

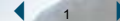


BMGE

KÜLÖNLEGES MEGMUNKÁLÁSOK

HSM	LBM	LOM	EDM	CHM
UPM	EBM	SLA	WEDM	ECM
MAM HDM	WJM AJM	SLS	WEDG	ECG
CVD PVD	USM	FDM	PEDM	ECP

Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia

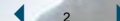


BMGE

Különleges megmunkálások indokoltsága

- ◆ A megmunkált anyag keménysége, szilárdsága túlságosan nagy.
- ◆ A munkadarab túlságosan rugalmas vagy karcsú ahhoz, hogy elviselje a forgácsolás közben fellépő erőket.
- ◆ Összetett bonyolult alakzatot kell megmunkálni (külső, belső).
- ◆ Hő keletkezése, felületi hőmérséklet növekedése nem megengedett.
- ◆ Maradó feszültség nem keletkezhet.
- ◆ Felületi minőség igénye nem kielégítő.
- ◆ Pontosság nem kielégítő.

Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia





UP esztergálás

BMGE



- Hűtést nem igényel – köszörülési iszap nincs
- Kisebb ráhagyás – anyagtakarékos
- Kovácsolási hőt felhasználva edzik – energiatakarékos
- Egy él dolgozik – kis deformáció, nagy pontosság
- Nagy anyagválasztási sebesség
- Jó felületminőség
- Egyszerű szerszámmal bonyolult profilt lehet gyártani

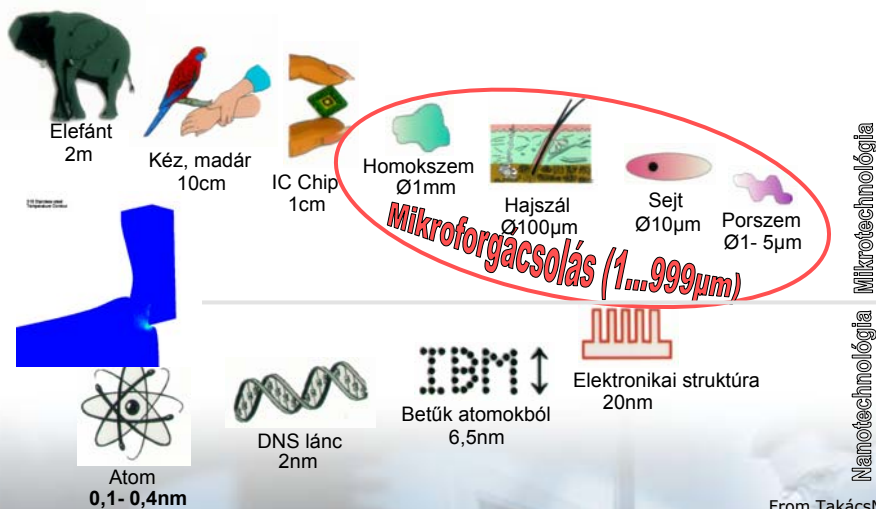
Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia

7



Mikroforgácsolás

BMGE



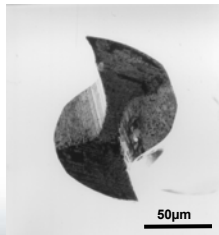
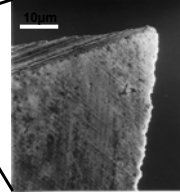
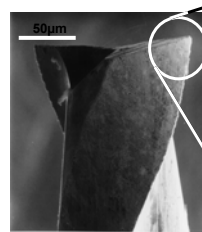
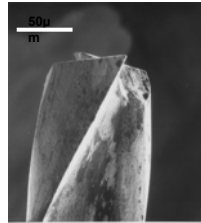
Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia

8

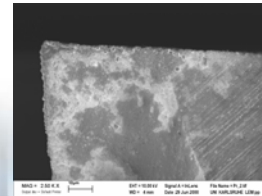


Mikromarás

BMGE



- Keményfém: WC-Co, mikroszemcsés, 2 élű, bevonat nélküli szerszámok
- Többféle gyártmány elérhető (Magafor, HAM, Jabro Tools, Kobelco, Gloor), min $\varnothing 100\mu\text{m}$
- Élezési problémák
- Éllekerekítési sugár: 3-5 μm
- Éltartam = élettartam



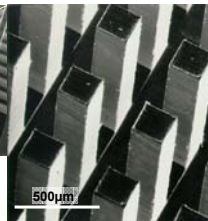
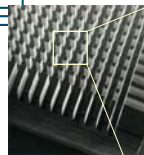
Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia

9 From TakácsM

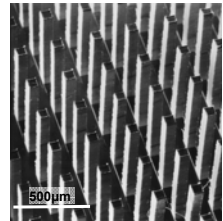


Mikromarási példák

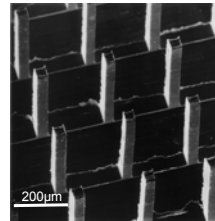
BMGE



200x200x1000 μm

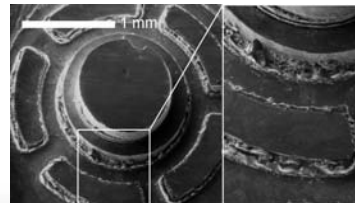


100x100x1000 μm



50x50x500 μm

- Kedvező optikai benyomás
- Jó felületi minőség ($R_z = \text{ca. } 1\mu\text{m}$)
- l/d viszony = 10
- Egyenes oszlopok
- Sorjaképződés, eltávolítása pl. elektrokémiai polírozással
- Felhasználási példa: mikroméretű fröccsszerszám



Paraméterek: $\varnothing 150\mu\text{m}$
 Ck45 V300 (HRC 51)
 $v_c = 30\text{m/min}$, $f_z = 1\mu\text{m}$, $a_p = 5\mu\text{m}$
 Kb. 3 óra

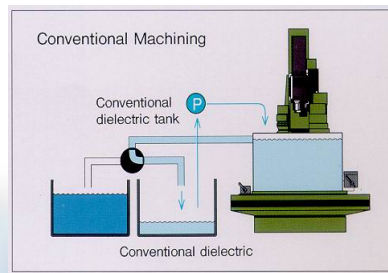
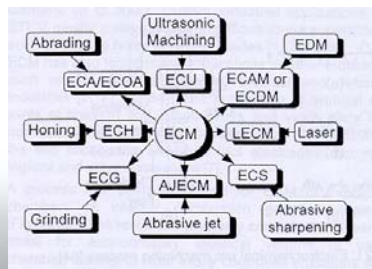
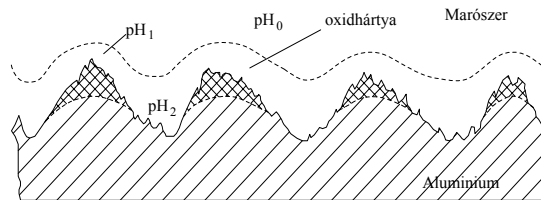
Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia

10



KÉMIAI MEGMUNKÁLÁSOK

BMGE



Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia

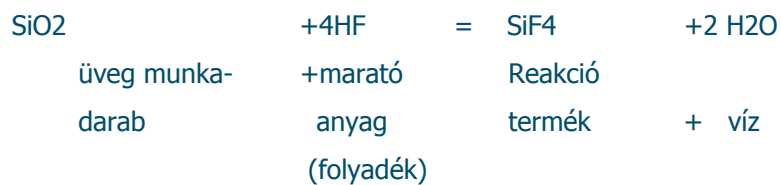
11



Üveg maratása

BMGE

Az üveg maratásakor lejátszódó vegyi reakció



Az üveg és a hidrogénfluorid reakciójaként folyékony szilíciumtetrafluorid és víz keletkezik. Az üvegnek azon felületeit, amelyeket nem akarunk maratni, el kell takarni. Takaráshoz viaszt, vagy parafint használnak.

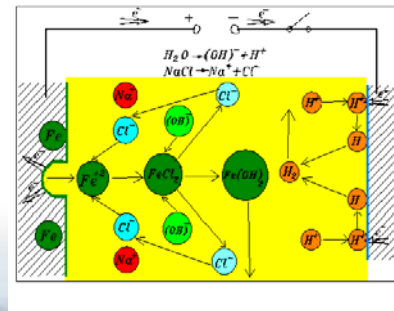
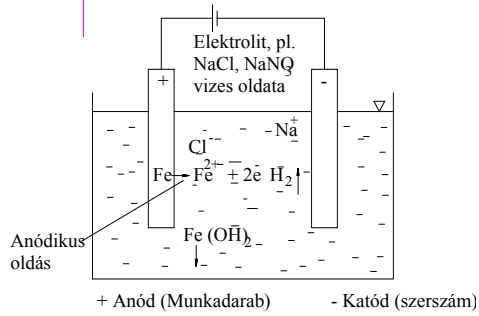
Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia

12



ELEKTROKÉMIAI MEGMUNKÁLÁSOK

BMGE

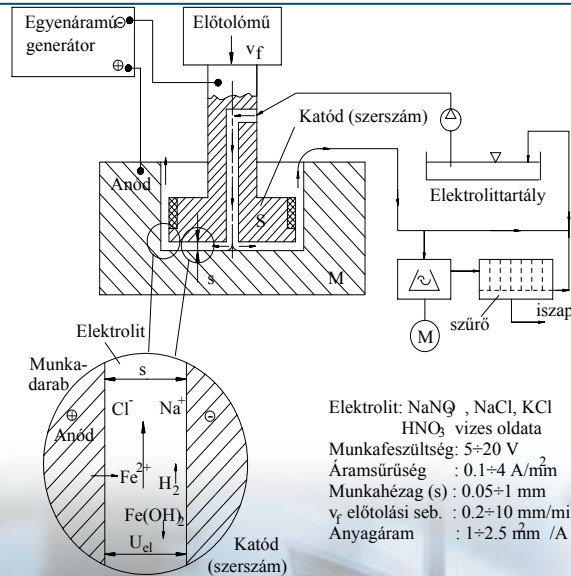


Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia



Elektrokémiai süllyesztés

BMGE

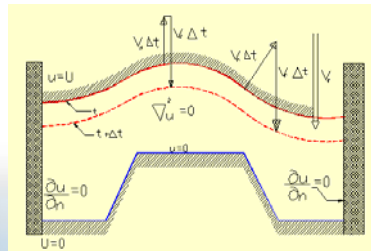
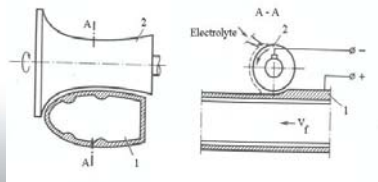
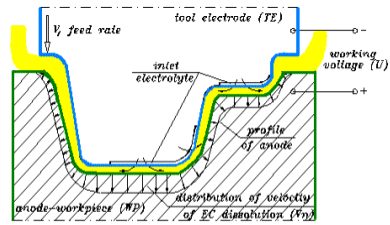
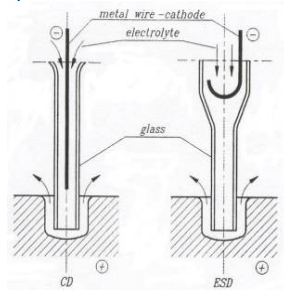


Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia



A munkarés

BMGE

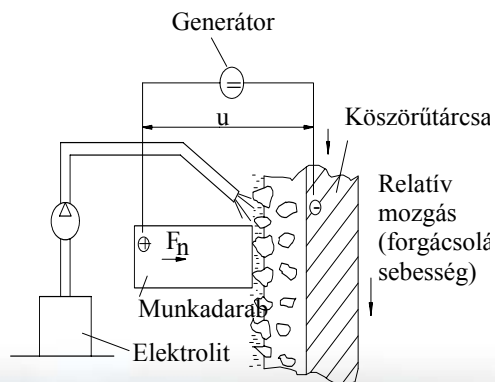


Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia



Elektrokémiai köszörülés

BMGE



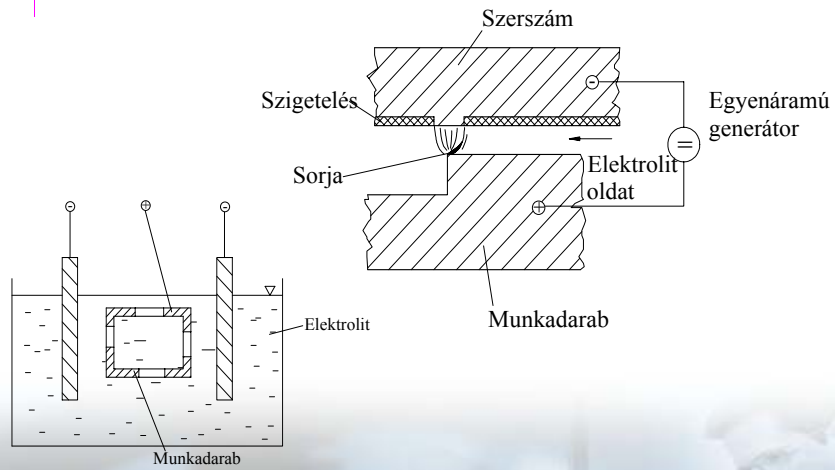
- Elektrolit : NaNO3, NaCl vizes oldata
- Szerszám: Gyémántszemcsés korong fém (vezető) kötéssel
- Munkafeszültség : 5÷15 V
- Áramsűrűség : 0.5÷2 A/mm²
- Szorítónyomás : 2÷12daN/cm²
- Köszörülési seb.: 20÷30 m/s

Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia



Elektrokémiai polírozás

BMGE



Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia

17



ECM alkalmazások

BMGE



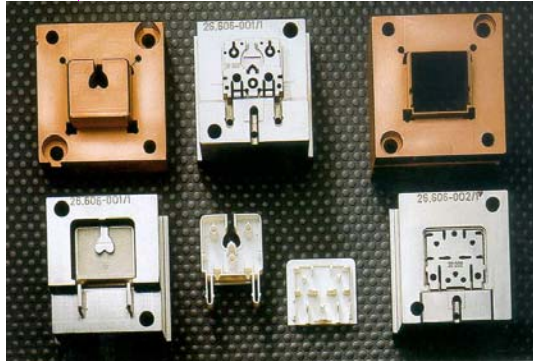
Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia

18



SZIKRAFORGÁCSOLÁS

BMGE

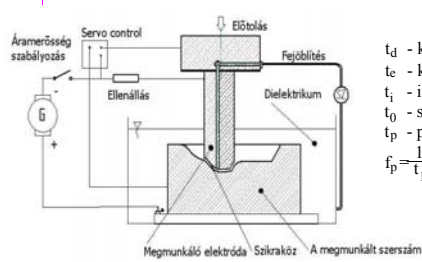


Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia

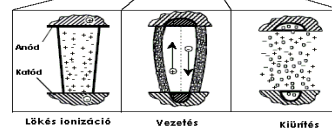
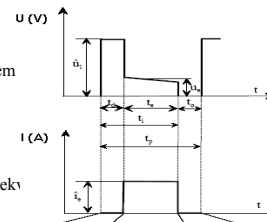


Szikraforgácsolás elve

BMGE

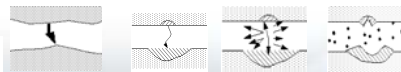
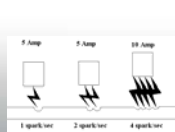


- t_d - kislési késedelem
- t_e - kislési idő
- t_i - impulzusidő
- t_0 - szünetidő
- t_p - periódusidő
- $f_p = \frac{1}{t_p}$ - követési frekv



Az anyagleválasztási sebességet befolyásoló folyamat paraméterek:

- impulzus feszültség (U_e),
- áramerősség (U_e, I_e),
- impulzusfrekvencia (f_p)
- szünetidő (t_0)

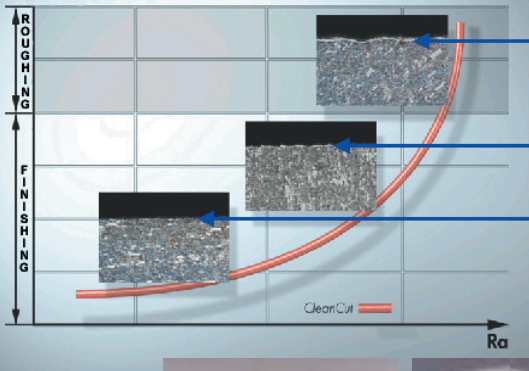


Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia



Felületi réteg problémája

BI



Nagyolás után az átolvasztott réteg vastagsága ≥ 10 mikron

Egy simítás után az átolvasztott réteg vastagsága ≤ 5 mikron

4 simítás után az átolvasztott réteg vastagsága ≤ 1 mikron

Átolvasztott réteg
Közbenő réteg

Szerkezeti átalakulás.

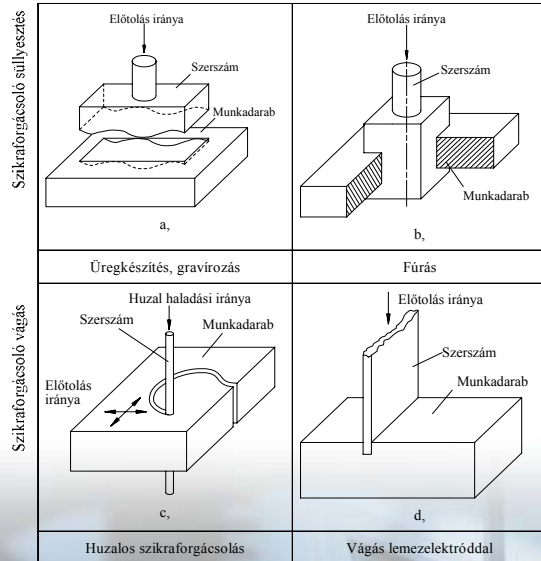


Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia



EDM változatok

BMGE

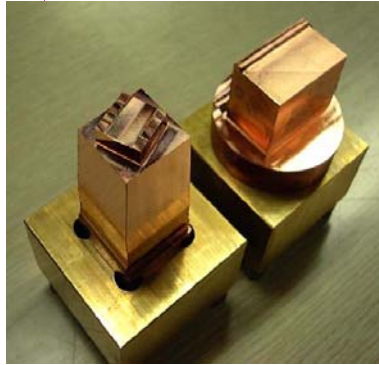


Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia



Elektródaanyagok

BMGE



Elektroáráz



Grafit elektroáda

- Könnyű, nagyobb méretű elektroárákhoz csak grafitból
- Hőterhelés magasabb

Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia

23



Elektroáda felfogás egységesítése

BMGE

1



Előgyártmány felfogása

2



Elektroáda marása

3



Elektroáda megmunkálás huzallal

4



Elektroáda felhasználása

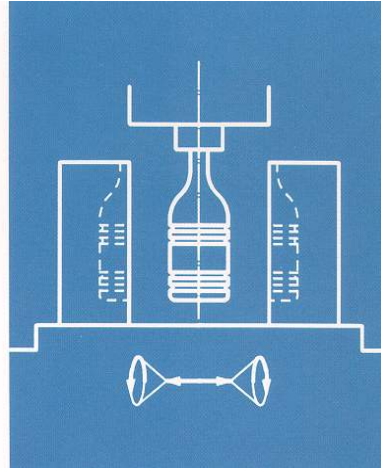
Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia

24



Tömbelektródás változat alkalmazása

BMGE



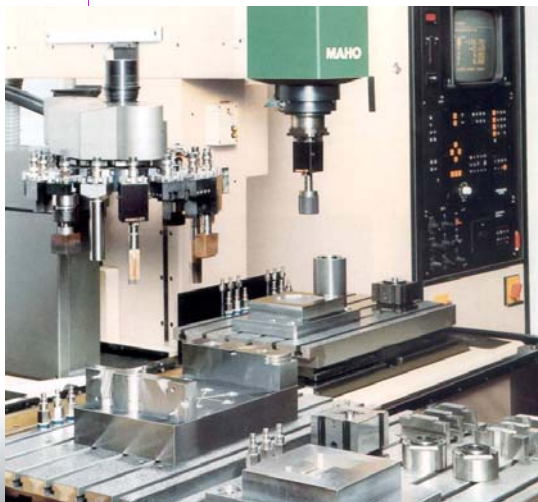
Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia

25



Tömbelektródás szikraforgácsolás

BMGE



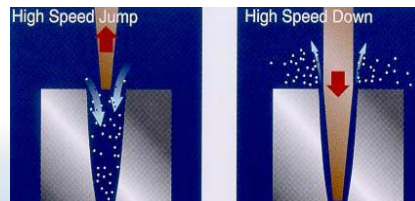
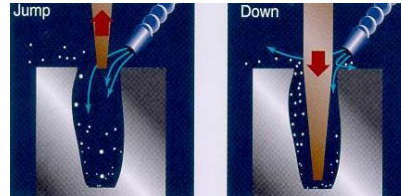
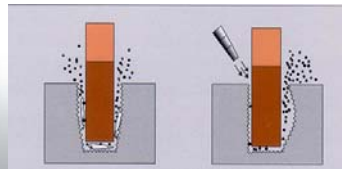
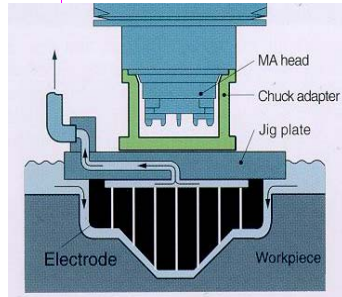
Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia

26



Öblítés

BMGE



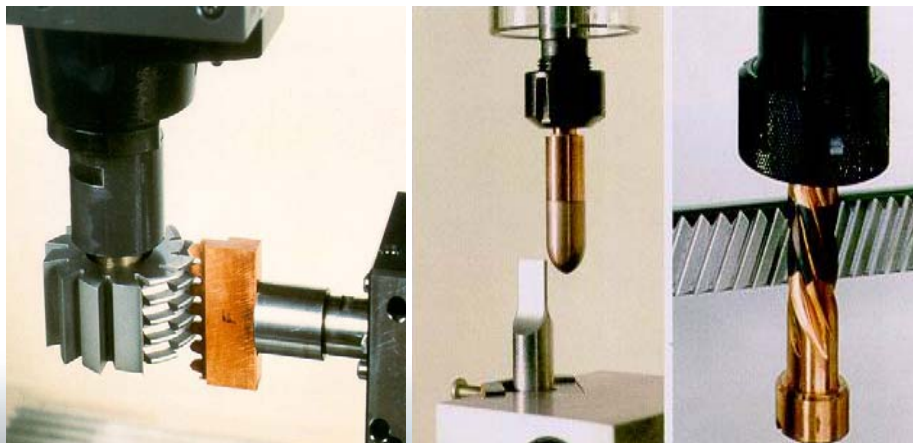
Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia

27



Szikraforgácsolás forgó fejjel

BMGE



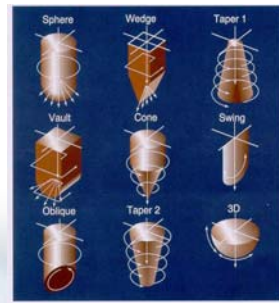
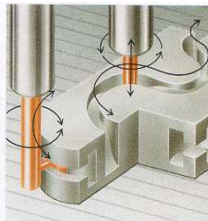
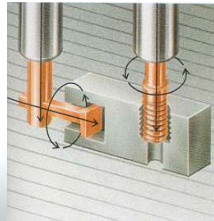
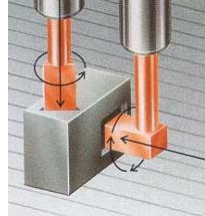
Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia

28



Elektróda bolygatás

BMGE

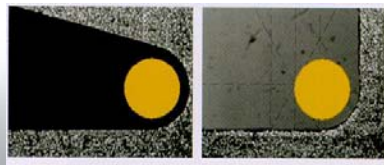
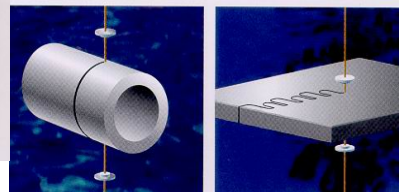
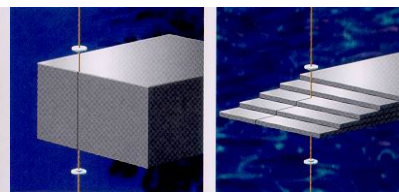
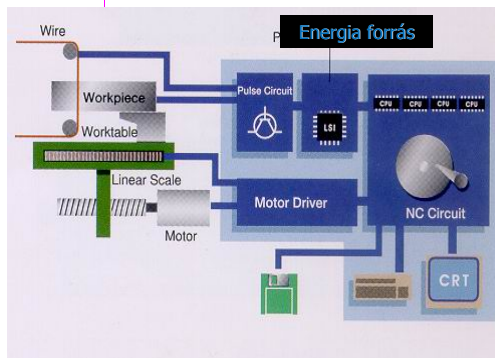


Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia



Huzalelektródás szikraforgácsolás

BMGE



Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia



SUGARAS MEGMUNKÁLÁSOK

BMGE

- ◆ Lézer
- ◆ Plazma
- ◆ Elektron
- ◆ Víz
- ◆ Abrázív sugár

Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia

31



BMGE

LÉZEREK ÁLTALÁNOS JELLEMZŐI MEGMUNKÁLÁSI ALKALMAZÁSOKHOZ

LÉZER TÍPUSA	EXCIMER	ND:YAG	CO ₂
HULLÁMHOSSZ	0.157 - 0.351 μm DUV ? UV	0.266 - 1.06 μm UV ? NIR	10.6 μm MID IR
FOTON ENERGIÁJA	7.8 - 3.5 eV	4.6 - 1.2 eV	0.12 eV
INTERAKCIÓ	ELECTRONIC EXCITATION PHOTOCHEMICAL BOND BREAKING ABLATION		RO-VIBRATIONAL EXCITATION THERMAL DISSOCIATION VAPORIZATION
A FOLYAMAT JELLEGE	NEM-TERMIKUS		TERMIKUS
FELBONTÁS	MAGAS ($\leq \mu\text{m}^2/\text{s}$)		ALACSON (10's TO 100's of

Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia

32



A leggyakrabban alkalmazott ipari lézerek

BMGE

Lézer típusok (Hullámhossz)	Teljesítmény [W]	Üzem mód	Alkalmazási terület
Excimer lézer 193 nm/248 nm	$5 \cdot 10^6 - 3 \cdot 10^7$	impulzus 15-30 ns	Anyagválasztás, Karcolás, Fotokémiai megm., Spektroszkópia
He-Ne lézer 632.8 nm	<1	folyamatos	Méréstechnika
Rubin lézer 693 nm	$1 \cdot 10^4 - 4 \cdot 10^4$ 100-200	impulzus 1-10 ms folyamatos	Fúrás
Nd-YAG 1060 nm	10^6 500	impulzus 10 ns folyamatos	Fúrás, Finomhegesztés
CO ₂ -lézer 10.6 μm	$5 \cdot 10^3$ $5 - 2.2 \cdot 10^4$	impulzus $1 - 10^5$ μs folyamatos	Vágás, Hegesztés, Fúrás, Felületi kezelés, stb.

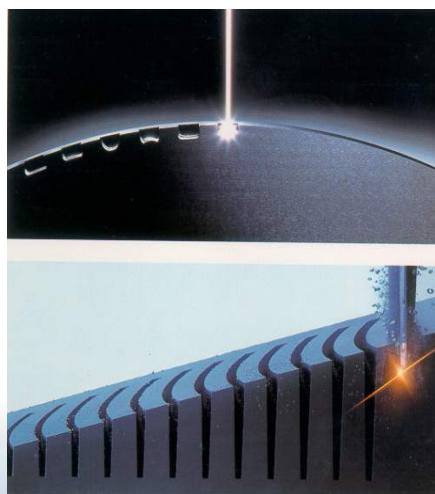
Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia

33



Megmunkálás laser sugárral

BMGE



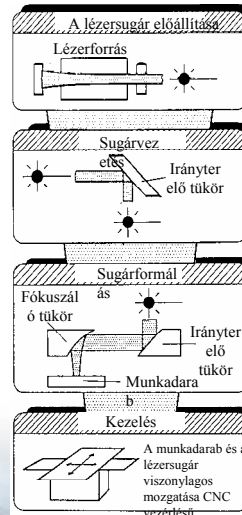
Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia

34



BMGE

A lézeres megmunkálás elméleti felépítése



From Takács

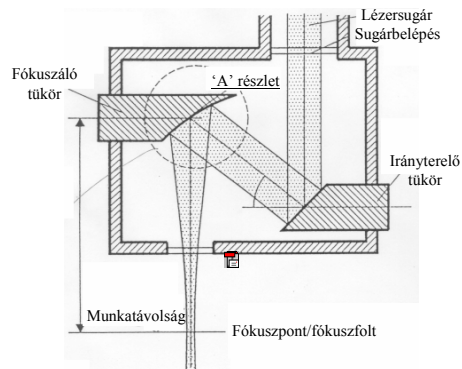
Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia

35

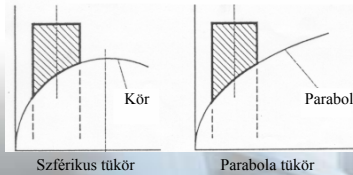


BMGE

Tükrös fókuszáló berendezés felépítése



'A' részlet. Fókuszáló tükrök típusai



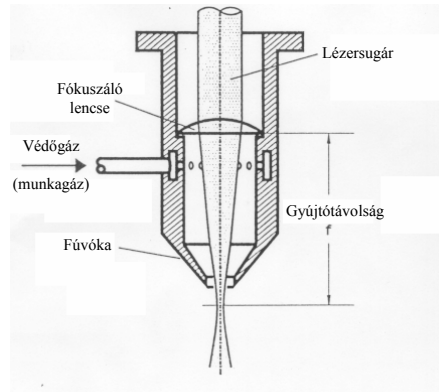
Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia

36 From Takács



Lencses fókuszáló berendezés felépítése

BMGE



Fókuszáló lencsék típusai



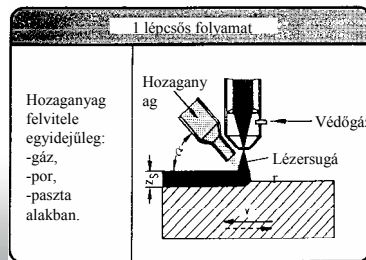
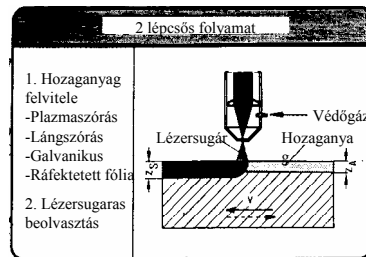
Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia

37 From Takács



Bevonatképzés

BMGE



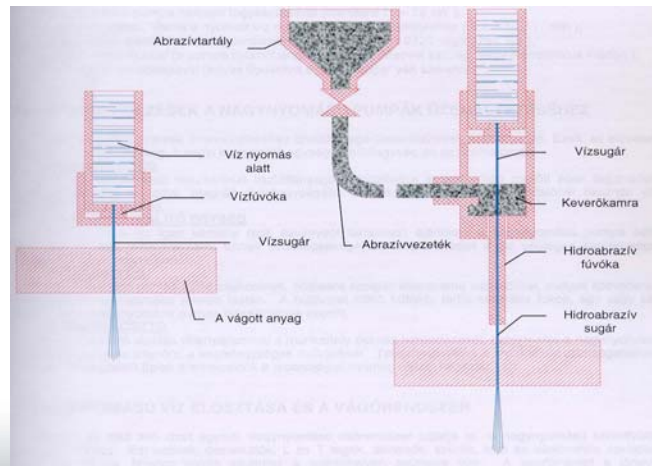
Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia

38



Vízugaras megmunkálások

BMGE



Dr. Markos Sándor, Gépjárástéchnológia

39



Vízzel vágható anyagok

BMGE

Vízzel vágható anyagok

- > Lágy gumi, Hab, zink fólia, szőnyeg, lágy gasket anyag

Abrazív vízszugárral vágható anyagok:

- > Titán, alumínium, kő, kemény gumi, inconel, edzett acél



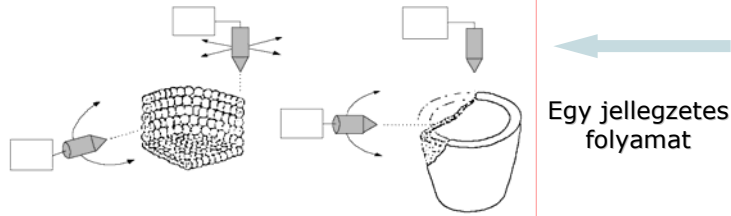
Dr. Markos Sándor, Gépjárástéchnológia

40



RP TECHNOLOGIÁK

BMGE



Egy jellegzetes RP darab



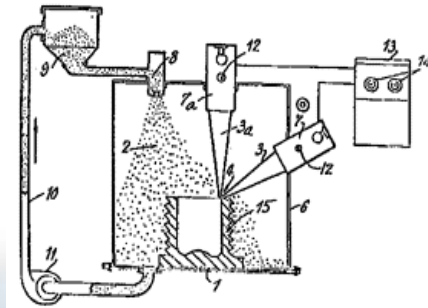
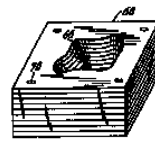
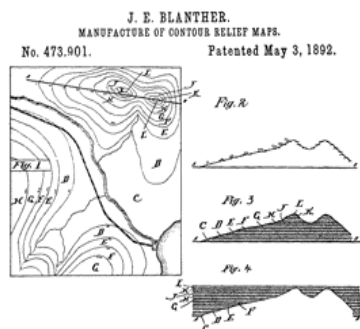
Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia

41



A rétegezt gyártás múltja

BMGE



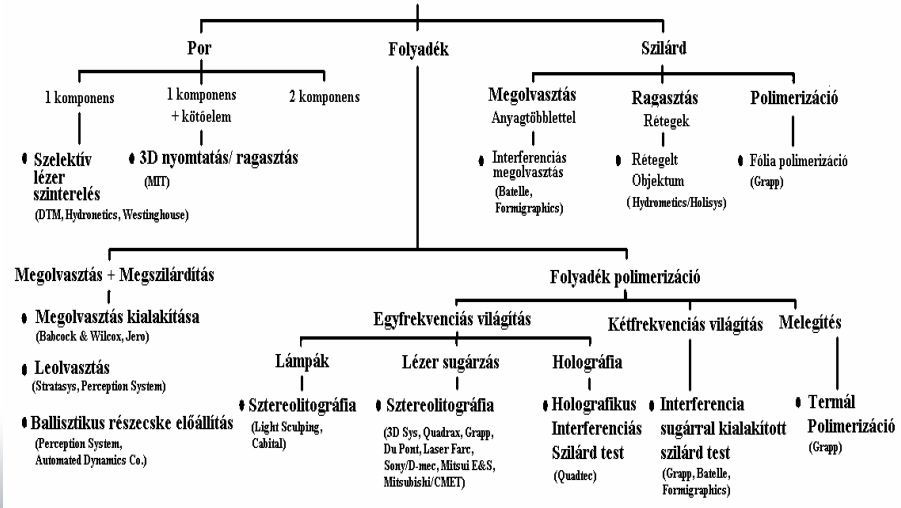
Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia

42



SFM eljárások csoportosítása

BMGE



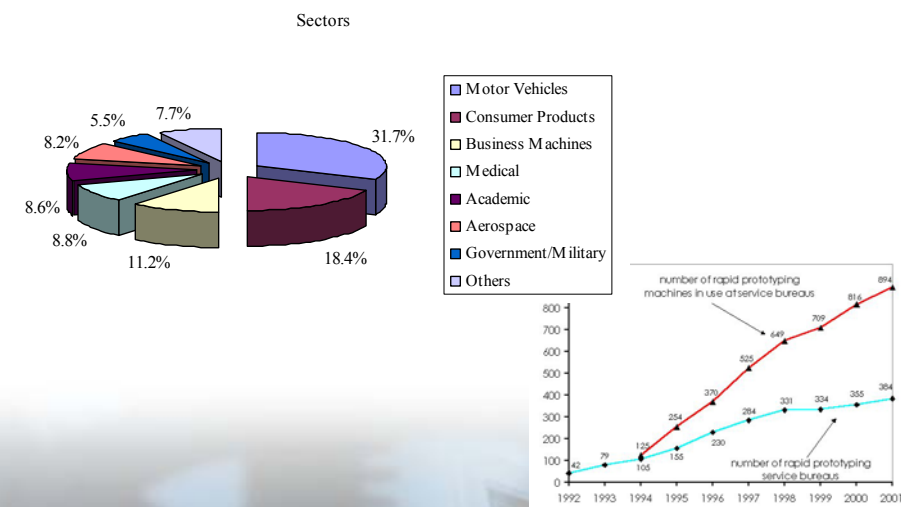
Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia

43



RP technológia alkalmazásának fejlődése

BMGE



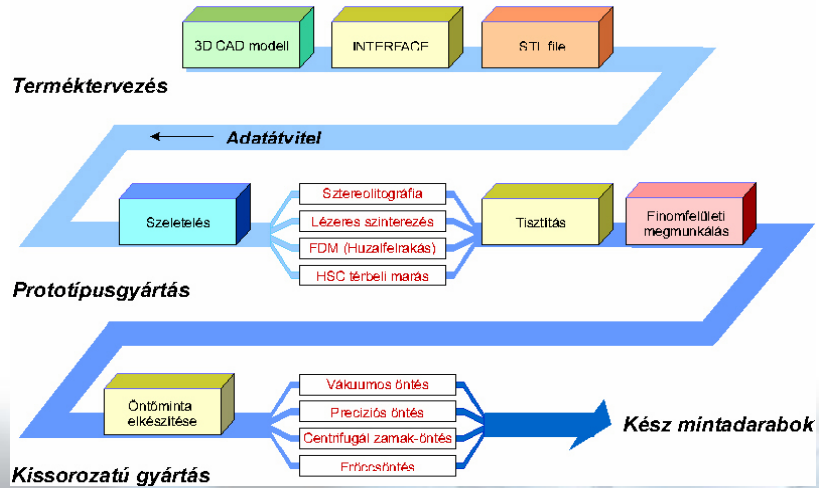
Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia

44



RP megmunkálási folyamat

BMGE



Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia

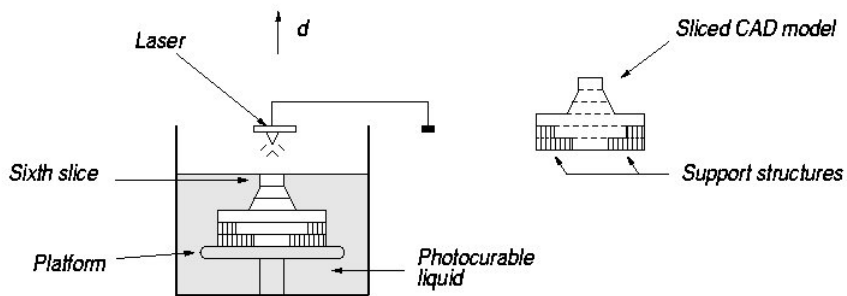
45



Rétegelt megmunkálás

BMGE

3D-s modell felépítése 2D-s rétegekből



Sztereolitográfia

Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia

46



Rétegekből felépített objektumok

BMGE



Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia

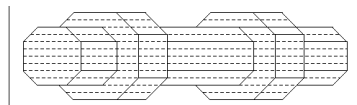
47



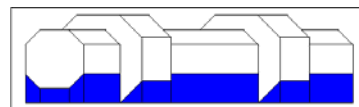
Geometriai megfontolások

BMGE

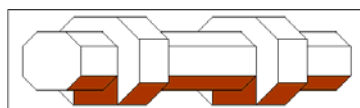
A rétegelés iránya befolyásolja a munkadarab minőségét és a termelékenységet



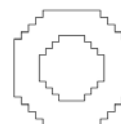
Rétegek száma



Megtámasztás igénye



Megtámasztás-kontaktus



Felület minősége

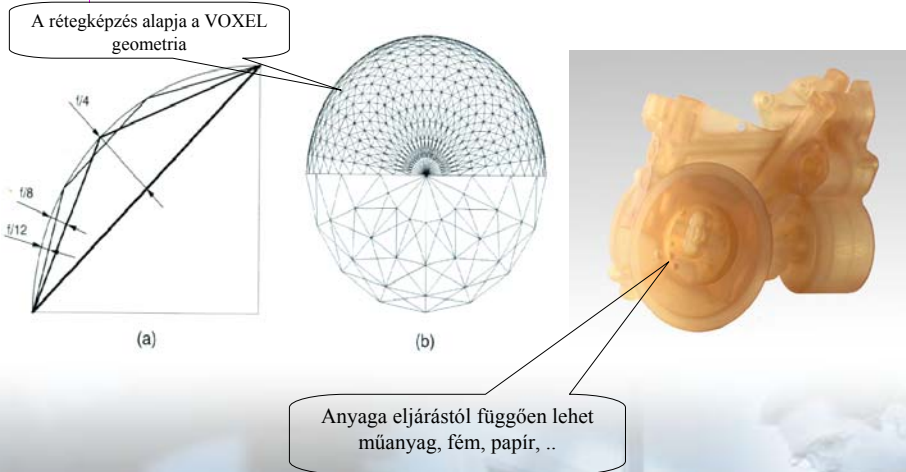
Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia

48



A rétegeképítés elve

BMGE



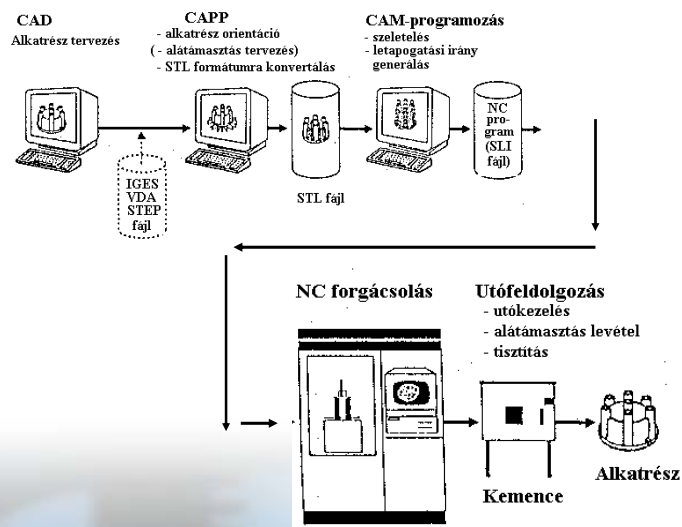
Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia

49



Az információ áramlás

BMGE



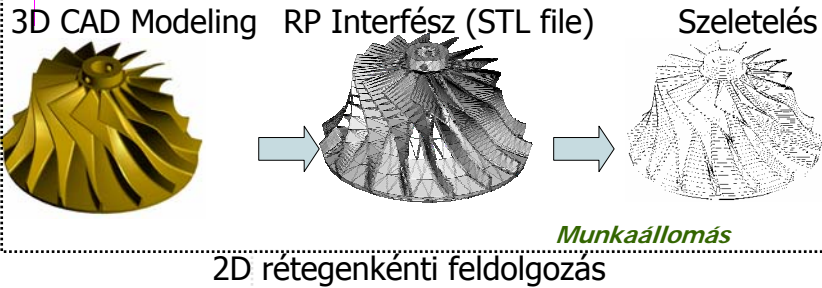
Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia

50



RP műveletek

BMGE



RP alkatrész megmunkálás



Utófeldolgozás

- utókezelés
- polírozás
- ...

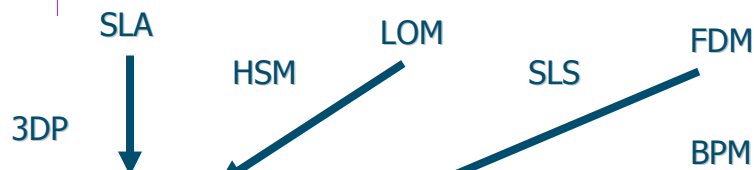
Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia

51



RP módszerek az ősminta előállítására

BMGE



- Mintától elvárt pontosság,
- Pontossági követelmény irányultsága
- Minta megkívánt anyaga
- Minta mérete, tagoltsága
- Egységnyi térfogatra eső költség

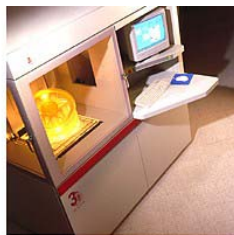
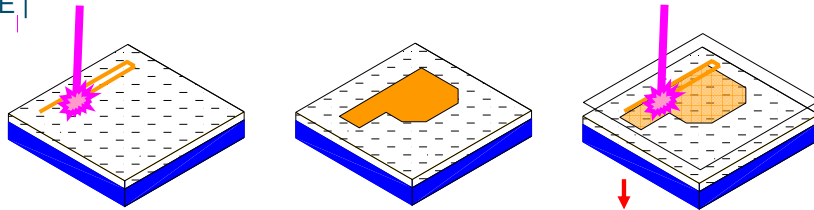
Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia

52



SLA - „Stereolithography”

BMGE



Előnyök

- sebesség
- CAD adatok érvényesítése
- pontosság

Korlátok

- Anyagok (fotópolimerek)
- Rideg - hidroszkopikus
- Folyamat

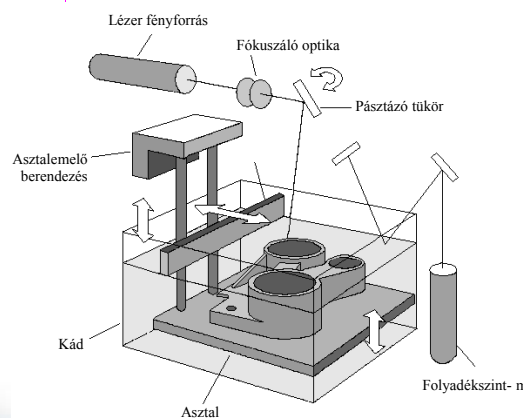
Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia

53



Sztereolitográfia (Stereolithography, SLA)

BMGE



- Az első lépésben az asztalt a beállított rétegvastagságnak megfelelő mélységbe süllyeszti az oldatba.
- Ott ahol a modell adott rétegében anyag van, ott a lézersugárral végigpásztázzák az oldatot, melynek hatására ott részben megszilárdul.
- A következő lépésben az asztalt lejjebb süllyeszti, és elkészítik a következő réteget. Ismétlés a darab elkészültéig.
- Ezután a darabokat kiemelik a folyadékból, megtisztítják és UV-kemencében 10- 24 óra alatt teljesen térhálósítják.
- Az eljárással 0.1 -0.05 mm méret és alakpontosság érhető el, a felületi érdességet elsősorban a rétegek vastagsága határozza meg (0.1 -0.05 mm).

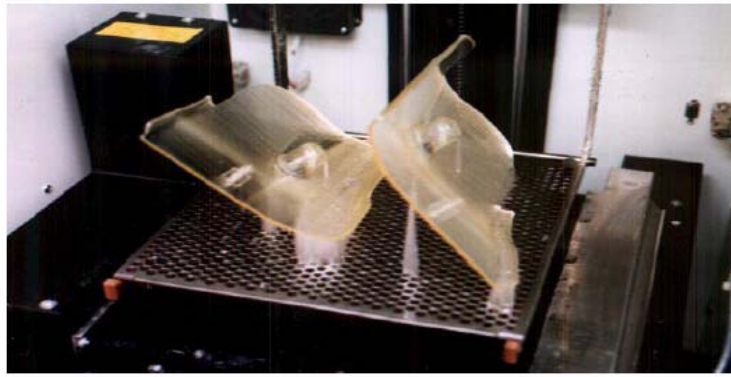
Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia

54



SLA termék

BMGE



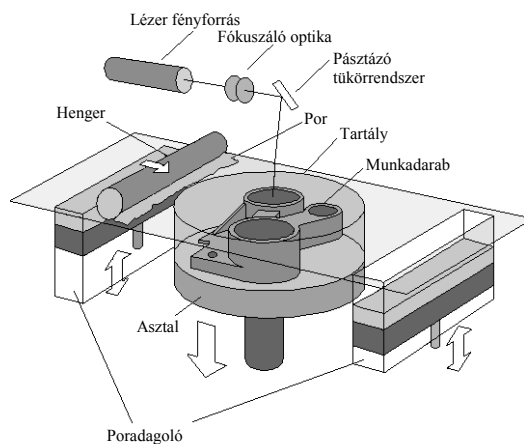
Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia

55



Szelektív lézeres szinterelés (SLS)

BMGE



Az eljárással minden olyan anyag feldolgozható, melyből megfelelő por készíthető, és a por szinterelhető marad, tehát:

- A por egyenletes, kis szemcse nagyságú
- Nem hajlamos a csomósodásra, kenődésre, statikus feltöltődésre
- Nem alakul ki a szemcsék felületén olyan réteg, amely megakadályozza a szinterelés (oxid-, nitrid-réteg, az őrlés során valamely alkotó felületi feldúsulása stb.)
- Az abszorpciós képessége a lézer hullámhosszán elegendően nagy.

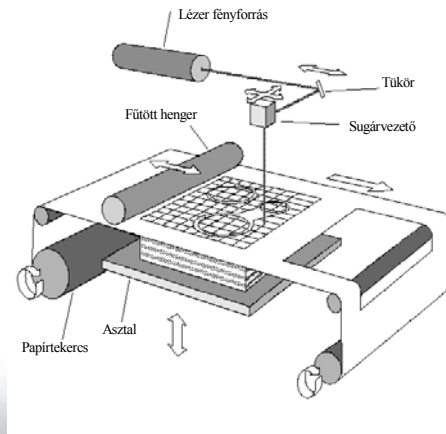
Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia

56



Réteget Darabgyártás (LOM)

BMGE



• Olyan eljárás, amelynél fóliaszerű anyagból (papír vagy laserrel vágható más anyag) vágja ki és erősíti egymáshoz az egyes rétegeket a megmunkáló gép.

• Az előbb elkészített rétegre kerülő oldal, ragasztóval van bevonva, amit egy fűtött henger aktivizál.

• Az új rétegbe a lézersugár belevágja az aktuális külső és belső kontúrt, amit CAD rendszer hozott létre.

• Passzív részek darabolása eltávolíthatóság miatt

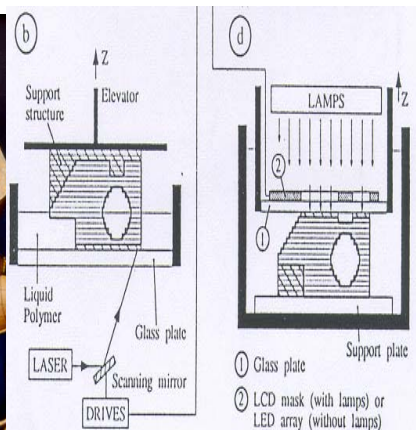
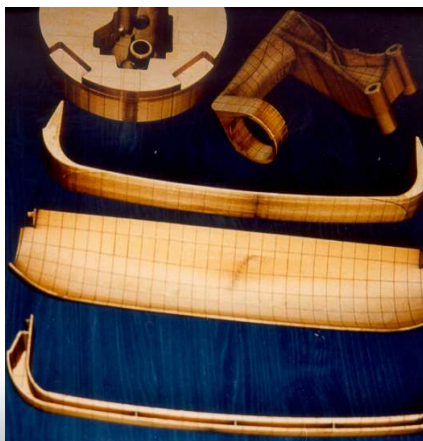
Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia

57



Réteget darabgyártás (LOM)

BMGE



Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia

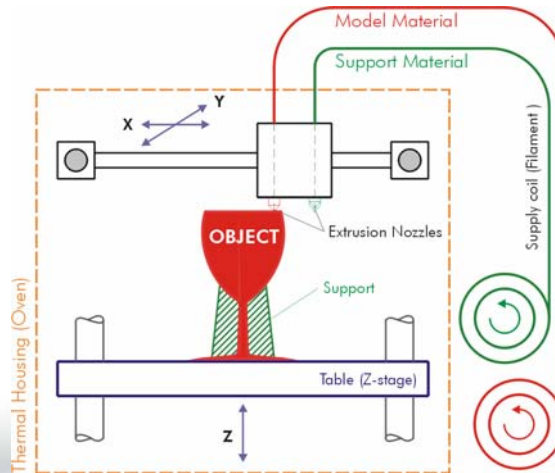
58



Rétegeképítés felrakással (FDM)

BMGE

3D extrudálás



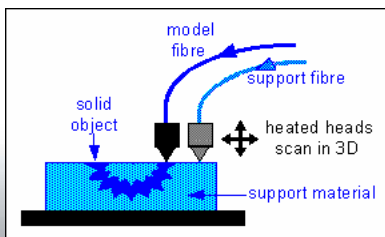
Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia

59



„Fused Deposition Modelling” (FDM)

BMGE



Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia

Előnyök

- FDM az anyagok sokféleségének alkalmazását teszi lehetővé az ABS dominanciája mellett. A huzal cseréjével a szín könnyen megváltoztatható.
- Vékony alkatrészek egészen gyorsan állíthatók elő, és a ± 0.12 mm-es pontosság az alkalmazások többségénél megfelelő. Az anyagok nem toxikusak, és a folyamat alacsony hőmérsékleten valósul meg.

Hátrányok

- Összecsapás vonalak a rétegek között, az alkatrész szilárdsága gyenge az extrudálás irányára merőlegesen. Ha az extruder fej nem egyenletesen mozog zárványok lehetnek a rétegek között.
- Mechanikai vizsgálatok igényelte mechanikai szilárdság gyenge.

60



BEVONATOLÁS

BMGE

Korrózióvédelem,

Külcsiny emelése,

Méretváltoztatás

- Kopásállóság növelése, magas hőmérsékleten is.
- Magasabb repedésállóság (kisebb hőszokk-érzékenység)
- Megnövekedett kémiai stabilitás
- Kisebb súrlódási tényező és hővezető képesség
- Megnövelt forgácsolási sebesség és előtolás
- Hosszabb szerszáméltartam

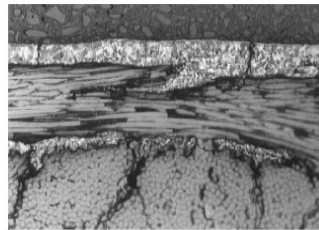
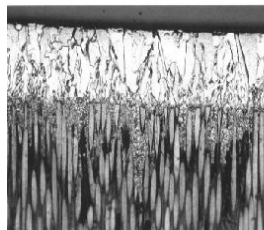
Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia

61

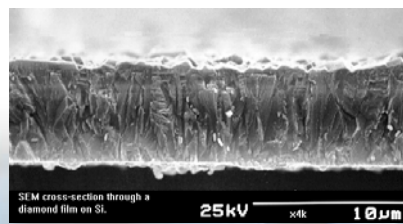


Rétegstruktúrák

BMGE



COATINGS ON CARBON-CARBON COMPOSITES (C-C)



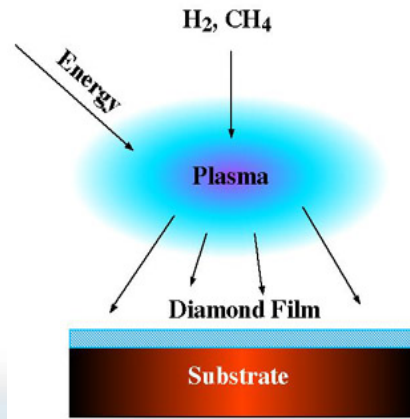
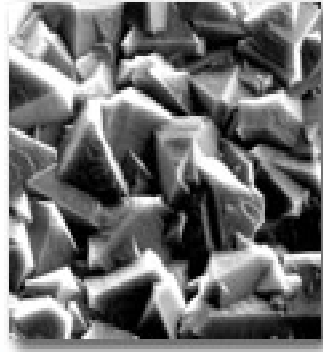
Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia

62



Gyémánt (szerű) bevonat előállítása

BMGE



Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia

63

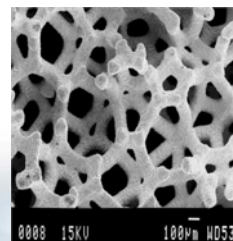


Fémfelszórás

BMGE



- Nagy sebességű áramló közeg 100 m/s;
- Felületek megtisztítva
- Keményfém, kerámia is felhordható
- A plazma sugár hőmérséklete 15,000 °C,



Dr. Markos Sándor, Gépgyártástechnológia

64