

D) AZ ALUMÍNIUM FELÜLETKEZELÉSE

Az alumínium a legreakcióképesebb fémek egyike. A levegő oxigénjének hatására felületén vékony oxidréteg alakul ki, amely megvédi az atmoszféra vegyi hatásával szemben. Az oxidréteg víz és kevésbé agresszív atmoszférában ellenálló, mechanikai igénybevétel esetén a követelményeket azonban nem elégíti ki. Ezért olyan eljárásokat kellett keresni, amelyek lehetővé teszik vastagabb, tömör oxidrétegek előállítását, ill. más fémmel való bevonását.

Különösen fontos a nehézfém-tartalmú alumínium-ötvözetek védelme, mert az ötvözők (vagy szennyezők) megakadályozzák a pórusmentes természetes oxidréteg kialakulását.

Az alumínium felületének kezelése megváltoztatja annak tulajdonságait, és ezzel bővíti felhasználási lehetőségeit is.

Az alumínium és ötvözeteinek felületi kezelése lehetséges:

- elektrolitikus oxidációval,
- galvanizálással,
- kémiai oxid-, foszfát- és kromátrétegek kialakításával.

A különféle felületi kezelésekkel az alumínium felülete keményebb, kopásálló lesz, külső megjelenése javul, korrózió elleni védelme fokozható.

Az alumínium felületének kémiai oxidációját széles körben alkalmazzák festés előtt. Ha a kémiai úton kezelt oxidrétegeken további védelmet nem alakítanak ki, az eljárás elsősorban átmeneti korrózióvédelemre használható.

1. Alumíniumfelületek előkészítése

Minden felületkezelés, de különösen az anódos oxidáció, és főleg galvanizálás előtt rendkívül fontos a felület tisztasága és simasága. Az előkezelő eljárások a következő fő csoportokra oszthatók:

- mechanikai előkezelés,
- zsír- és olajrétegek eltávolítása,
- kémiai oxidmentesítés,
- polírozás kémiai, ill. elektrokémiai eljárásokkal.

Alumíniumfelületek mechanikus előkészítése

A nagyobb felületű alumínium alkatrészek mechanikus előkészítését korongos, szalagos állványos csiszológépekkel, csiszoló célgépekkel és automatakkal végzik. Az eljárás megegyezik a vas és acél alkatrészek megmunkálására alkalmazottal.

Kisebb méretű alkatrészek mechanikus megmunkálására itt is eredményes a forgódobos koptatás, különösen pedig a műanyag kötésű csiszolótesztekkel végzett vibrációs csiszolás (csiszolás, oxidmentesítés, sorjaeltávolítás, polírozás).

Matt és félmatt felületek előállítására alkalmazzák a kefézést és a különféle szemcseszórási eljárásokat fémsöréttel, kovafölddel, acélvagdalékkal.

Alumíniumfelületek tisztítása

Az alumínium felületéről mindenekelőtt el kell távolítani a korábbi műveletek során rá tapadt növényi és állati eredetű zsírokat és olajokat, ásványolajtermékeket, emulziókat. Eltávolítandók:

- különféle védőolajok és zsírok,
- csiszoló- és polírozópaszta-maradványok (sztearin, paraffin, viasz, kvarcliszt stb.),
- por, fémpor és egyéb szilárd szennyeződések,
- hegesztéshez és forrasztáshoz használatos anyagok,
- oxidrétegek (hőkezelési réteg stb.).

A tisztítási műveleteket lehet kézi úton különféle kefékkel, oldószeres tisztítással triklór-etilénnel, perklór-etilénnel és fluorozott szénhidrogénekkkel, emulziós tisztítással, lúgos tisztítással végezni. Az emulziós tisztító eljárások közül eredményes az ún. két- vagy több fázisú tisztítás. E szerint az eljárás szerint az első lépcsőben az alkatrészeket paraffinolaj- és benzoltartalmú oldószerben tisztítják, ezt követi a második fázisú, vizes oldatban való kezelés. A vizes oldat összetétele:

Paraffinolaj	8%
Trietanol-amin	0,25%
Olajsav	0,5%
Víz	90%

A tisztítást lehet végezni tartályokban merítéssel, alagútrendszerű mosógépeken, szórással vagy forgódobokban.

Lúgos tisztítás. Alumínium felületének tisztítására a legmegfelelőbb a lúgos tisztító eljárás. Mivel az alumínium amfoter jellegű fém, és erős lúgokban oldódik, a tisztítóoldat lúgosságát alacsony szinten kell tartani. Az alumínium oldódásának megakadályozására ezenkívül inhibitorokat is kell alkalmazni.

A korszerű lúgos tisztítóoldatok alumínium és ötvözetek tisztítása esetén a következő feltételeknek kell megfelelniük:

- az oldat komponensei könnyen és teljesen oldódjanak, stabilisak és könnyen leöblíthetők legyenek,
- az oldat pH-ja 9...10 között legyen,
- jó nedvesítő hatású legyen,
- az oldatnak legyen emulgeálóképessége,
- tartalmazzon inhibitorokat.

Az inhibitorok és alumínium vagy oxidréteg között kialakuló védőfilm megakadályozza az alapfém korrózióját. Az inhibitorok tartalmazhatnak szilikátokat, foszfátokat, kromátokat és fluoridokat. A tisztító oldatok tartalmaznak még ún. nedvesítőanyagokat is. Feladatuk a zsírok emulgeálása és a szilárd szennyezők diszpergálása.

Lúgos tisztításra a következő anyagok használhatók:

- szappan (nátrium-oleát),
- nátrium-metaszilikát,
- trinátrium-foszfát,
- nátrium-szilikát,
- nátrium-hidroxid,
- nátrium-karbonát,
- nátrium-polifoszfát.

Alumíniumfelületek tisztítására eredményesen használhatók a következő oldatok:

1. Nátrium-szilikát, Na_2SiO_3 , g/l	20
Nátrium-karbonát, Na_2CO_3 , g/l	50...100
Trinátrium-foszfát—víz (1/12), $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, g/l	30...40
Nátrium-hidroxid, NaOH, g/l	20...30
Tisztítási hőmérséklet, °C	60...90
2. Nátrium-karbonát, Na_2CO_3 , g/l	5...10
Trinátrium-foszfát—víz (1/12), $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12/\text{H}_2\text{O}$, g/l	50
Tisztítási hőmérséklet, °C	80...90
3. Nátrium-karbonát, Na_2CO_3 , g/l	10...40
Nátrium-szilikát, Na_2SiO_3 , g/l	5...10
Tisztítási hőmérséklet, °C	80...90

A tisztítóoldatok inhibitorokat:

- glükonátokat,
- etilén-glikolt,
- etanol-amínt stb.

is tartalmaznak. A tisztítási idő 2...5 min.

Az alumínium és ötvözetek lúgos tisztítása során előforduló hibákat, azok okait és elhárításuk módját a 73. táblázat tartalmazza.

megjelenése	A hiba	
	oka	elhárítása
A tisztító oldatban az alumínium erősen korrodálódik	Az oldat pH-ja nagy	Előírt pH beállítása
	Kevés az inhibitor az oldatban	Inhibitoradagolás
Az alumínium felületén pórusok képződnek	Tisztítás után a felületen lúg maradt vissza	A tárgyat nátrium-hidroszulfid- vagy salétromsav-oldatban le kell öblíteni
A tisztítás nem kielégítő	A tisztító oldatban a vegyi anyag koncentrációja kicsi	Az oldat az előírt összetételre kiegészítendő
	Elhasználta a zsirtalanító	Nedvesítő adagolás Az oldatot ki kell cserélni
	A megmunkálandó felület erősen szennyezett	Előzetesen oldószerrel kell tisztítani
A festék vagy galvánréteg tapadása rossz	Nem kielégítő az öblítés	Az öblítővíz mennyiségének növelése
	A tárgy felületén erősen tapadó inhibitor film van	Öblíthető inhibitorok használata
	Nem kielégítő az oxid eltávolítása	A lúgtartalom növelése
A munkadarab felületén iszap képződik	Réztartalmú ötvözetek megmunkálásakor nagy az oldat pH-ja	Az oldat pH-jának csökkentése Inhibitoradagolás
A tisztító oldatban nagymértékű pelyhesedés látható	Rezet, magnéziumot vagy szilíciumot lekötő vegyszerek hiánya	Kompleképző (polifoszfát) adagolás
	Sok karbonát van az oldatban	Karbonátmentes tisztító adagolás
Az alumínium felületén oldhatatlan film képződik	Sok az inhibitor az oldatban	Helyes érték beállítása

Elektrolitikus zsirtalanítás. Az alumínium felületének tisztítására az elektrolitikus zsirtalanítást, mivel a tisztítóoldat az alumínium felületét erősen megmarja, csak ritkábban alkalmazzák. Használható oldatok és az üzemi feltételek:

1. Nátrium-szilikát, Na_2SiO_3 , g/l	45
Nátrium-karbonát, Na_2CO_3 , g/l	35
Nátrium-hidroxid, NaOH, g/l	15
Nátrium-cianid, NaCN, g/l	5
Hőmérséklet, °C	20
Kezelési idő, min	0,5...1
Katódos áramsűrűség, A/dm ²	10...15
2. Trinátrium-foszfát—víz (1/12), $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$, g/l	10
Nátrium-karbonát, Na_2CO_3 , g/l	20
Nátrium-szilikát, Na_2SiO_3 , g/l	5
Hőmérséklet, °C	20
Idő, min	1...5
Katódos áramsűrűség, A/dm ²	10

Oxidmentesítés kémiai eljárásokkal

Az alumínium felületén levő oxidréteget el lehet távolítani:

- savas pácolással,
- lúgos pácolással,
- kombinált savas és lúgos kezeléssel.

Savas pácoló eljárások. A pácolóoldat salétromsavat, krómsavat, kénsavat és szilíciumtartalmú öntvények esetén hidrogén-fluoridot tartalmaz; különösen fontos a salétromsav, amely az alumínium felületét lassan marja és a króm(VI)-oxid, amely passziváló hatású.

Alkalmazott savas tisztítóoldatok:

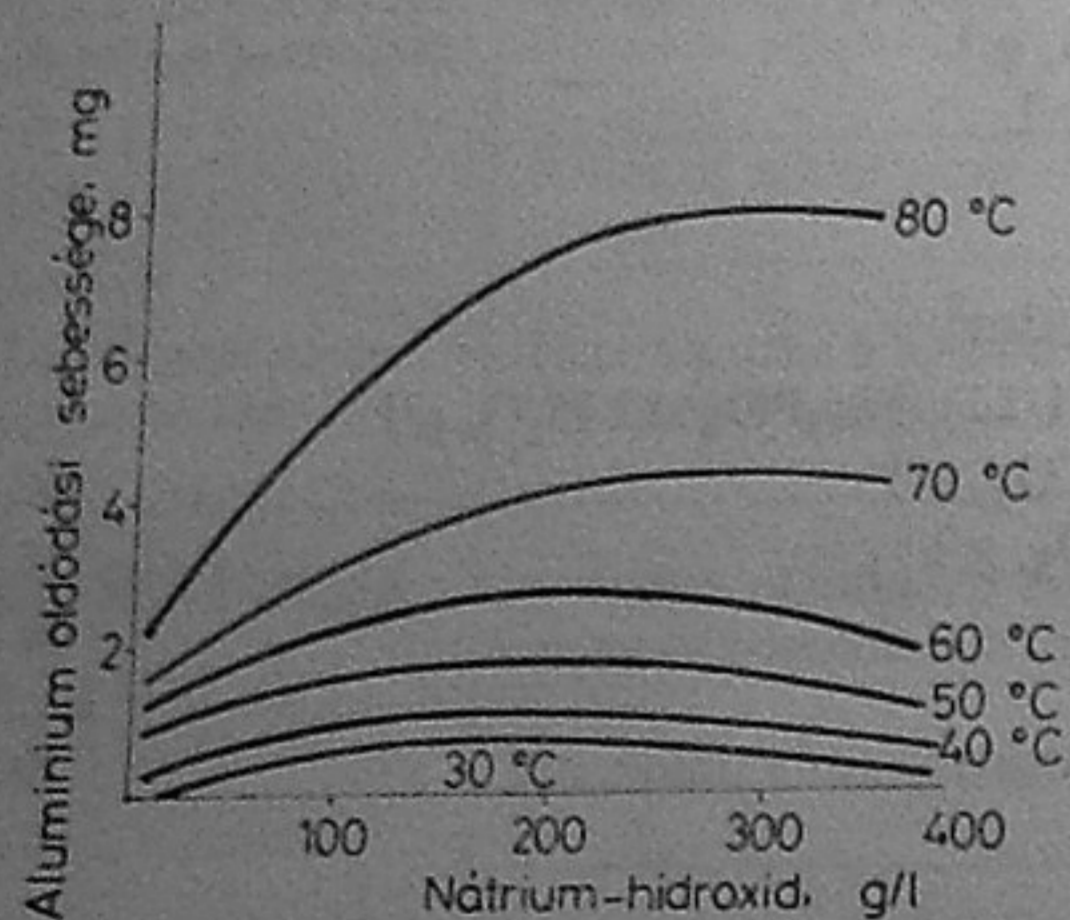
1. Salétromsav, HNO_3 , g/l	45...500
Hidrogén-fluorid, HF, g/l	50
Hőmérséklet, °C	20
2. Króm(VI)-oxid, CrO_3 , g/l	50...175
Kénsav, H_2SO_4 , g/l	35...100
Hőmérséklet, °C	40

Lúgos pácoló eljárások. Leggyakrabban alkalmazott a zsír és oxid együttes eltávolítására az adalékmentes nátrium-hidroxid-oldat.

Nátrium-hidroxid, NaOH, %	4...10
Hőmérséklet, °C	40...90
Kezelési idő, min	5

Az alumínium a nátrium-hidroxidban hidrogénfejlődés közben oldódik és alumínát képződik. A lúgos pácolás sebességét az oldat nátrium-hidroxid-tartalmának és a kezelési hőmérséklet függvényében a 31. ábra szemlélteti.

Főleg nehézfém-tartalmú ötvözetek lúgos pácolásához komplexképzők is használhatók (tartarát, citrát, glükonát, trietanol-amin).



31. ábra. Alumínium lúgos pácolásának sebessége

Kombinált savas és lúgos kezelés. Ha az alumínium felületén korróziós termékek jelennek meg, azokat lúgos pácolással távolítják el. Lúgos pácolás után főleg nehézfém-tartalmú ötvözetek felületén fekete lepedék marad. Ezt ki kell fehéríteni, 20...100 g/l salétromsav-tartalmú oldattal. A kezelési idő az ötvözet összetételétől függően 1...5 min.

Alumínium polírozása elektrokémiai eljárással

Az alumínium elektrokémiai polírozására több eljárás ismeretes: lúgos, tetrafluoroborátos és foszforsavas stb.

Általánosan használható műveleti sor:

- mechanikus polírozás,
- zsírtalanítás szerves oldószerben,
- szárítás,
- katódos zsírtalanítás,
- öblítés,
- elektropolírozás,
- mosás,
- fehérítés (18...80 g/l Na_2CO_3 + 30 g/l K_2CrO_4 , 70...90 °C),
- mosás,
- szárítás.

Elektropolírozás lúgos oldatban (Brytal-eljárás). A polírozó elektrolit összetétele és üzemi feltételei:

Nátrium-karbonát, Na_2CO_3 , g/l	120...200
Trinátrium-foszfát—víz (1/12), $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$, g/l	25...75
Hőmérséklet, °C	75...90
Feszültség, V	7...16
Kezelési idő, min	10...15

Az áramsűrűség (és a feszültség) az alapanyag összetételének függvényében változik:

Mégmunkálandó anyag	Anódos áramsűrűség, A/dm ²		Feszültség, V
	kezdetben	befejezéskor	
99,99 Al	3,6	1,6	12
99,98 Al	4,0	2,0	12
Alumíniumötvözetek	5,0	2,0	15

Az eljárás során előforduló leggyakoribb hibákat, azok valószínű okait és az elhárítás módját a 74. táblázat tartalmazza.

Elektropolírozás után az alumínium felületén vékony viszkózus komplex foszfátréteg alakul ki, amelyet anódos oxidálás előtt 7%-os foszforsav- vagy 4%-os króm(VI)-oxid-oldattal el kell távolítani.

Alzak-eljárás. Reflektorok elektropolírozására fejlesztették ki a tetrafluoroborátos elektropolírozó oldatokat:

Hidrogén-[hexafluoroborát(III)], HBF_4 , g/l	5...50
Hőmérséklet, °C	20...60
Anódos áramsűrűség, A/dm ²	1...2
Kezelési idő, min	5...15

Az elektrolitba a vezetőképesség növelésére ammónium-fluorid adagolható. Az elektropolírozás után kénsavas anódos oxidálás következhet. Az anódos oxidáció és porustömítés után a felületen lepedék marad, amely eltávolítható 1,5%-os nátrium-hidrogén-karbonát-, nátrium-karbonát- vagy 1%-os foszforsav—krómsav oldattal.

Elektropolírozás foszforsavas oldatban. A Battelle-eljárásban használatos elektrolitok és üzemi feltételeik:

	I.	II.
Foszforsav, d 1,7 H_3PO_4 , tömegszázalék	75	57
Kénsav, d 1,81 H_2SO_4 , tömegszázalék	4,7	14
Króm(VI)-oxid, CrO_3 , tömegszázalék	6,5	9

A hiba		
megjelenése	oka	elhárítása
Az alumínium felülete egyenletesen matt	Az oldat foszfáttartalma kicsi	Trinátrium-foszfát adagolása
	Az áramsűrűség és/vagy feszültség kicsi	Az áramsűrűség növelése
A felületen matt helyek vannak	Polírozás során az áramsűrűség nagy	Az áramsűrűség csökkentése
A felületen bema-rodások vannak	A polírozás előtti maratás hosszú	A maratási idő csökkentése
	Rossz az anódkontaktus	A kontaktus javítása
	Az alapfém szennyezett	
A felület fénye nem egyenletes	A polírozás előtti tisztítás nem megfelelő	A tisztító műveletek felülvizsgálata
	Feszültség-ingadozások a polírozás során	El kell kerülni a feszültség-ingadozást
A felületen fehér vagy barna csíkok vannak	Az anód vagy elektrolit mozgása gyors	Az anód- és fürdőmozgatás helyes értékre állítása

Hőmérséklet, °C

Anódos áramsűrűség, A/dm

80...82

90

6...17

18

Az elektrolitban levő króm(VI)-oxid fényesítő hatású, de a képződő 3 vegyértékű króm ellentétesen hat.

A kénsav fényesítő hatású, de nagy feszültség és hőmérséklet esetén pórusképződéshez vezet.

Elektropolírozáskor az alumínium felületén lepedék képződik, ezt el kell távolítani 10%-os nátrium-hidroxid-oldatba, vagy 3...5%-os foszforsav—krómsav oldatba merítéssel.

Reflektorok elektropolírozására eredményesen alkalmazzák a Fémipari Kutató Intézetben kifejlesztett eljárást: 930 térfogatrész foszforsav

86 térfogatrész butil-alkohol

Az elektropolírozást 50...60 °C-on, 10 V feszültségen, 2...5 A/dm² anódos áramsűrűséggel 5...10 min kezelési idővel végzik.

Az alumínium polírozása kémiai eljárással

A polírozáshoz szükséges elektromos áramot az erős oxidálóközegek hatására keletkező lokális (helyi) elemek termelik.
A folyamatok:

- anódos reakció: az alumínium feloldódása;
- katódos reakció: az oxidációs folyamat depolarizátorainak redukciója, rézkiválás.

Sok kémiai polírozóoldat ismert:

- foszforsav—salétromsav,
- foszforsav—kénsav—krómsavas [króm(VI)-oxidos],
- foszforsav—salétromsav—ecetsavas,
- foszforsav—kénsav—salétromsav,
- foszforsav—hidrogén—fluoridos stb.

A polírozóoldatok nehézfém-sóként leggyakrabban réz-, nikkel-, ólom- és vas(II)-sót tartalmaznak.

A kezelési hőmérséklet nagy, 100...130 °C. A rendkívül agresszív savak miatt a polírozó kádat saválló acélból kell készíteni.

Ismert néhány lúgos eljárás is, amelyben nátrium-hidroxidot, trinátrium-foszfátot és nátrium-nitrátot alkalmaznak egyenként 200...300 g/l koncentrációban. Nehézfém-sókra itt is szükség van (Ni, Cu, Co, Zn, Sn, Pb, As). A lúgos oldatokkal valamivel kisebb hőmérsékleten dolgoznak, mint a savas kémiai polírozóoldatokkal.

A kémiai és elektropolírozás eredményessége nagymértékben függ az alapfém összetételétől és szerkezetétől. Legjobb eredménnyel a tiszta alumínium polírozható. A finomszemcsés szerkezetű alapanyag megfelelőbb.

A kémiai és elektrokémiai úton polírozott alumínium alkatrészeket egyes területeken (főleg reflektorokhoz) széles körben alkalmazzák réz-nikkel-króm bevonattal ellátott vas vagy sárgaréz helyett, ha a felület nincs mechanikus sérülésnek kitéve.

Előnyei:

- korrózióállósága jobb, mint a nikkel-króm bevonatoké,
- az előállítási költségek alacsonyabbak,
- a költséges és nehéz mechanikai polírozás jelentősen csökkenthető.

2. Anódos oxidálás és az oxidréteg utókezelése

Alumíniumanódon savas (esetleg más) elektrolitban a következő reakciók mehetnek véghez:

1. Az elektrolitban oldható termékek keletkeznek. A fém oldódik telítettségig. E reakció néhány erős savban és lúgban megy végbe.

2. A reakciótermékek majdnem oldhatatlanok, és az anódon jól tapadó, az elektromos áramot gyakorlatilag nem vezető réteg képződik (borát, tartarát, elektrolitkondenzátor).

3. A reakciótermékek az elektrolitban kevésbé oldódnak. Az anódon jól tapadó réteg képződik, amely száraz állapotban elektromosan szigetelő. A réteg növekedésével párhuzamosan lezajlik annak oldódása is. Ezáltal a bevonatban pórusok keletkeznek, a rétegnövekedés lassul, majd egy idő múlva megáll. (A rétegnövekedés és oldódás megegyezik.) A maximálisan elérhető rétegvastagság függ a munkafeltételektől, elsősorban a hőmérséklettől. E feltételek a műszakilag alkalmazható anódos oxidáló eljárások során (kénsav, oxálsav, krómsav) valósulnak meg.

4. A reakciótermékek mérsékelten oldódnak (elektropolirozás).

Anódos oxidációra: kénsav-, oxálsav-, krómsav- és foszforsavbázisú oldatokat használnak.

Legfontosabb anódos oxidáló eljárások:

- GS egyenáramú kénsavas,
- WS váltakozóáramú kénsavas,
- G SX egyenáramú kénsav—oxálsavas,
- G X egyenáramú oxálsavas,
- Bk egyenáramú krómsavas [króm(VI)-oxidos]

(A betűk jelentései: G egyenáramú; S kénsav; W váltakozóáram; X oxálsav; Bk krómsav.)

Az oxidréteg felépítésének mechanizmusa bonyolult. Az elektrolitban rövid kezelési idő után az áramsűrűség gyorsan csökken, ha oxid visszaoldódás nincs, és ahhoz, hogy az áramsűrűséget konstans értéken tartsuk, növelni kell a feszültséget. Növekvő rétegvastagsággal nő az oldat ellenállása. A rétegvastagság növekedés megáll. Ilyen oldatokat használnak szigetelőrétegek előállítására.

Kénsav, krómsav, oxálsav és foszforsav bázisú elektrolitokban a képződött oxidréteg egy része visszaoldódik. Itt először kialakul egy vékony záróréteg, majd erre egy porózus réteg épül fel. Ennek az oxidrétegnek a szerkezete függ:

- az alkalmazott elektrolit fajtájától,
- és az üzemi feltételektől.

Az oxidréteg vastagsága kezdetben gyorsan növekszik, később lelassul, majd megáll. Szemléltetően bizonyítja ezt a 75. táblázat adatsora. A táblázatból az is látható, hogy a kezelt alumínium vastagsága folyamatosan csökken, és így egy idő múlva az alumínium és az alumínium-oxid-réteg együttes vastagsága is csökken. Meg kell jegyezni, hogy az összréteg ($Al + Al_2O_3$) változása nemcsak az áthaladt elektromos áram mennyiségétől, hanem az ötvözet összetételétől is függ.

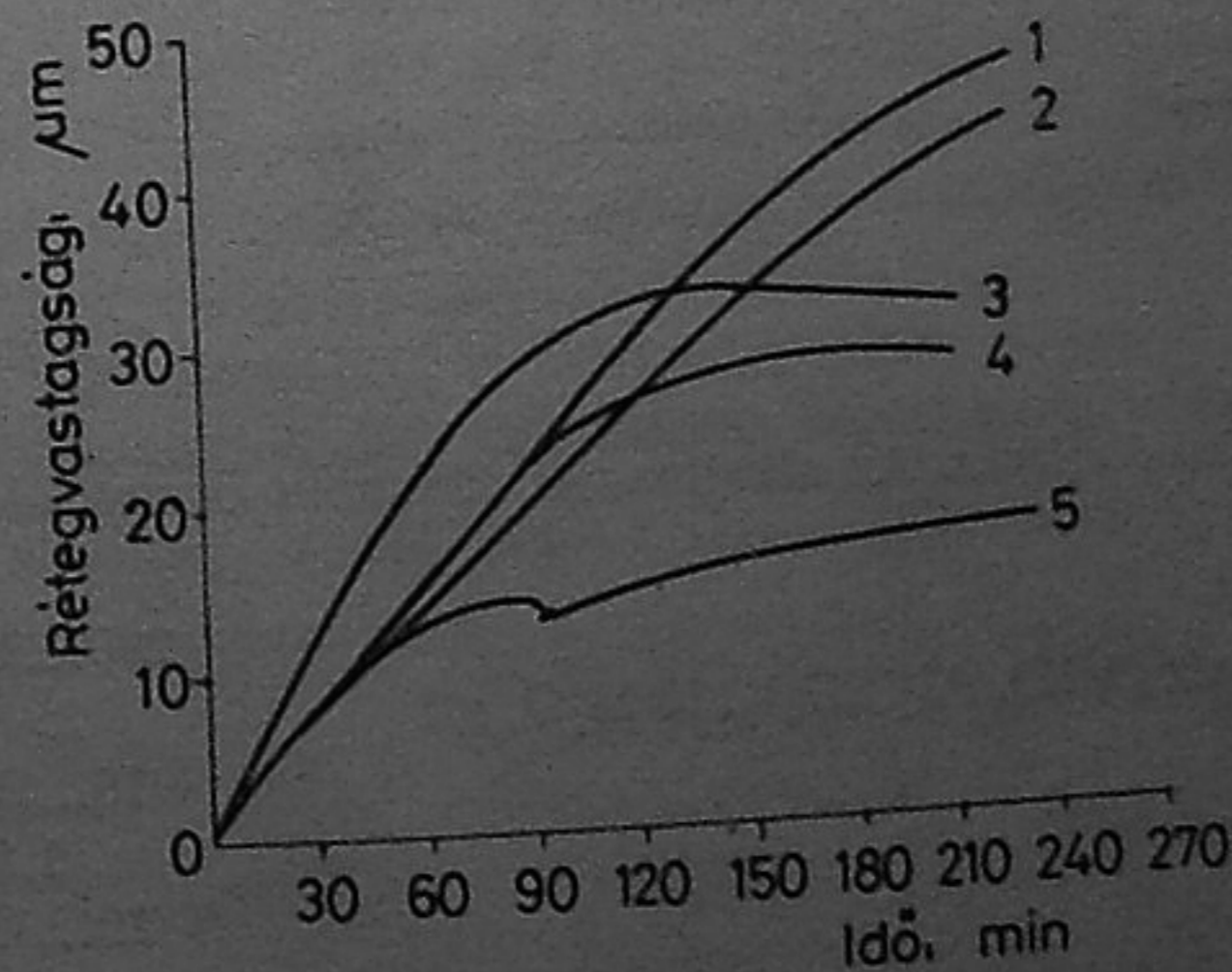
75. táblázat

Az anódos oxidréteg, az alapfém vastagságának változása a kezelési idő függvényében GS-elektrolitban 20 °C hőmérsékleten 1,6 A/dm² anódos áramsűrűséggel

Expozíciós idő, min	Az Al_2O_3 vastagsága, μm	Méretváltozás,	
		mg/dm ²	μm
0	14	100	11
30	26	174	19
60	37	198	27
90	43	40	29
120	43	-108	20
150	43	-270	7
180	43	-428	-5
210	43		

Az elektrolitban az áramsűrűség növelésének hatása csekély. Nagyobb áramsűrűség alkalmazása rövidíti ugyan az anódos oxidáció idejét, de az áramsűrűség nem növelhető korlátlanul. Az alumínium-oxid rétegének változása az áramsűrűség függvényében a 32. ábrán látható.

A maximálisan elérhető oxidrétegvastagság nagymértékben függ az elektrolit hőmérsékletétől. Növekvő hőmérséklettel ugyanis nő az Al_2O_3 visszaoldódása, és így megszűnik az oxidréteg vastagságának növekedése. A nagy hőmérsékleten előállított oxidréteg gyakorlatilag használhatatlan.



32. ábra. Különböző alumíniumötvözetek oxidrétegének rétegvastagság-növekedése
1 Al99,5; 2 AlMgSi; 3 AlMg 8; 4 AlMg 5; 5 AlCuMg 4

Az ötvözőanyag jelenléte módosítja az oxidréteg színét és fényét:

- a tiszta alumínium fémszínű,
- a fémszennyeződések beépülnek a bevonatba, és így annak csökken a fénye.

Ebből következik, hogy fényes anódosan oxidált réteg csak tiszta alumínium anódos kezelésével érhető el.

A különféle alumíniumötvözetek anódos oxidálhatósága a 76. táblázatból látható.

76. táblázat

Alumínium és ötvözeteinek anódos oxidálhatósága

Minőség	Eljárás				
	1.	2.	3.	4.	5.
Al 99,9	+	+	+	+	+
Al 99	+	×	+	×	+
AlMg 3 (Mg 5)	+	+	+	+	+
AlMg 7	×	×	×	×	+
AlMgSi	+	+	+	+	×
AlMgZn	+	×	+	×	+
AlCuMg	-	-	-	-	+
AlSi 2,5	+	+	+	-	-
AlSi 5	+	-	+	+	+
AlSi 5	-	-	-	-	-

Számok, jelzések:

1. kénsavas egyenáramú;
 2. kénsavas váltakozóáramú;
 3. oxálsavas egyenáramú;
 4. oxálsavas váltakozóáramú;
 5. krómsavas egyenáramú;
- + jól kezelhető;
 × közepesen kezelhető;
 - nem kezelhető.

Kénsavas anódos oxidáló eljárás. Az alkalmazott elektrolit összetétele és az üzemi feltételek:

Kénsav, H_2SO_4 , g/l	200...250
Alumínium-szulfát—víz (1/18), $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18 H_2O$, g/l	25
Hőmérséklet, °C	18...20
Anódos áramsűrűség, A/dm ²	1,5
Feszültség, V	10...15
Rétegnövekedés, $\mu m/min$	0,3...0,5

Az elektrolit készítése. A műveleti kádát $\frac{2}{3}$ részig feltöltik 15 °d-nél lágyabb vízzel. Ehhez óvatosan állandó keverés közben hozzáadják a szükséges

kénsav mennyiségét. Ezután adagolják az alumínium-szulfátot. Az alumínium-szulfát hozzáadható régi oldattal való keveréssel és bejáratással is. Az elektrolit üzemkészen melegszik, ezért azt hűteni és mozgatni kell. Az anódos oxidáció után tömítik a pórust.

A munkafeltételek meghatározzák az Al_2O_3 -réteg tulajdonságait. Kis koncentráció, kis hőmérséklet kemény réteget eredményez. Tömény oldat, nagy hőmérséklet, hosszabb műveleti idő növeli a réteg oldódását, és puhává teszi.

Az anódosan oxidált réteg keménysége különféle adalékok alkalmazásával változtatható. Rugalmas réteg érhető el glicerin, ammónium-szulfát adagolásával. Oxálsav adagolása kemény és tömör réteg kialakítását teszi lehetővé. Az üzemi feltételek hatását a bevonat és az elektrolit tulajdonságaira a 77. és 78. táblázatok jelzik.

Anódos oxidálás váltakozóárammal. A kénsavas és oxálsavas elektrolitok alkalmazhatók váltakozóáramú anódos oxidálásra is. A váltakozóárammal

77. táblázat

Munkafeltételek hatása az alumínium oxidréteg és az anódos oxidáló elektrolit tulajdonságaira

Munkafeltétel	Határ-réteg-vastagság	Kemény-ség	Tapadás	Korrózióállóság	Porozitás
Hőmérséklet növelése	-	-	+	×	+
Áramsűrűség növelése	+	+	-	×	-
Kezelési idő növelése	+	+	-	-	-
Koncentráció csökkentése	+	+	-	-	+
Váltakozóáram alkalmazása	-	-	+	-	+
Az ötvözet homogenitásának javítása	+	+	-	-	-
Kevésbé agresszív elektrolit alkalmazása	+	+	-	×	-

Jelölések: + növekszik; - csökken; × maximum felé halad.

78. táblázat

Az anódos oxidálóoldat savkoncentrációjának és az üzemi körülmények összefüggése

	10	20	30	40
Kénsavkoncentráció, %				
Hőmérséklet, °C	37	30	26	20
Expozíciós idő, min	10	10	10	10
Anódos áramsűrűség, A/dm ²	2,2	2,8	2,2	1,1
Feszültség, V	10,7	9,6	8,8	10

előállított bevonatok rugalmasabbak és egységesebb színűek, ami a viszonylag vékony alumínium-oxid rétegre vezethető vissza. Váltakozóáramú anódos oxidáció során általában nagyobb feszültség szükséges, mint egyenáram esetén. Az elérhető rétegvastagság: 12 μm . Az oxidréteg porozitása nagyobb, mint az egyenáramú eljárással készülté.

A réteg sárgás árnyalatú, a színintenzitás csak a rétegvastagságtól függ. Az oxidréteg kopás- és korrózióállósága gyengébb.

A kénsavas elektrolitok alumíniumtartalma üzemeltetés közben nő. Az áramsűrűség állandó feszültség esetén csökken és 20 g/l Al-tartalom felett nem célszerű vele dolgozni. Ezért az elektrolit egy részét folyamatosan el kell távolítani.

Krómsavas eljárások. Az elektrolit 30...100 g/l króm(VI)-oxidot tartalmaz. Nagyon érzékeny a szennyeződésekre. Maximálisan megengedett szennyeződések: 0,2 g/l Cl-klorid, mint NaCl, 0,35 g/l SO_4^- (szulfát). Az elektrolit hőmérséklete 40 ± 2 °C.

Az eljárás hátránya az is, hogy a feszültséget elektrolízis közben változtatni kell: a feszültséget 10 min alatt fokozatosan kell 40 V-ra növelni, majd ezután 20 min-ig 40 V-tal elektrolizálnak. Az anódos oxidáció befejező időszakában a feszültséget 50 V-ra kell növelni. A bonyolult feszültségciklus beállítása miatt az eljárás nehezen automatizálható.

Az eljárás előnye, hogy nehezen öblíthető üreges tárgyak anódos oxidációja utólagos korrózió veszélye nélkül megvalósítható.

Elektrolízis alatt az elektrolitban a hat vegyértékű krómtartalom csökken, a három vegyértékű nő. Három vegyértékű króm jelenléte késlelteti az alumínium oldódását. Ha az elektrolit három vegyértékű krómtartalma nagy, akkor azt anódos oxidációval hat vegyértékűvé kell alakítani. Szulfát jelenlétében az elektrolit élettartama megrövidül, mert a katódon levő film, amely a kromátionokat átengedi, a hidrogénionokat nem, feloldódik, és így a hat vegyértékű króm redukciója növekszik.

Oxálsavas eljárások (GX). Kemény, kopásálló rétegek kialakítására alkalmas. Összetétele és az üzemi feltételek:

Oxálsav, $(\text{COOH})_2$, g/l	50...100
Hőmérséklet, °C	18...20
Áramsűrűség, A/dm ²	1...2

Fő előnye, hogy néhány ötvözet esetén a képződött oxidréteg direkt színezhető.

Az eljárás drágább, mint a kénsavas, de vastagabb (60 μm) oxidréteg különös nehézség nélkül elérhető.

Átlátszatlan oxidrétegek előállítása anódos oxidációval. Ha oxálsavas oldatba tallium-, cirkónium- és titánsókat adagolnak, a sók az alumínium-oxid-rétegbe hidrolizálnak, és így fehér porcelánszerű réteg állítható elő. (2...3 A/dm², 120 V, 20...40 min, 1,6...3 pH. Ematal-módszer.)

Egyéb használatos elektrolitok összetétele és az üzemi feltételek:

	1.	2.
Króm(VI)-oxid, CrO_3 , %	10	5
Oxálsav, $(\text{COOH})_2$, %	2	0,5
Bórsav, H_3BO_3 , %	—	0,2...0,5
Foszforsav, H_3PO_4 , %	2	—
Áramsűrűség, A/dm ²	0,3...0,8	0,8...1
Feszültség, V	20...30	25...40
Hőmérséklet, °C	30...50	30...50

A bevonat korrózióállósága, színezhetősége: jó.

Anódos oxidálás lúgos elektrolitban. 5%-os nátrium-karbonát-tartalmú oldatban 30 °C-on 0,5 A/dm² áramsűrűséggel, 110 V feszültséggel matt réteg érhető el. A lúgos oldatba bórx, kálium-permanganát stb. adagolható. A réteg korrózióállósága kielégítő.

Színes oxidrétegek előállítása anódos oxidációval. Viszonylag kemény színes oxidrétegek állíthatók elő szobahőmérsékleten speciális anódos oxidáló eljárásokkal. Az oxidrétegek színe az alapanyag összetételétől függően világossárgától feketéig variálható. Az oxálsavas elektrolitokat kivéve az általánosan alkalmazott savakon kívül ezek az elektrolitok még egy másik, általában szulfonált szerves savat is tartalmaznak.

Alkalmazott savkombinációk:

- Maleinsav + kénsav (újezüst, fekete)
- Maleinsav + oxálsav + kénsav (újezüst, bronz, fekete)
- Szulfo-szalícilsav + borkősav + kénsav (világosbronz, fekete)
- Szulfo-ftálsav + borkősav + kénsav (világosbronz, fekete)
- Szulfaminsav + borkősav + kénsav
- Szulfaminsav + nátrium-hidrogén-szulfát
- Oxálsav (újezüst, bronz)

Az elektrolitokkal 20...70 V feszültséggel, 1...3 A/dm² anódos áramsűrűséggel, 20...25 °C hőmérsékleten dolgoznak.

Kemény oxidrétegek előállítása anódos oxidációval. Az oxidréteg vastagsága, mint korábban leírtuk, nem növelhető korlátlanul. Ennek az az oka, hogy az anódos oxidációval párhuzamosan nő az oxidréteg visszaoldódási sebessége is.

Az elérhető oxidréteg vastagsága függ:

- az elektrolit összetételétől,
- a hőmérséklettől,
- az áramsűrűségtől és
- az alumíniumötvözet összetételétől.

Egy meghatározott elektrolitból maximális rétegvastagság érhető el:

- a hőmérséklet csökkentésével,
- az áramsűrűség és feszültség növelésével.

Mindezek felismerése után fejlesztették ki a következő kemény (vastag) oxidréteg leválasztására a következő összetételű és üzemi feltételű kénsavas elektrolitot:

Kénsav, H_2SO_4 , %	15...20
Anódos áramsűrűség, A/dm^2	2...2,5
Hőmérséklet, °C	0
Feszültség, V	25...30 kezdetben, majd az oxidáció előrehaladtával 40...60 V-ra növelendő.

Fekete, kemény alumínium-oxid-réteg érhető el a következő elektrolittal:

Oxálsav, $(COOH)_2$, g/l	50
Kénsav, H_2SO_4 , g/l	0,5
Króm-szulfát, $Cr_2(SO_4)_3$, g/l	1
Kalcium-fluorid, CaF_2 , g/l	0,1

Kemény alumínium-oxid-réteg készíthető kénsavas elektrolittal egyen-áramra superponált váltakozóárammal is (Hardas-eljárás).

Érdekes a hígított kénsavval végzett anódos oxidáló eljárás is (Csokán-eljárás). Itt 0,5...2,5% kénsavtartalmú elektrolittal 20...80 V feszültséggel, +5...-5 °C hőmérsékleten óránként 150...200 μm vastag kemény oxidréteget alakítanak ki.

A kemény oxidáló eljárások általában kis hőmérsékleten dolgoznak, ezért rendkívül fontos az elektrolit hűtése.

Anódos oxidáció után alaposan le kell öblíteni a tárgyakat majd a pórusokat tömíteni kell

- ionmentesített vízzel vagy
- 5%-os kálium-dikromát-oldattal, vagy
- olajjal és viasszal.

Az oxidréteg színe függ az alumíniumötvözet összetételétől és a rétegvastagságtól; pl. 99,9%-os alumíniumból készült tárgy 25 μm vastag oxidréteggel színtelen, 125 μm vastag réteggel világosbarna színű.

A kemény oxidrétegeken finom repedések vannak. A felületi durvaság is nagyobb, mint a normális oxidrétegeken. A bevonat keménysége függ az alapfémről és 400...500 HV között van. A rétegek hőállósága jó. A korrózióállóság jobb, mint a normális oxidréteggel elérhető. A repedésképződés miatt azonban főleg a tömítetlen anódosan oxidált rétegek korrózióállósága csökken.

Anódos oxidrétegek színezése

Anódos oxidáció után az alumínium felületét porózus oxidréteg fedi, amely erősen adszorbeáló tulajdonságú, és így a zsírokat, olajokat és festékeket könnyen felveszi.

A színezendő felületeknek a következő tulajdonságai kell legyenek:

- az oxidréteg vastagságának összhangban kell lennie a színezési kívánalmakkal. Sötét színek eléréséhez pl. vastag oxidréteg szükséges;
- a rétegnek porózusnak és adszorbeáló hatásúnak kell lennie;
- az oxidréteg saját színe ne zavarja a kívánt színt;
- a kezelt felületen hibák, repedések, lyukak nem lehetnek.

Színes dekoratív rétegek előállításához elengedhetetlen a kifogástalan alapfém.

A szín intenzitása függ

- a színezőoldattól és a színezőanyag koncentrációjától,
- a kezelési időtől,
- az alapfémtől,
- az oxidréteg vastagságától és porozitásától.

A gyakorlatban a legtöbb esetben kénsavas anódos oxidáló oldatban előállított oxidrétegeket színeznek.

A színezés többféle módon lehetséges:

- színezés szerves színezékekkel,
- kémiai színezés szervesetlen anyagokkal,
- elektrokémiai színezés.

Színezés szerves színezékekkel. A szerves színezékek közül a savas és bázikus színezékek egyaránt használhatók (alizarinszínezékek, indigószármazékok, diazoszínezékek stb.). A szín tónusa függ az oxidrétegtől és a színezék diszperziójától. A szín függ az alapanyagtól és az oxidréteg előállításának feltételeitől is. A szín mélysége függ az oxidréteg által felvett színezék mennyiségétől. Az adszorpciót erősen módosítja a színező oldat pH-ja is.

Az anódos oxidáció után a kezelt tárgyakat alaposan öblíteni, majd ammónium-hidroxid, nátrium-karbonát vagy trinátrium-foszfát 4...5%-os oldatában semlegesíteni, végül ismételt öblíteni kell.

A színezőoldat koncentrációja:

Nagyon világos színezéshez	0,1...0,3 g/l
Világos színezéshez	1 g/l
Sötét színezéshez	5 g/l
Fekete színezéshez	10 g/l

A színezőoldat hőmérséklete: 50...80 °C.

Leginkább használatos színezékek:

- Sárga színhez: alizarinsárga
- Barna színhez: szudánbarna
- Vörös színhez: alizarinrubinol, neutrálvörös
- Kék színhez: alizarinkék, metilénkék
- Zöld színhez: alizarinzöld, malachitzöld
- Fekete színhez: alizarinfekete, viktóriafeke

A szerves színezékek hőállósága kicsi. Világos tiszta szín csak rézmentes ötvözeteken érhető el.

Színezés szerves anyagokkal. Az oxidréteget egymás után két oldatban kezelik. A két oldat komponensei pigmentképződés közben reagálnak egymással. Az így elérhető színeket, a hozzá szükséges anyagokat a 79. táblázatban láthatjuk.

79. táblázat

Színezés csapadékképző reakcióval

Szín	1. oldat	2. oldat	Hőmérséklet, °C
Bronz	20...50 g/l Kobalt-acetát, $\text{Co}(\text{CH}_3\text{COO})_2$	20...50 g/l Kálium-permanganát, KMnO_4	35...50
Sárga	5...10 g/l Ólom-nitrát, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	50...100 g/l Kálium-kromát, K_2CrO_4	50
Sárgásbarna	5...100 g/l Ólom-nitrát, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	50...100 g/l Kálium-permanganát, KMnO_4	50
Zöld	25...50 g/l Réz(II)-szulfát, CuSO_4	1...4 g/l Ammónium-szulfid, NH_4S	35...50
Kék	50 g/l Vas(III)-szulfát, $\text{Fe}(\text{III})\text{SO}_4$	25 g/l Kálium-[hexaciano-ferrát(II)], $\text{K}_4[\text{FeCN}_6]$	50
Fehér	10...15 g/l Ólom-acetát, $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$	10...15 g/l Nátrium-szulfát, Na_2SO_4	
Vörös	5...10 g/l Ezüst-nitrát, AgNO_3	10...15 g/l Kálium-dikromát, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	

Az oxidréteget nehézfémoldatba mártják, a nehézfém az oxidrétegben hidrolizál és pigmentet képez. Ezzel a módszerrel aranszínű oxidréteg érhető el, ha a tárgyat 10...25 g/l vas(III)-ammónium-oxalát-oldatban 50 °C hőmérsékleten két percig kezelik, bronzszínű réteget kapnak kobalt-acetát- és kálium-permanganát-oldatban való kezeléssel.

Elektrolitikus színezés váltakozóárammal. Az előzőleg anódosan kezelt alumíniumot váltakozóárammal egy vagy több nehézfémot tartalmazó savas oldatban kezelik. Ehhez az eljárásához főleg vas-, kobalt-, nikkel-, mangán-, króm-, ritkábban arzén-, antimon-, szelén-, tellúr- és ónsókat használnak.

Elektrolitikus színezés egyenárammal. Az anódos oxidációt 20% foszfor-sav- és 12% kénsavtartalmú oldatban végzik. Ezt követi a színezés. Ehhez az elektrolit összetétele és az üzemi feltételek:

Nikkel-szulfát—víz (1/7), $\text{NiSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$, g/l	120
Nátrium-acetát, CH_3COONa , g/l	20
Ammónium-molibdát—víz (1/4), $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{27} \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$, g/l	30...40
Hőmérséklet, °C	30...40
Áramsűrűség, A/dm ²	0,2...0,5
Kezelési idő, min	10...40

Pórustömítés

Az anódos oxidrétegek adszorpciós képességüket vízgőzzel való kezeléskor elvesztik. Pórustömítéskor a vízmentes alumínium-oxid hidratálódik, ezáltal kiterjed, és kitölti a pórusokat. Kristályos böhmit ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) keletkezik, ezáltal a réteg rugalmassága nő, keménysége és kopásállósága csökken.

Legfontosabb pórustömítő eljárások:

- forróvízes,
- dikromátos, kromátos,
- szilikátos,
- nikkel- és kobalt-acetátos,
- szerves kapilláráktív anyaggal végzett.

Pórustömítés forróvízben. A legegyszerűbb eljárás. Az anódos oxidrétegek ugyanis a környezetből vizet vesznek fel. A víz kis hőmérsékleten csak fizikailag kötődik. Nagyobb hőmérsékleten a kötődés kémiai, és $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ vagy $\text{AlO} \cdot \text{OH}$ képződik, ezáltal térfogata megnő, és kitölti a pórusokat. Az oxidréteg ezáltal folyadékok részére áthatolhatatlanná, és így külső hatásokkal szemben ellenállóvá válik. Az alumínium-oxid-réteg összetétele megváltozik. A réteg összetétele (kénsavas anódos oxidáció esetén):

	Pórustömítés nélkül	Pórustömítéssel
Al_2O_3 , %	78,9	61,7
$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, %	0,5	17,6
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, %	20,2	17,9
Víz, %	0,4	2,9

A pórustömítés lassan zajlik le, 100 °C-on 30 min-ig tart. A folyamatot semleges alkálisok, valamint kapilláráktív anyagok (etilén-diamin-hidrogén-klorid) gyorsítják.

Rendkívül nagy jelentősége van az oldat savasságának. A pH-t 5,5 és 7 között kell tartani. 5 pH alatt az oxidréteg szétesik. Mivel veszély van a kénsavbe-

hordásra, anódos oxidáció után ajánlatos semlegesíteni ammónium-hidroxiddal vagy nátrium-hidroxiddal.

A réteg kémiai ellenállását az oldat szennyezői csökkentik. 5 mg/l koncentráció felett káros hatásúak a következő szennyeződések: nátrium, szulfát, foszfát, szilikát, réz, vas. Különösen káros a fluorid- és kloridszennyeződés. Pórustömítéshez ajánlatos ionmentesített vizet használni.

Pórustömítés dikromátoldatokban. Különösen nem díszítő célra alkalmas, mert pórustömítés után az oxidréteg barnás színű. A réteg korrózióállósága lényegesen meghaladja a forróvízes oldatokban kezeltét.

Alkalmazható oldatok és üzemi feltételek:

— erős igénybevételhez	
Kálium-dikromát, $K_2Cr_2O_7$, g/l	100
Nátrium-dikromát, $Na_2Cr_2O_7$, g/l	18
pH	6...7
Hőmérséklet, °C	90...95
— enyhébb igénybevételhez	
Kálium-dikromát, $K_2Cr_2O_7$, g/l	18
Nátrium-dikromát, $Na_2Cr_2O_7$, g/l	4
pH	6,5...7,5
Hőmérséklet, °C	90...95

Pórustömítés nikkel- és kobalt-acetát-oldatban. Az anódosan kezelt alumínium legnagyobb részét nikkel- és kobalttartalmú oldatban kezelik. A sók az oxidrétegben abszorbeálódnak, és ott hidroxidok képződése közben hidrolizálnak. Mivel a nikkel- és kobalthidroxidok kis koncentrációban közel szintelenek, különösen alkalmasak színezett oxidrétegek tömítésére. Védőhatásuk a forróvízes és dikromátos pórustömítés között van.

Összetétel és üzemi feltételek:

Nikkel-acetát, $(CH_3COO)_2Ni$, g/l	5...5,8
Kobalt-acetát, $(CH_3COO)_2Co$, g/l	1
Bórsav, g/l	8...8,5
pH	5...6
Hőmérséklet, °C	70...90
Kezelési idő, min	15...20

Az eljárás során a következő reakciók mennek végbe:

- pórusok zárása hidratációval,
 - a hidroxidok leválása a pórusokban,
 - kémiai reakció a nikkel, a kobalt és a színező anyag molekulái között.
- Az oldat szennyeződésekre érzékeny. Ezért készítésekor ionmentesített vizet kell használni. Az oldat legfőbb előnye a kisebb üzemi hőmérséklet.

Pórustömítés lakkokkal és viaszokkal. A szerves anyagok: lakkok, viaszok, olajok és gyanták átlátszatlan felületi réteget képeznek.

E célra használható 33 g/l viasz és

33 g/l sztearinsav terpentines oldata. Az eljárás előnye, hogy a réteg ecsettel felvihető. Hátránya viszont az, hogy szerves oldószerekkel könnyen kioldhatók az oxidrétegből.

Az anódosan oxidált alumíniumrétegek legfontosabb tulajdonságai

Tapadás, hajlítói igénybevétel. Az anódos oxidációval nyert alumínium-oxidréteg jól tapad az alapfémhez. Az oxidrétegben erős hajlítás hatására repedések ugyan keletkeznek, de az nem pattog le az alapfémről.

Keménység, kopásállóság. Az alumínium-oxid-réteg keményebb, mint az alapfém. A réteg keménysége azonban függ az ötvözettől, az elektrolittól és az oxidáció technológiai feltételeitől. Az oxidréteg keménysége növelhető:

- az elektrolit hőmérsékletének csökkentésével,
- az elektrolitban a savkoncentráció csökkentésével,
- az áramsűrűség növelésével,
- az elektrolit mozgatásával.

Porozitás és abszorpcióképesség. Az alumínium-oxid-réteg mikropórusos. Porozitása függ

- a kezelt alumínium összetételétől,
- az alkalmazott elektrolit fajtájától és összetételétől és az
- üzemi paraméterektől.

Korrózióállóság. Az oxidréteg ellenáll atmoszferikus, kémiai és mechanikai hatásoknak. A korrózióállóság függ:

- az oxidréteg vastagságától,
- az utókezelés módjától.

Elektromos szigetelés. Az elektrolitikus úton előállított oxidréteg elektromos szigetelőképesége pórustömített és szárított állapotban azonos a természetes alumínium-oxidéval. Az oxidréteg dielektromos állandója függ az alapfém összetételétől. Legjobb a tiszta alumíniumé. Az átütési feszültség függ az oxidréteg víztartalmától.

Hőmérséklet-állóság. Az oxidréteg hőmérsékletálló. Határ az alapfém olvadáspontja és az alkalmazott színezék hőmérsékletállósága. Az alumínium és az alumínium-oxid különböző hőtágulási együtthatója miatt 150 °C felett az oxidréteg megrepedezik, de nem pattog le.

Az alumínium anódos oxidációjának műveleti sorrendje:

- zsirtalanítás perklór-etilénben,
- zsirtalanítás lúgos oldatban (5 min, 60...80 °C),
- öblítés,

- lúgos pácolás (2...3 min, 60 °C 100 g/l nátrium-hidroxid),
- öblítés,
- kémiai fényesítés,
- öblítés (2×),
- semlegesítés salétromsavban, fehérítés,
- öblítés,
- anódos oxidálás (kénsav 150...200 g/l, 20...25 °C, 1 A/dm², 30...40 min),
- öblítés,
- öblítés,
- semlegesítés lúgos oldatban (5%-os),
- öblítés,
- színezés,
- öblítés,
- pórustömítés (nikkel-acetát, kobalt-acetát, bórsav),
- melegvizes öblítés,
- szárítás.

3. Galvanizálás

Az alumínium felületét külső megjelenésének javítására (gépkocsiipar), a villamos felületi ellenállásának csökkentése (forraszthatóság), kopásállóságának javítása (motorhengerek), csúszási tulajdonságának javítása (dugattyúk, csúszóérintkezők) végett gyakran galvanikus bevonattal látják el.

Mivel az alumínium oxigénnel szembeni aktivitása nagy, eredményes galvanizálása csak speciális eljárásokkal lehetséges. Az alumínium feszültségi sorban elfoglalt helye miatt a legtöbb fémmel szemben anódosan viselkedik, kielégítő védelmet csak pórusmentes bevonat nyújt. Az alumínium amfoter jellege bonyolítja az előkészítő műveleteket is. Gondot okoz az is, hogy hőtágulási együtthatója jelentősen eltér a bevonó fémtől, és ez nagy hőmérséklet-különbségek esetén mechanikai feszültséget okoz.

A galvanizálási technológia függ:

- az alumíniumötvözetek összetételétől,
- az alumínium munkadarab előállítási körülményeitől.

A galvanizálás során előforduló nehézségek miatt több eljárást fejlesztettek ki, ezek a következők szerint csoportosíthatók:

- galvanizálás tapadást elősegítő közbenső bevonatokkal,
- galvanizálás anódos előkezelés után,
- galvanizálás speciális pácoló eljárásokkal,
- közvetlen galvanizálás,
- kémiai fémbevonatok alkalmazása.

Galvanizálás tapadást elősegítő közbenső bevonatokkal

A galvanizálási folyamat fő lépései:

- felület-előkészítés,
- közbenső bevonat kialakítása,
- fémbevonat leválasztása.

A felület-előkészítésre elterjedt a perklór-etilénes zsírtalanítás, a lúgos zsírtalanítás és pácolás, valamint a salétromsav—hidrogén-fluoridos, krómsav—kénsavas pácolás, ill. a dekapírozás. A mechanikus előkészítés csiszolással, koptatással és vibrációs csiszolással lehetséges.

Cinkáteljáras. Az eljárás lényege, hogy az alumíniumot cinktartalmú lúgos oldatba mártják. Ott az alumínium oldódik, és helyére cink válik ki.

Használatos oldatok és az üzemi feltételek:

	1.	2.
Nátrium-hidroxid, NaOH, g/l	400...550	100...120
Cink-oxid, ZnO, g/l	40...60	18...20
Kálium-nátrium-tartarát, C ₆ H ₄ O ₆ KNa, g/l	—	50...55
Nátrium-nitrát, NaNO ₃ , g/l	—	1...2
Hőmérséklet, °C	20...25	20...25
Kezelési idő, min	1,5	0,5...1

Műveleti sorrend:

