmai ismeretek 4., jav. kiadás, 1972.
Szathmáry József: Motorok, 1961.
Szeneci Gyula: Fémek gyalulása és vésése, 1960.
Szentkúti Károly: Szerszámbe fogó készülékek, 1972.
Szilágyi László: Munkadarab-be fogó készülékek, 1967.
Szilágyi—Nagy: Idomszerkészítés, 1964.
Újhelyi Géza: A gőzturbinagépész, 1964.
Vass Ede: Diesel-motorok működése, karbantartása és javítása, 1962.
Veress—Faragó: Teherkötözés darukra, 1960.

Műszaki vezető: Hegedűs Ernő — Műszaki szerkesztő: Kaszala József

A tábla fényképét Vadas Jolán készítette

A könyv ábráit rajzolta: Varga Béláné

A könyv formátuma: A5 — Ívterjedelem: 24 (A5)

Ábrák száma: 227 — Példányszám: 5000

Papír minősége: 100 g delta — Betűcsalád és méret: Times, gm/gm

Azonossági szám: 41 557 — MŰ: 1999—h—7476

Készült az MSZ 5601—59 és 5602—55 szerint

73-5054-Szegedi Nyomda

AZ IPARI SZAKKÖNYVTÁR

könyvei mindenekelőtt a szakmunkásoknak készülnek. A gyakorlati szakembereknek szükséges ismereteket foglalják össze azzal a céllal, hogy megkönnyítsék a munkát, elősegítsék az ésszerű, gyors és jó minőségű termelést, a korszerű technika helyes alkalmazását, a munkaeszközök és munkamódszerek tökéletesítését, ezeken keresztül a szakmunkások magasabb szakmai felkészültségét.

Az Ipari Szakkönyvtár kötetei tehát a lakatosok, esztergályosok, bádogosok, kovácsok, kohászok, kőművesek, villanszerelők, asztalosok, víz-, gáz-, központi fűtés- és felvonószerelők, ácsok, burkolók, hegesztők, híradástechnikai ipari, műszeripari, vegyipari, élelmiszeripari, textilipari, bőripari, műanyagipari stb. dolgozók részére készülnek. Ott óhajtanak lenni munkahelyeiken és otthonaikban, hogy segítségükre legyenek a gyakorlati, a szakmai problémák megoldásában. Hasznos és megbecsült, különösebb fáradságot nem igénylő olvasmányok kívánnak lenni az otthoni időtöltés alkalmával. Munka közben pedig emlékeztetőként, „utánnéző”-ként kérnek helyet a polcon vagy a munkapad sarkán.

OLVASSA

**AZ
IPARI SZAKKÖNYVTÁR KÖTETEIT!**

MŰSZAKI KÖNYVKIADÓ