

5.3. Az alumínium felületkezelése

5.3.1. AZ ALUMÍNIUMTERMÉKEK FELÜLETMINŐSÉGÉT MEGHATÁROZÓ TÉNYEZŐK

Az alumíniumból, ill. alumíniumötvözetekből gyártott késztermékek alkalmazástechnikai szempontból megkövetelt felületminősége, nevezetesen díszítő, korrózió ellen védő, valamint különleges műszaki tulajdonságai, a felületkezelő eljárás technológiai jellegzetességén kívül döntően függnék az alapfém

- anyagi minőségétől, kémiai összetételétől, kristály- és szövetszerkezetétől,

- a félkésztermék gyártási módjától,

- a munkadarab eredeti, és a felületnemesítést megelőző kezeléssel kialakított felületminőségétől.

A szövetszerkezet erősen függ az alapanyag, ill. a félkésztermék gyártási műveleteitől (olvasztás, öntés, hűtés, meleg- és hideghengerlés, sajtolás, húzás, kovácsolás), valamint a késztermékgyártás során az alkatrész alakító megmunkálásától (vágás, hajlítás, mélyhúzás, forgácsolás stb.).

A díszítő hatás eléréséhez elsőrendű követelmény az alapfém felületi tisztasága és simasága. Az öntéskor, kovácsoláskor, hőkezeléskor vagy hegesztés során keletkező, többnyire idegen anyagokkal szennyezett, durva-oxidos felületi kérget, a fémfelületbe ékelődött, oxid-, salaktörmelék, vagy fémszilánkokat, egyéb idegen anyagzárványokat gondosan el kell távolítani. Az esetleges alakhibákat (rücskösség, barázdáltság, karcosság stb.) mechanikai, kémiai vagy elektrokémiai módszerekkel ki kell simítani.

A díszítő hatás legáltalánosabb követelménye a felület megfelelő fénye és színe. Áttetsző, vagy fényvisszaverő képességű oxidbevonat — kellő mechanikai simítás, polírozás, kémiai vagy elektrokémiai tükrösítés után — csak nagyon tiszta (pl. Al 99,99 minőségű) alumíniumon, vagy meghatározott összetételű AlMg ötvözeteken állítható elő. Rezet, vasat vagy egyéb nehézfémeket, nagyobb mennyiségű szilíciumot tartalmazó ötvözeteken tükröfényes, víztisztán átlátszó oxidbevonat nem állítható elő.

A korrózió ellen védő hatás követelményeit tekintve ugyancsak az alapfém anyagi tulajdonságai, kémiai összetétele, szennyezettségi foka és szövetszerkezetének homogenitása a meghatározó tényezők. Döntőek a védőbevonat fizikai, kémiai és korrózióállósági tulajdonságai is. Az atmoszferikus és nem túl agresszív korróziós hatásokkal szemben a 15–30 μm vastag oxidbevonatok — a szokásos utókezelési eljárások hibátlan elvégzése után — kielégítően ellenállóak. Agresszív anyagok jelenlétében, pl. tengervíz, füstgázokat, egyéb légnemű vagy cseppfolyós vegyi anyagot tartalmazó környezetben az alapfém megfelelő ötvözésével, vastag, tömör oxidréteg kémiai vagy elektrokémiai előállításával, adott esetben vastag, de porózus és utókezelésként lakk- vagy festékanyagokkal impregnált oxidbevonatok előállításával tehető korrózióállóvá a felület.

5.3.2. AZ ALUMÍNIUMFELÜLET KIKÉSZÍTÉSÉNEK MÓDSZEREI

Adott felhasználási célra az alkalmazástechnikai követelmények (szilárdság, alakíthatóság, felületminőség stb.) szerint választják ki a megfelelő minőségű tiszta alumíniumot vagy Al-ötvözetfajtát és a felületkikészítésre alkal-

mas technológiai módszereket. A felületkikészítés módszerei az 5.74. ábra szerint csoportosíthatók.

A különböző alumíniumtermékek felületkezelésének fő- és mellékműveleteit, ill. a

a) Felület-előkészítés

Felületsimítás mechanikai eljárásokkal

Csiszolás, fényesítés (polírozás), kefézés, koptatás forgó dobban vagy harangban, szemcsefúvás; Mintahengerlés (sajtolás)

Mechanikai felület-előkészítés nélkül

Zsírtalanítás

Szerves oldószerben mosás.
Lúgos, vagy emulziós oldatban kezelés
Elektromos zsírtalanító kezelés lúgoldatban

Oxidmentesítés

Lúgos pácolás, savas pácolás, dekapírozás

Fényesítés (polírozás)

Kémiai polírozás,
Elektrokémiai polírozás

Kémiai vagy elektrokémiai polírozás nélkül

b) Felületkezelés bevonatkészítéssel

Díszítő-védő bevonatkészítés kémiai (konverziós) eljárásokkal

Kémiai oxidálás, kromatozás, passziválás, foszfátózás

Díszítő-védő bevonatkészítés elektrokémiai eljárásokkal

Hagyományos anodizálás
Direkt-színező anodizálás
Különleges műszaki célokra szolgáló oxidbevonatok (extrakemény oxid, hajlékony oxid stb.) előállítása

Díszítő-védő és különleges műszaki célokra szolgáló fémbevonatok készítése kémiai, elektrokémiai (cementáló vagy galvanikus) eljárásokkal

Zn-, Sn-, Fe-, Ni-, Cu-bevonatok leválasztása cementáló eljárásokkal;
Fényes Cu + Ni + Cr-bevonatok
Keménykrómbevonatok
Forrasztható Sn-bevonatok stb. galvanikus leválasztása

Díszítő-védő szerves bevonatok és tűzizománc-bevonatok készítése

Festék-, műanyagbevonatok, tűzizománc-bevonatok készítése mártó, ecsetelő, vagy elektroforetikus eljárásokkal

c) Utókezelés

Szervetlen oxidbevonatok utókezelése

Színezés, pórustömítés,
Passziválás,
Minőségellenőrzés

Fémbevonatok utókezelése

Fényesítés simítással,
Passziválás,
Minőségellenőrzés

Szerves bevonatok utókezelése

Száritás vagy beégetés,
Minőségellenőrzés

5.74. ábra. A felületkikészítés módszereinek csoportosítása: a) felületelőkészítés; b) felületkezelés bevonatkészítéssel; c) utókezelés

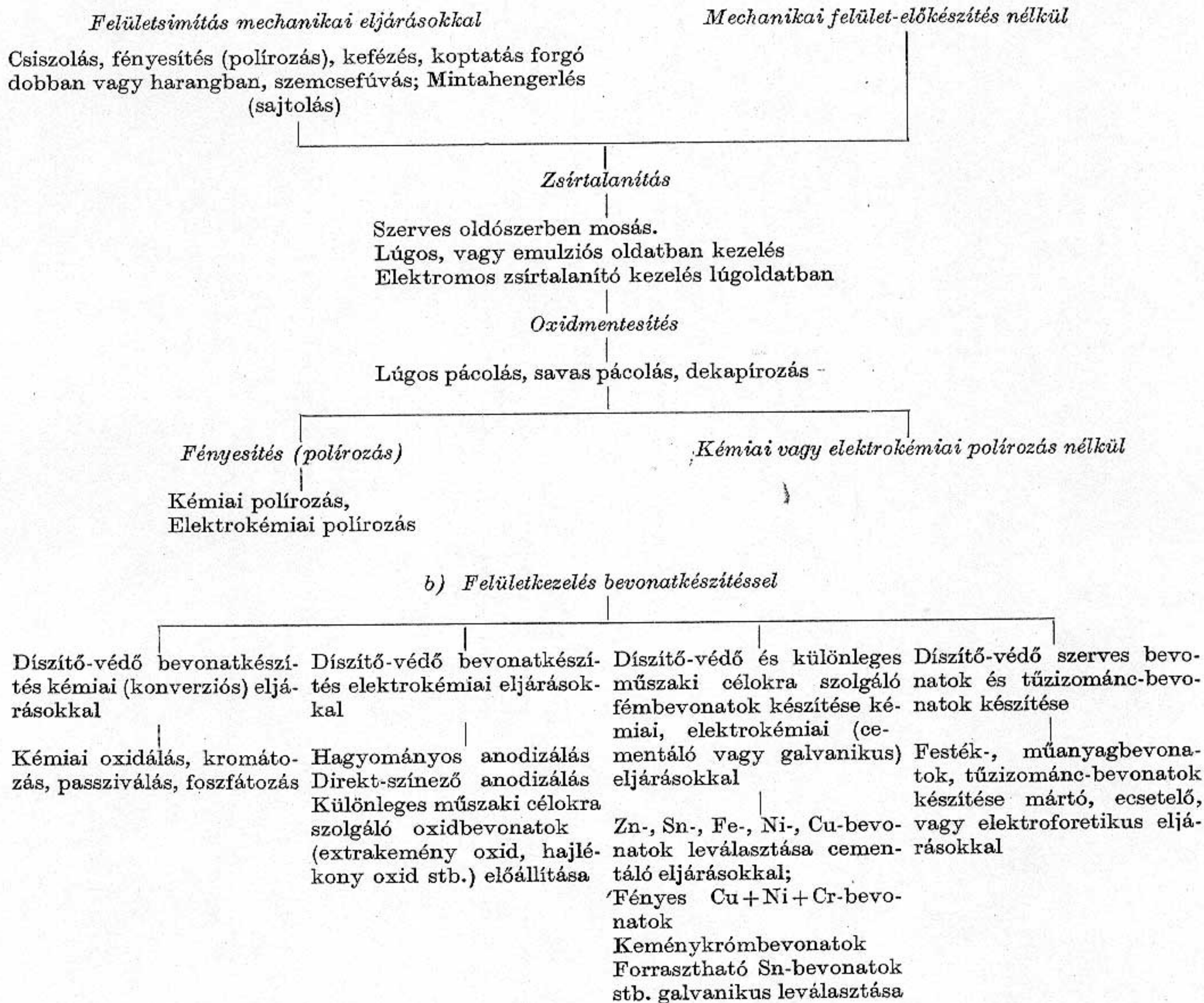
gyártó üzemből szükséges technológiai műveletek sorrendjét a kérdéses gyártmányfajta alkalmazástechnikai követelményeinek figyelembevételével állapítják meg. Az alumíniumfémek felületkezelésekor végzett műveletekről a következők állapíthatók meg:

Kémiai felületkezeléskor a korrózióvédő, díszítő vagy egyéb rendeltetésű bevonatok

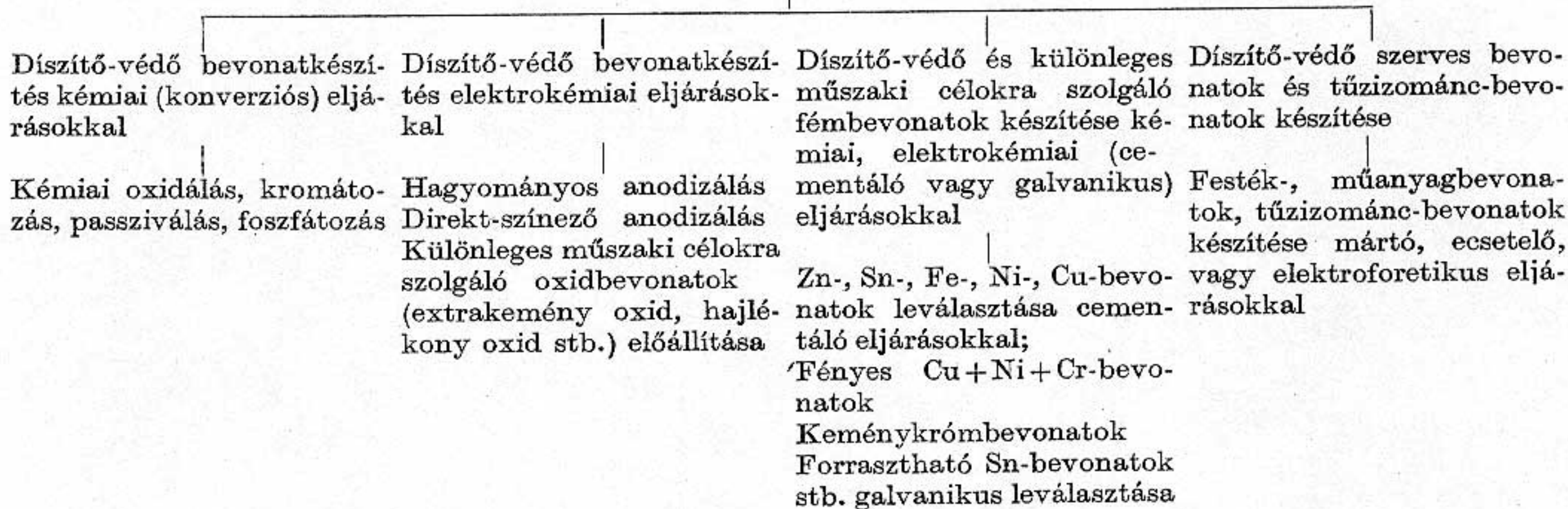
(pl. oxid-, kromát- vagy foszfátbevonatok) az alapfém felületi rétegének kémiai átalakítása („konvertálása”) útján állíthatók elő. Ezek az ún. konverziós rétegek.

Elektrokémiai felületkezelések esetében a bevonat képződésének mechanizmusa lényegesen eltérő. Az elektrokémiai (anódos) oxidáció során az alapfém anyagi (fizikai-kémiai,

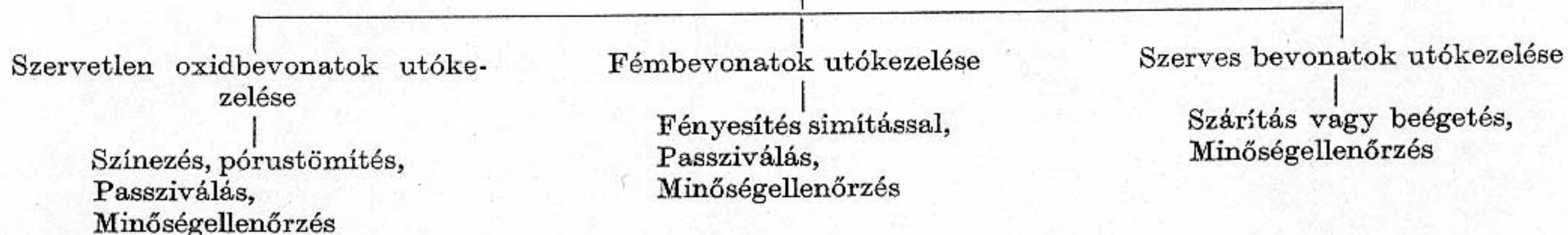
a) Felület-előkészítés



b) Felületkezelés bevonatkészítéssel



c) Utókezelés



5.74. ábra. A felületkikészítés módszereinek csoportosítása: a) felületelőkészítés; b) felületkezelés bevonatkészítéssel; c) utókezelés

gyártó üzemen szükséges technológiai műveletek sorrendjét a kérdéses gyártmányfajta alkalmazástechnikai követelményeinek figyelembevételével állapítják meg. Az alumíniumfémek felületkezelésekor végzett műveletekről a következők állapíthatók meg:

Kémiai felületkezeléskor a korrózióvédő, dísztő vagy egyéb rendeltetésű bevonatok

(pl. oxid-, kromát- vagy foszfátbevonatok) az alapfém felületi rétegének kémiai átalakítása („konvertálása”) útján állíthatók elő. Ezek az ún. konverziós rétegek.

Elektrokémiai felületkezelések esetében a bevonat képződésének mechanizmusa lényegesen eltérő. Az elektrokémiai (anódos) oxidáció során az alapfém anyagi (fizikai-kémiai,

szerkezeti, morfológiai) tulajdonságaitól függően eltérő sajátságú oxidréteg magából az alapfémből képződik. A közönséges anódos oxidáció célja a felületminőség átlagos igényeket kielégítő javítása (keménység, kopásállóság, korrózióvédelem, díszítő hatás). A különleges anódos oxidáció a fokozott műszaki követelményeket kielégítő pl. extrakemény, vastag oxidbevonatok, vagy rugalmas, villamosan szigetelő bevonatok előállítására használatos.

Az *elektrolitos polírozás* egyfelől kifejezetten díszítési felhasználás céljára, másfelől nagy tükrözőképességű felületek (pl. optikai tükrök, reflektorok) készítésére használatos.

Az *elektrokémiai fémbevonás* egyszerűbb módja a külső áramforrás nélküli fémleválasztás (cementálás), amelyet pl. alumínium tárgy galvanizálás előtti kikészítésére, vagy önállóan a fémfelület siklási tulajdonságainak javítására végeznek. Külső áramforrásokkal végzett galvanikus módszerekkel olyan egy- vagy többretegű fémbevonatokat állítanak elő, amelyek az agresszív korróziós hatásoknak ellenállnak, ugyanakkor díszítési vagy különleges műszaki követelményeket is kielégítenek (pl. fényes Cu-Ni-, Cu-Ni-Cr-bevonatok, vagy keménykrómbevonatok, forrasztható rézbevonatok stb.).

A *szerves festék- vagy műanyag bevonatok*, valamint a *szervetlen zománcbevonatok* természetesen mindenkor idegen réteget képeznek az alumínium alapfelületén, ezért a gyakorlatban kémiai vagy elektrokémiai felületátalakító (konvertáló) módszerrel alapozóréteget kell kiképezni a festő vagy zománczó művelet előtt.

A kémiai oxidáció vagy foszfátózás útján előállított rétegek kiválóan tapadó alapot adnak a tárgy festéséhez, lakkozásához vagy műanyaggal való borításához is. A levegőn száradó vagy beégetéssel keményíthető festék-ill. lakkbevonatok nemcsak hatékony korrózióvédelmet nyújtanak, hanem díszítő hatások előidézésére is alkalmasak. A ráolvasztás módszerével végzett műanyagbevonás (pl. plasztiszol-eljárás), ill. a rásajtolással vagy hengerléssel végzett műanyagfólia-borítás módszerei (pl. „laminát”-eljárás) az ipari gyakorlatban többféle változatban használatosak.

A ma még csak nagyon szórványosan használatos bevonó eljárások közé tartozik az *alumínium tűzizománcozása*. Ennek célja elsősorban különleges díszítő hatású felületek ki-

alakítása, ritkábban ellenállóképesség elérése bizonyos vegyi hatásokkal szemben.

A felsorolt technológiai változatok fő műveletei között, valamint azok befejezése után ún. *segédműveleteket*, mint például az álló vagy áramló vízben mosást, a semlegesítést és a szárítást is el kell végezni.

A felületkezelési technológiák fő műveleteinek, valamint a mosó-száritó segédműveletek végrehajtásához megfelelő műhelyberendezések, gépek, kádak, tartályok, áramszolgáltató, fűtő-, ill. hűtő- és szellőző berendezések stb. szükségesek. Az iparban használatos rendkívül sokféle berendezés és tartozékaik ismeretése a hivatkozott irodalomban megtalálható.

5.3.2.1. Tisztító és felületsimító előkezelés mechanikai eljárásokkal

A tisztító előkezelés célja, hogy a könnyűfém-ből készült tárgy felületi egyenetlenségeit, az öntési vagy hőkezelésből származó, egyenetlen vastag oxidkéregget, továbbá a zsiradékszenyezéseket vagy esetleges régi festékrétegeket eltávolítsuk, és a felületet fémesen tisztává, simává, szükség esetén tükrözővé tegyük az anódos oxidáció vagy a galvanikus fémbevonás előtt.

Csiszolás, polírozás és kefézés. A csiszolást és polírozást különböző szemcsenagyságú csiszolóanyagokkal gépi úton végzik. A szemcsés (kvarc, korund, vagy szilícium-karbid) csiszolóanyagot szilikát-, magnezit- vagy műanyag-kötőanyagba ágyazva tömör korong alakjában, ill. bőrrel bevont fa-, fíber- stb. korongra enyvezve használják. Durva csiszoláshoz 60...120-as, finom csiszoláshoz 180...280-as és polírozáshoz 320...800-as szemcsefinomságú csiszolóanyag ad jó eredményt. A korong kerületi sebessége csiszoláskor 15...30 m/s, polírozáskor 25...50 m/s. Kenő- és hűtőanyagként paraffin vagy faggyú alapú pasztákat használnak. Polírozás után 50...60 m/s kerületi sebességű, száraz rongykorongon bécsímészipor használata mellett tükrösíteni lehet a felületet.

Könnyűfémek gépi csiszolásakor és polírozásakor a helyi túlhevülések elkerülésére a tárgy felületét egyenletes és mérsékelt nyomással nyomják a koronghoz. A felületi karcok, mélyedések tökéletes elsimítására a csiszolás és polírozás irányát művelet közben

90°-os elfordítással gyakran kell változtatni. Szemcseanyaggal való finomcsiszolás helyett gyakran finom (0,1...0,3 mm Ø) fíber-, perlon- vagy egyéb műanyagszálakból készült koronggal vagy körkefével végzik a simítást. Ezt a műveletet kefézésnek vagy kefélésnek nevezik a műhelygyakorlatban.

Koptatás forgó dobban és harangban

Kisebb tömegcikkeket, főleg kokilla- és prés-öntvényeket motorhajtású dob- vagy harangberendezésben tisztítanak. A zsírtalanított, salétromsavba mártással pácolt és tökéletesen leöblített munkadarabot polírozott acél-golyókkal keverten a dobba, ill. a harangba helyezik, és 0,5 l tömény ammónium-hidroxid + 0,5 kg káliszappan + 0,5 l benzin keverékével megnedvesítve, 15...20 l/min sebességgel, $\frac{1}{2}$ –2 óra hosszát forgatják. Koptatás után többször cserélt vagy folyó vízben alapos mosás következik. Öblítés után a vízmaradványokat puha fűrészporban vagy ronggyal törlik le.

Szemcse-, (homok-) és sörétfúvatás

Kvarchomokkal vagy más kemény szemcseanyaggal, adott esetben acélsöréttel való fúvatás útján a könnyűfémek oxidkérgé, esetleges régi festékbevonata jól eltávolítható. Az első esetben bársonyos matt, a második esetben fényes, keményre tömörített felület keletkezik. Durva érdesítéshez 4...2 szemcse-nagyságú kvarchomokot 400...600 kPa, finom érdesítéshez 1...0,5 szemcse-nagyságú homokot 0,2...0,6 kPa sűrített levegő-nyomással fúvatnak. Kis keresztmetszetű vagy kényes alakú felületrészek (menetek, élek stb.) homokfúvatással való tisztítását az alapfém könnyű deformációjának veszélye miatt kerülni kell.

5.3.2.2. Felülettisztítás kémiai eljárásokkal

A felülettisztító technológiák közül a legmegfelelőbb módszert mindig a tisztítandó alapfém, az eltávolítani kívánt szennyezések anyagi minősége, valamint a munkadarab alakja és mérete szerint választják ki.

Zsírtalanítás szerves oldószerben

A zsírtalanítást szerves oldószerben való mosással, közönséges vagy nagyobb hőmérsékleten működő, zárható fedelű berendezésekben végzik. A mosás hatékonyságát az oldószer keverésével vagy a munkadarabok mozgatásával fokozzák. Tökéletesebb, és rövidebb időt igényel a zsírtalanítás, ha a művelet folyékony, majd gőzfázisú oldószerrel több szakaszban hajtják végre. Bonyolult alakú vagy furatos munkadarabok zsírtalanításához oldószerszóró vagy permetező berendezéseket is használnak.

Minthogy a gőz alakban belélegzett vagy a bőrön keresztül felszívódott halogénezett szénhidrogének az egészségre igen ártalmasak, ezért a munka- és egészségvédelmi rendeletek szigorú utasításokat adnak a munkahely légtérében fellépő oldószergőz-koncentráció ellenőrzésére. A német szóhasználatból elterjedt jelöléssel az oldószergőz maximálisan megengedhető mennyiségét mg/m³ egységben, az ún. MAK-értékkel adják meg (maximale Arbeitsplatzkonzentration).

A halogénezett szénhidrogének tartós fényhatásra vagy alumínium-, ill. színesfémforgács katalitikus hatására kémiai elbomlhatnak, ennek eredményeként maró hatású sósav (HCl) vagy fluorsav (HF) keletkezhet. A kémiai bomlásnak, ill. a sósavas korrózióknak megelőzésére újabban különleges inhibitorokat, pl. aminokat használnak, vagy aromás nitrozo-, ill. azo-vegyületeket tartalmazó oldószerekben zsírtalanítanak. A fluorozott szénhidrogének kevésbé hajlamosak bomlásra, és mivel zsíroló képességük is általában jobb, mint a klórozott szénhidrogéneké, ezért használatuk az iparban mindjobban terjed.

Zsírtalanítás után hatásos elszívóval felszerelt szárító kamrán vagy alagútszakaszon átvezetve szárítják meg a zsírtalanított munkadarabokat.

Zsírtalanítás és oxidmentesítés lúgos oldatokban (lúgos pácolás)

Lúgos anyagok, például nátronlúg (NaOH), szóda (Na₂CO₃), vagy nátriumfoszfát („trisó”: Na₃PO₄) vizes oldatában, forráspont körüli hőmérsékleten a növényi vagy állati eredetű zsiradékok, viasz- vagy gyantaanyagok elszappanosodás, az ásványi olajok és zsírok emulzió révén leoldódnak a fémfelületről. A

zsírtalanítás hatásfoka jobb, ha a lúgoldathoz felületaktív anyagokat (ún. detergenset) adagolnak, amelyek egyrészt a fémfelület nedvesedőképességét növelik, másrészt a forró lúgoldat habzását csökkentik. Ilyen célra igen hatásosnak bizonyult pl. a nátrium-metaszilikát (Na_2SiO_3), a nátrium-metafoszfát (NaPO_3), vagy az alkil-aril-szulfonsav.

A forró, tömény lúgoldatban végzett zsírtalanításkor a lúgoldat a természetes oxidréteget is leoldja az alumínium felületről, sőt túl hosszú idejű kezeléskor az alapfém is oldódik. Az oldóhatás mérsékelhető inhibitor-adalékokkal, de a bemaródás veszélyének megelőzésére az előírt kezelési időt szigorúan be kell tartani.

A szerves oldószerekben vagy a lúgoldatokban mártókezeléssel végzett zsírtalanítás hatásfoka — különösen erősen tagolt felületű, üreges vagy furatos tárgyak zsírtalanításakor — számottevően növekszik, ha a zsírtalanító-kádba beépített generátorral a folyadékon keresztül kb. 1 W/cm^2 fajlagos teljesítményű, 20...800 kHz frekvenciájú ultrahanggal sugározzák be a tisztítandó tárgy felületét.

Zsírtalanítás emulziós oldatokban

A forró, tömény lúgoldat hatásától óvni kívánt fémtárgyakat savas, közömbös, leginkább igen gyengén lúgos kémhatású felületaktív anyagok meleg, pl. 80°C -os oldatába mártással zsírtalanítják. Az emulgeáló anyagok nem oldják az olajokat és zsírokat, hanem kolloidálisan, emulziócseppek alakjában távolítják el a fémfelületről. Hatékonyságuk fokozására az emulgeáló anyagokon kívül nedvesítőszereket is adagolnak a fürdőkbe. Erre a célra jól

bevált pl. az alkáli-gyantaszappanok 5...20 %-os, vagy a vízüveg 10...15 %-os meleg oldata. Az emulziós zsírtalanítás idejét általában tapasztalati úton állapítják meg.

Oxidmentesítés savoldatban pácolással

Az alumínium felülete levegőn — különösen vízpára jelenlétében — rendkívül gyorsan oxidálódik. A kiválóan tapadó természetes oxidhártya vastagsága csupán néhány század μm . A természetes oxidfilm tömör szerkezetű, ezért jó védelmet nyújt az alapfém további oxidációja ellen. Oxidhártya képződik a felületen akkor is, ha tartósan vízzel érintkezik, ez a réteg azonban hidrátvíz-, ill. hidroxidtartalmú. Nagy hőmérsékleten az atmoszferikus oxidképződés gyorsabb, mint közönséges hőmérsékleten, és ilyenkor a rétegvastagság néhány tized mikrométert is elérhet. Az alumínium félgyártmányok melegtechnológiai megmunkálásakor a felületükön jelentősen vastagabb, és idegen anyagoknak (homok, por, fémszilánkok, salakzárványok stb.) a felületbe nyomódása következtében többnyire tisztátalan öntési vagy hengerlési, ill. hőkezelési oxidréteg alakul ki.

Az alumínium és ötvözei nemcsak lúgos, hanem savas pácolással is oxidmentesíthetők. Lúgos pácolás előtt csak a durva zsiradékot, csiszolópaszta-maradványokat stb. szerves oldószerekkel távolítják el, a vékony olajfilmet pedig a lúg takarítja le a felületről. Savas pácolás előtt a fémfelületet szerves oldószerekben minden esetben zsírtalanítani kell. Az üzemi gyakorlatban leginkább elterjedt oxidmentesítő pácolatok összetételét és technológiai előírásait az 5.34. táblázat tartalmazza.

5.34. táblázat. Alumínium-oxid-mentesítő pácolása

Fémminőség	Pácfürdő összetétele, g/l	Hőmérséklet, $^\circ\text{C}$	Idő, s
Alumínium	200 NaOH (vagy Na_2CO_3) + 30 NaCl	60...90	30...120
	45...500 HNO_3 + 50 HF (vagy NH_4F)	20	15...30
	150 H_2SO_4 + 30 HF	20	150...300
	150 H_2SO_4 + 50 CrO_3	55...60	120...300
Al-öntvény	1065 HNO_3 + 280 HF	25	15...120
AlMgSi — öAl Si-, AlCuMg-ötvözet	500 HNO_3 + 50 HF	20	120...300
AlCuMgMn- ötvözet	előpác 10...100 NaOH + 40 NaF	80...90	30...120
	pác 500...600 HNO_3 + 20...100 HF	20	5...30

A vastag öntési kéreggel fedett tárgyakat előbb általánosan savas lazítópácban (pl. $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{HF}$) kezelik, majd alapos öblítés után következik a lúgos pácolás. Lúgos pácolás után a tiszta alumínium felülete fémesen tiszta. Az idegen alkotókat tartalmazó alumíniumfélések felületén könnyen ledörzsölhető szürkés-fekete lepedék marad vissza. Ennek eltávolítására a munkadarabot alapos hideg vizes öblítés után tömény salétromsavba mártják pár percig, ekkor a felület ezüstösen csillogó, fehér színűre tisztul. A 3%-nál több szilíciumot tartalmazó ötvözetek savas utókezeléséhez 4...8 rész salétromsav + 1 rész 40%-os fluorsav keverékét használják.

Mind a lúgos, mind a savas oxidmentesítő pákok oldják az alumíniumot is, ezért a felület egyenetlen bemarkódásának elkerülésére a pácolást csak a feltétlen szükséges ideig szabad folytatni. A fém oldódása némileg csökkenthető, ha a pácoldathoz valamilyen inhibitort (pl. lúgoldathoz nátrium-szilikofluoridot, vízűveget, savas oldathoz pedig nátrium-kromátot, hexametilén-tetramint) adagolnak 0,01 – 2% mennyiségben.

5.3.2.3. Felületsimítás és fényesítés kémiai és elektrokémiai polírozással

Az alumíniumgyártmányok felületének gépi úton mechanikai csiszolással és polírozással, végzett simítása, ill. fényesítése műszaki és gazdaságossági szempontból gyakran (pl. túl bonyolult alakú darabokon) hátrányos. Ezek a hátrányok kémiai vagy elektrokémiai polírozási módszerekkel kiküszöbölhetők. A kémiai vagy elektrokémiai polírozásra jellemző, hogy a meghatározott összetételű és hőmér-

sékletű oldatban kezelt fémfelület mikroyenetlenségeinek kiálló élei, csúcsai a vegyszeroldatban gyorsabban oldódnak, következésképpen bizonyos idő alatt az egyenetlen felület kisimul. Túl hosszú ideig tartó kezelés-kor a felület helyi túlmaradások miatt ismét egyenetlenné válhat. Az 1 μm vagy nagyobb méretű szintkülönbségek szelektív fémoldással való megszüntetését simításnak, a tized, vagy század μm nagyságrendű érdesség kiegyenlítését pedig fényesítésnek (polírozás, tükrösítés) nevezik.

A kémiai és elektrokémiai polírozás reakciómechanizmusa lényegében hasonló, míg azonban az utóbbiban a folyamatok külső villamos energia hatására játszódnak le, addig kémiai polírozáskor a folyamatok hajtóerejét a vegyszeroldat és a fém kölcsönhatása, ill. a fémfelületen elektrokémiai reakcióval képződött mikrogalvánelemek anód- és katódpontjai között fellépő elektrokémiai energia – olykor igen tekintélyes áramsűrűségű – korróziós áram képviseli. Az 5.35. táblázatban a kémiai, az 5.36. táblázatban az elektrokémiai polírozás üzemi jellemzői találhatók.

Kémiai polírozás lúg- és savoldatokban

Az üzemi módszerek jó részében kémiai polírozáskor közvetlenül képződik a fémesen tiszta, tükröző felület. Egyes eljárások esetében azonban a kémiailag polírozott alumíniumfelületen igen vékony, erősen pórusos, megmaradó fedőfilm keletkezik, amely főleg alumínium-oxidból, kisebb részben foszfát- vagy fluoridvegyületből áll. Ez a vékony hártva a polírfürdőből kiemelt tárgy felületén – többnyire halvány tejszínű – „fátyol”-ként észlelhető, amely a tükrözőképességet erősen csök-

5.35. táblázat. Alumínium kémiai polírozása, fényesítése

Fémminőség	Fürdőösszetétel, g/l	Hőmérséklet, °C	Idő, min
Alumínium, AlMg- és AlMgSi-ötvözetek	előpác 5...60 HNO_3 + 10...50 HF + 1...15 CrO_3 + 1...6 $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ vagy $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	60...70	1...3
	pác 600 H_3PO_4 + 350 P_2O_5 + 4 HNO_3	85...90	3...5
AlCuMg- és AlCuSi-ötvözetek	előpác 500 HNO_3 + 500 HF + 100 NaF	60...70	3...15
	pác 550 H_3PO_4 + 400 CH_3COOH	30...40	1...3
Nagy Si-tartalmú ötvözetek	előpác 400 – 800 HNO_3 + 100 HF	60...70	5...10
	pác 550 H_3PO_4 + 400 CH_3COOH	30...40	1...3

5.36. táblázat. Alumínium elektrokémiai polírozása, fényesítése

Fémminőség	Fürdőösszetétel, g/l	Hőmérséklet, °C	Áramviszonyok,		Idő, min
			V	A/dm ²	
Alumínium Al 99,5 – – Al 99,99 AlMg-ötvezete	<i>Brytal-eljárás</i>				
	150 Na ₂ CO ₃ + 50 Na ₃ PO ₄	80	9...12	3,3...3,8	5...10
	derítés: 2,5...80 NaOH oldatban	20	–	–	0,5...30
	anódos oxidáció 200 KHSO ₄	35	10	0,55	12...15
	<i>Alzak-eljárás</i>				
	5...50 HBF ₄ ; vagy 100...600 H ₂ SO ₄	20...60	5...25	1...8	5...15
Alumínium AlMg- és AlMgSi- ötvezetek	(66 Bé°) + 2...15 HF	30...70	8...10	1...11	3...30
	(16 Bé°); vagy 10...250 CrO ₃ +	30...70	16...22	2...15	5...30
	+ 2...15 HF (16 Bé°)				
	derítés: 10...80 Na ₂ CO ₃ + 5...30	60...95	–	–	0,5...3
	K ₂ CrO ₄ oldatban	20...25	20	1,3	10
	anódos oxidáció: 70 H ₂ SO ₄				
Alumínium AlMg- és AlMgSi- ötvezetek	<i>Battelle-eljárás</i>				
	50...140 H ₂ SO ₄ + 250...570 H ₃ PO ₄ + + 65...90 CrO ₃ + 0...45	70...75	7...12	6...16	20
Alumínium AlMg- ötvezet	Al ³⁺ és Cr ³⁺ ionok, keverés szükséges derítés és anódos oxidáció mint az <i>Alzak</i> eljárásban				
	<i>ALUTERV – FKI-eljárás</i>				
Alumínium AlMg- ötvezet	930 H ₃ PO ₄ (sűrűség 1,6) + 86	50...60	14...38	2...5	5...10
	butilalkohol (sűrűség 0,81)				
Alumínium AlMg- ötvezet	derítés: nem szükséges				
	anódos oxidáció: 200 H ₂ SO ₄	20	10	0,8...1,0	5...10

kenti. A fátyolt vegyszeres leoldással „derítéssel” távolítják el.

A polírozott alumíniumfelület mechanikai és korróziós hatásokra rendkívül könnyen sérül, ezért védelem céljából mindig előírják a polírozott tárgy utólagos anódos oxidálását. Az anódizálást a szokásosnál enyhébb technológiai paraméterek alkalmazásával, rövidebb ideig végzik azért, hogy az anódos úton képződő vékony, átlátszó oxidhártya a polírozott alumíniumfelület tükrözőképességét ne rontsa le. A felületvédelemre alkalmas oxidhártya vastagsága 0,5 és 10 µm között változik.

Elektrokémiai polírozás lúg- és savoldatokban

Az alumínium elektropolírozását lúgos vagy savas oldatokban, szobahőmérsékleten vagy

forráspont körüli hőmérsékleten végzik. Oxidmentesítés után a befogószerszámra erősített munkadarabokat az előírt összetételű és hőmérsékletű oldatban, az előírt jellemzőjű árammal polírozzák, majd ezt követően az előírt módon utókezelik. Azokat a munkadarabokat, amelyeken nagy reflexióképeségű tükröző felületet kell előállítani, előzetesen mechanikai csiszolással és polírozással kellő felületfinomságúra simítják, majd a tárgyakat zsírtalanítás után elektropolírozzák.

A gyakorlatban használatos elektropolírozó módszerek, és pedig a Brytal-, az Alzak-eljárás, valamint a hazánkban ALUTERV – FKI (korábban Fémipari Kutató Intézet) által kidolgozott savas eljárás pontos műszaki előírásai az ebben a fejezet részben később megadott 5.38. táblázatban, a további részletadatok a szakirodalomban találhatók.

5.3.3. AZ ALUMÍNIUMFELÜLET ÁTALAKÍTÁSÁNAK KÉMIAI MÓDSZEREI

5.3.3.1. Bevonatkészítés az alumíniumfelületen kémiai oxidációval

Alumíniumon és ötvözetein oxidbevonatokat kémiai úton vízben vagy gőzben, valamint oxidáló hatású szervesetlen vegyületek vizes oldatában való kezeléssel állítanak elő.

A kémiai oxidáló eljárások közös vonása, hogy az elektrolitoldatban jelenlevő anyagok (nátronlúg, nátrium-karbonát, ill. foszforsav vagy fluorsav stb.) feloldják az alumínium természetes oxidhárttyáját, és a tiszta fémrel érintkező vizes oldatban a fém felületén új, a természetesnél vastagabb oxidréteg keletkezik. Az oxidálófürdőben oldott kromát-, foszfát-, fluorid- vagy más alkalmas vegyülete elősegíti az oxidképződést. Az oxidréteg képződésekor a feloldódott alumínium egy része beépül az oxidrétegbe, más része a fürdőfolyadékban oldatban marad.

A gyakorlatban elterjedt eljárásokkal kialakított oxidréteg vastagsága általában 1...5 μm . Ennek eléréséhez – a módszer paramétereitől függően – 1...120 perc kezelési idő szükséges.

A vegyszeres oxidáláson kívül jól ismert a forró vízben vagy vízgőzben végezhető oxidációs eljárás, az úgynevezett böhmitezés. Az ilyen módon előállított oxidbevonatok általában igen vékonyak, de tömörek és szinte teljesen átlátszóak. Felépítésükben csak alumínium-oxid-hidrát ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) vesz részt. A hagyományos kromátos eljárással nyert oxidbevonatokat alumínium-oxid, bázisos króm-

oxid és króm-kromát vegyületek képezik, ezeket színük után „sárgarétegnek” nevezik. Az újabban használt króm-foszfátos fürdőkben képződő oxidréteg, az ún. zöldréteg felépítésében az alumínium-oxid mellett alumínium-foszfát és króm-foszfát is részt vesz. A korszerű fluorsav-kromátos módszerrel létesített halványsárga árnyalatú vagy szinte teljesen oxidfilmek az oxidvegyületek mellett alumínium-fluoridot is tartalmaznak.

Kémiai oxidálás lúgos oldatokban: oxidálás MBV-, EW-, LW-, Pylumin- és Alrok-eljárással

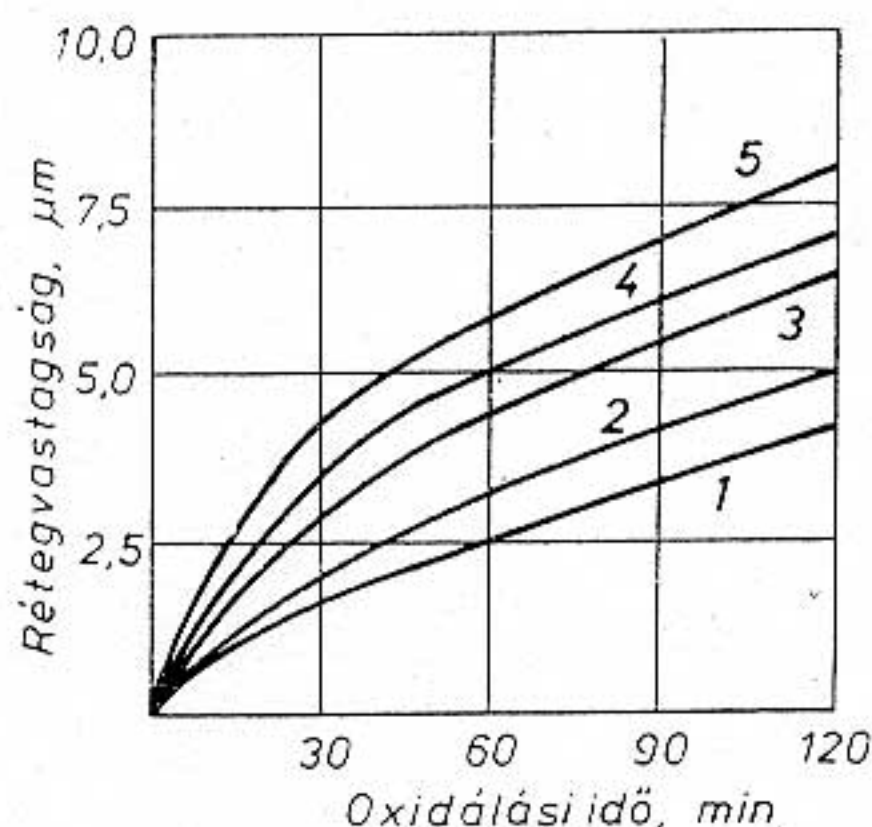
Az alumínium oxidálására alkalmas első módszert O. Bauer és O. Vogel dolgozta ki 1915-ben. Ez a később bevezetett módosításokkal „Módosított Bauer – Vogel-eljárás” (MBV-eljárás) néven vált ismertté és sokat használt üzemi technológiává. Az MBV-oxidálófürdő összetételére vonatkozó adatok az 5.37. táblázatban találhatók.

A befüggesztő szerszámra erősített vagy kosárba helyezett és előzetesen zsirtalanított alumínium tárgyakat 90...95 °C-os fürdőben 5...15 percig; különleges porózus, pl. festék- vagy műanyagbevonat alá jó alapként alkalmas oxidréteg előállításához 95...100 °C-os fürdőben 5...30 percig kezelik. 65 ± 5 °C hőmérsékleten – szükség esetén 30 ± 5 °C-on – is lehet oxidálni, ebben az esetben azonban a fürdő hatékonyságát 3,5 g/l, ill. 7,0 g/l mennyiségű nátrium-hidroxid adagolásával erősí-

5.37. táblázat. Alumínium kémiai oxidálása lúgos közegben

Eljárás	Fürdőösszetétel, g/l	Hőmérséklet, °C	Idő, min
MBV-eljárás	50 Na_2CO_3 + 15 Na_2CrO_4 ; vagy 50 Na_2CO_3 + 15 Na_2CrO_4 + 3,5 NaOH CrO_3 -ra számított krómattartalom min. 7 g/l	90...100	5...15
		60...70	15...50
EW-eljárás	45...50 Na_2CO_3 + 15 Na_2CrO_4 + 0,1...0,3 vízüveg	90...95	8...10
LW-eljárás	45...50 Na_2CO_3 + 15 Na_2CrO_4 + 30 $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$	90...100	8...10
Lúgos oxid-fluorid eljárás	50 Na_2CO_3 + 15 Na_2CrO_4 + 15 NaF	95...100	10...30
Pylumin I.	50 Na_2CO_3 + 17 Na_2CrO_4 + 5 $\text{Cr}_2(\text{CO})_3 \cdot \text{Cr}(\text{OH})_3$	70	3...5
Pylumin II.	60 Na_2CO_3 + 20 Na_2CrO_4 + 2 $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$	90...100	20

teni kell. A kezelési idő az előbbi esetben 15...30 perc, az utóbbiban minimum 30 perc. A kisebb hőmérsékletű oldatokban készült oxidbevonatok vékonyabbak és minőségük is gyengébb, mint az előírással forró oldatban előállított oxidrétegeké. Az oxidréteg szerkezetére és vastagságára az alapfém összetétele is hatással van. A különböző ötvözők hatása eltérő, amint azt az MBV-eljárásal azonos kísérleti körülmények között előállított oxidbevonatok rétegvastagságának az 5.75. ábrán látható diagramjai is szemléltetik.



5.75. ábra. Az alapfém összetételének hatása az oxidréteg vastagodására MBV kémiai oxidáláskor

1 Al 99,9; 2 AlMg-ötvözet; 3 AlMn-ötvözet; 4 AlMgSi-ötvözet; 5 AlCuMg-ötvözet

Az oxidálás befejezése után vízben alaposan lemosott, majd meleglevegő-árammal megszáritott munkadarabokat az oxidréteg pórustömítésére 1...5%-os alkáli-szilikát- (vízüveg-) oldatban, 90...100 °C hőmérsékleten 10...15 percig főzik. Ezután ismét vízben öblítés következik, végül meleglevegő-áramban való szárítás fejezi be a műveletsort. A festeni vagy lakkozni kívánt oxidált alumíniumot forró vízben mossák, majd 100...140 °C-on tökéletesen kiszáritják az oxidréteget. Az oxidréteg színe a beépült króm-oxid mennyisége szerint szürke vagy sötétszürke. Az alapfém ötvözetalkotói is befolyásolják az oxidréteg színét, például AlSi-ötvözeteken szürkésfekete, AlCuMg-ötvözeteken barnás-szürke oxidbevonat képződik. Erősen ötvözött alumíniumgyártmányokon a kémiai eljárással előállított oxidbevonatok tapadóképesége és szilárdsági tulajdonságai sokszor jelentősen gyengébbek, mint a tiszta alumíniumon előállított oxidrétegeké.

A MBV-oxidrétegek megfelelő összetételű vegyszeroldatokban mártás útján végzett utókezeléssel színezhetők. Például 25 g/l

$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 10 \text{ g/l KMnO}_4 + 4 \text{ ml/l HNO}_3$ (65%-os) összetételű fürdőben, 80 °C hőmérsékleten 2 perc mártókezeléssel az AlMg-ötvözetten világos barnásvörös, az AlMnMgSi-ötvözetten sötét sárgásbarna, az AlMn-, AlMnMgSi- és AlSi-ötvözeteken sötét szürkésbarna vagy fekete szín érhető el. Kékre színezhető az oxidréteg 5 g/l FeCl_2 és 5 g/l $\text{Na}_2\text{Fe}(\text{CN})_6$ -oldat 1 : 1 arányú friss keverékében 70...80 °C-on 5 perces kezeléssel.

A kevés nehézfém-ötvözőt tartalmazó alumíniumgyártmányokon a színezett MBV-oxidréteg mechanikai és korróziós tulajdonságai jobbak, ha 100...110 °C-on néhány percig hevítik, majd lehűlés után az oxidbevonatot szintelen lakkal, viasszal vagy paraffinnal impregnálják.

Az EW-eljárás (Erftwerk-Verfahren), ill. az LW-eljárás (Lautawerk-Verfahren) tulajdonképpen az MBV-eljárás változatának tekinthető. Az előírt összetételű MBV-fürdőhöz még 0,1...0,3 g/l vízüveget, 30 g/l dinátriumhidrofoszfátot ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) is adagolnak, a technológia egyéb jellemzői azonosak. (5.39. táblázat).

Az EW-, ill. az LW-oxidbevonatok általában hasonló külalakúak, festhetőség, mechanikai és korrózióállósági tulajdonságok tekintetében teljesen egyenértékűek, különbség csupán a réteg kémiai felépítése tekintetében van, amennyiben az LW-oxidrétegek az alumínium-oxid és króm-oxid, ill. oxid-hidrát mellett bizonyos mennyiségű alumínium-foszfátot, esetleg króm/III/-foszfátot is tartalmaznak.

A Pylumin- és az Alrok-eljárás szintén az MBV-módszer továbbfejlesztett változatának tekinthető. A többféle változatban (Pylumin I. és Pylumin II.) ismert módszer szerint az oldatok adalékként nehézfém-karbonátot (előnyösen például króm-karbonátot) és alkáli-foszfátot is tartalmaznak.

Kémiai oxidálás savas oldatokban; oxidálás Alodine-, Alocrome-, oxid-fluorid- és oxid-foszfát-eljárással

Az Alodine- vagy az Alocrome-eljárással olyan oxidbevonatok képezhetők, amelyek összetételük szerint lényegében az oxid- és a foszfátbevonat-típusok között foglalnak helyet. A réteg kémiai összetétele a következő adatokkal jellemezhető: Cr = 18...20%, Al = 45%, P = 15...17%, F = 0,2...3%, oxigén = maradék

5.38. táblázat. Alumínium kémiai oxidálása savas közegben

Eljárás	Fürdőösszetétel, g/l	Hőmérséklet, °C	Idő, s
Alodine- vagy Alocrome-eljárás	10...22 CrO ₃ + 3...5 NaF, vagy NaHF ₂ + 12...24 H ₃ PO ₄ + 1...2 (NH ₄) ₂ HPO ₄ ; vagy 10...15 K ₂ Cr ₂ O ₇ + 0...5 NaF, vagy NaHF ₂ + 32...66,5 NaH ₂ PO ₄ + 4,5...5 H ₂ SO ₄ ; pH = 1,7...1,9 Öblítés után utókezelés 0,5 CrO ₃ - vagy-H ₃ PO ₄ -oldatban	20	60...120
		45	60...120
		30...45	10...15
Oxid-foszfát-eljárás	4...10 CrO ₃ + 5 NaF + 64 H ₃ PO ₄ Vízben öblítés után utókezelés 0,5 CrO ₃ -oldatban	30	300...600
		30...45	10...15
Savas oxid-fluorid- eljárás	Fluoridozás 40 NaF + 250 HNO ₃ Oxidálás 300 H ₂ SO ₄ + 80 Na ₂ CrO ₇ · 2 H ₂ O (a két művelet közben vízben alapos öblítés)	20	60
		60	60

Az oxidáló felületkezelést 45...50 °C hőmérsékletű oldatba mártással és mozgatással (1...2 percig), vagy szórással (1/2...1 percig), esetleg keféssel bedörzsöléssel (10...30 másodpercig) végzik. A savas oxidáló fürdők vegyi összetételére és technológiai paramétereire vonatkozó adatok az 5.38. táblázatban találhatók.

Oxidálás után a munkadarabot erősen áramló hideg vízben, erős mozgatás közben legalább 10...15 percig kell mosni. Ezt követően 0,5%-os krómsavban vagy foszfor-savban, 30...45 °C-on 10...15 másodperces utókezelést végeznek, a műveletsort újabb vízöblítés nélkül meleglevegő-áramban való szárítás fejezi be.

A mártókezeléssel előállított Alodine- vagy Alocrome-oxidrétegek vastagsága a munkafeltételektől függően 2,5...5 μm. A rövid idejű mártással vagy a szóró eljárással készült bevonatok csak 0,5...2,5 μm vastagok. A kedvező feltételek esetén képződött oxidbevonatok tömör szerkezetűek, viszonylag kemények és igen jól tapadnak az alapfémre, ezért pórustömítő utókezelés felesleges. Utólagos művelettel nem színezhetők, minthogy porozitásuk igen csekély. Az Alodine- és az Alocrome-oxidrétegek mérsékelt képlékeny alakítást (pl. hajlítást) is elviselnek.

Az oxid-fluoridos felületkezelést két fürdőben hajtják végre: az első fürdőben az alumínium egy túlnyomóan alumínium-fluoridból (AlF₃) álló hártya képződik, majd öblítés után a munkadarabot króm-kénsav-oldatban kezelik. Ilyenkor a fluorid-oxid-film pórusain keresztülhatoló elektrolit oxidáló hatása pasz-sziválja a még szabad felületrészeket. Az

oxid-fluorid-film rendkívül állékony, kiválóan tapad a fémre, és mechanikai szempontból is igen jó tulajdonságú, pl. az összes eddig ismertett típusú oxidbevonatok között ez a leg-rugalmasabb. A réteg irizáló, matt fehér színe gyakorlatilag alig tér el a fémalumínium színétől. Korrozíóállósága is számottevő a közönséges légköri hatásokkal szemben. Előnyös fizikai-mechanikai és korrozíóálló sajátosságai miatt az oxid-fluorid-film önálló bevonatként is használható, a festék-, lakk- vagy műanyagbevonatok tapadóképeségét is kitűnően növeli.

Az oxid-foszfát-eljárás szintén két művelet-ütemből áll. Az első szakaszban épül fel az oxidréteg, az ezt követő savas utókezelő műveletben a pórusokon és esetleges repedéseken keresztül a még hozzáférhető alumínium pasz-sziválása megy végbe. Az oxidálás után hideg és meleg vízben lemosott tárgyakat célszerűen meleglevegő-áramban szárítják. Az előállított bevonatok eléggé rugalmasak, és ha a festő-lakkozó kikészítés a kémiai alapréteg előállítását azonnal követi, akkor a tapadóképeség is rendkívül jó.

Kémiai oxidálás semleges közegben; oxidálás böhmit-eljárással forró vízben vagy gőzben

A tiszta víz és a fémalumínium közti reakció – tulajdonképpen vízbontási folyamat – sebessége viszonylag kicsi, ezért az oxidképződés lényegesen lassúbb, mint az oxidáló elektrolitoldatokban, és az oxidréteg vastagsága is jóval kisebb, mint az előzőekben leírt módszerekkel előállított rétegeké.

Az oxidáló kezelést — lúgoldatban végzett pácolás után — forrásban levő desztillált vagy ionmentesített vízben, a gőzfázisú oxidálást pedig telített vízgőztérben 20...480 kPa nyomáson 105...120 °C-on, egyes szerzők szerint célszerűbben 200 °C hőmérsékleten hajtják végre.

A tiszta vízben vagy gőztérben keletkezett böhmít-réteg szintelen, átlátszó, igen tömör, finom szerkezetű és bizonyos mértékig az anódos oxidációval előállított póruszegény oxidbevonatokhoz hasonló. A böhmít-réteg átlagösszetételét AlOOH képlet fejezi ki. Kis porozitása miatt a böhmít-film utólagos festési művelettel nem színezhető.

5.3.3.2. Bevonatkészítés az alumíniumfelületen foszfátózással

A Foszfatin-eljárás szerint az alumíniumon fő tömegében tiszta foszfátvegyületekből álló bevonatokat lehet előállítani primer nehézfém-só-foszfátokból és különleges adalékokból készült foszforsavas fürdőben. A technológiai paramétereket a felületkezelendő könnyűfémek minősége szerint szokás meghatározni. Jó olajfelvevő, kedvező siklási-súrlódási tulajdonságú és tartósan kopásálló foszfátbevonatok előállítására leginkább a cink-foszfátos, korlátozottabban a mangán-foszfátos eljárást használják. Az iparban használatos foszfátzó készítmények a kereskedelemben késztermékként kaphatók, ezért összetételük részletezése helyett a szakirodalomra utalunk.

Az alumíniumötvözetek foszfátozására kidolgozott hazai eljárásokhoz cink-foszfát alapú Foszfatin-fürdőt használnak, amelyhez az oldatba kerülő alumíniumionok komplexvegyület alakjában való megkötésére alkáli-sziliko-fluoridot adnak. A fürdőoldatot a következő módon készítik: 19 l Foszfatin 10A és 3 l Foszfatin 10E törzsoldatot 78 l 95...98 °C-ra előmelegített, ionmentes vízben elkevernek, majd 8 órás pihentetés után 98 °C-on keverés közben 10 liter vízben oldott 3 kg nátrium-szilikofluoridot adagolnak a fürdőhöz. A kész fürdőoldat pontszámát 55-re állítják be, üzem közben a savasság csökken, a megengedhető alsó határ 45 pontszám.

Foszfátózáshoz a munkadarabokat a könnyűfémek felületkezelésében szokásos módszerekkel, vagyis lúgos zsírtalanítással és

salétromsav-fluorsav kevert pácoltatban kezeléssel, majd alapos lemosással kell megtisztítani. A foszfátózást 95...98 °C hőmérsékletű fürdőben 10 percig végzik.

Az alumíniumon létesített réteg átlagosan 5 μm vastag és főleg cink-foszfátból áll. A rétegeképződés mechanizmusa lényegében az alumínium foszfátózásakor is hasonló a többi féméhez. Rendkívül előnyös, hogy acélból, alumíniumból és esetleg cinkből összeépített szerelvények ugyanabban a fürdőben egyszerre foszfátózhatók.

5.3.3.3. Bevonatkészítés az alumíniumfelületen kromátózással és passziváló kezeléssel

A fémtárgyak krómsavas vagy alkáli-kromát-tartalmú közegben való kezelése, az ún. kromátózás, amely nemcsak a fém ellenállóképességének növelésére, passziválására, hanem sok esetben a festék- és műanyagbevonatok tapadóképeségét fokozó alapelőkészítésre is alkalmas. A kromátózófürdők összetételére és a mártókezelés műveleti utasításaira vonatkozó adatok az 5.39. táblázatban találhatók.

Ezek az adatok túlmenően az egyes fémfajták kromátózásának néhány jellemvonását a következőkben ismertetjük.

A kromátréteg színét és vastagságát a kezelés időtartama és a kromátiontartalmú elektrolitoldat pH-értéke befolyásolja döntően. Ugyancsak szerepet játszanak a szín kialakításában a különféle adalékok, pl. nitrát-, fluorid-, szulfát-, formiát- és foszfátvegyületek. A kromátózás mai gyakorlatban használt változatai szerint az alumíniumfémeken átetsző, kék árnyalatú, sárga, olívdzöld vagy fekete kromátbevonat állítható elő.

Az alumínium kromátózásával nyert oxidfilmek általános összetétele az $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Cr}(\text{OH})_3 \cdot \text{Cr}(\text{OH}) \cdot \text{CrO}_4$ képlettel fejezhető ki. A film rétegvastagsága legtöbbször 0,1...1,0 μm , fajlagos tömege 0,2...2,0 g/m². A kromátfilm tapadóképesége, hajlékonysága, hidegalakíthatósága kitűnő, és nagyon jó a hőállósága. A korrózióállóság csökken, ha a kromátózott felület tartósan érintkezik vízzel. Ilyenkor a hat vegyértékű króm vegyülete kioldódik, és a lazábbá, pórusosabbá vált oxid-kromát-film védőhatása romlik.

Az alumínium és alumíniumötvözetek kromátózására ajánlott módszerek igen sokfélék,

5.39. táblázat. Alumínium kromatozása, passzíválása

Fürdőösszetétel, g/l	Hőmérséklet, °C	Idő, min
<i>Iridite 14 eljárás</i> 12...13 CrO ₃ + 0,8...1,6 NH ₄ HF ₂ + + annyi HF, hogy a pH = 1,8 legyen. Előpácolás híg HF + NH ₄ F-oldatban	25...35	0,15...0,50 2...5
<i>Protal-eljárás</i> 5...6 Na ₂ Cr ₂ O ₇ · 2H ₂ O + 5...6 CrO ₃ + + 0,5...1,0 NaHF ₂ + Ti-só (pl. kálium-hexafluortitanát)	14...45	mártás 10...20 szórás 2...5
<i>Framalite-eljárás</i> 10...24 ZnCrO ₄ + zselatinoldat öblítés nélkül felületen szárad	15...25 110	bekenés után 10...15

a gyakorlatban leginkább elterjedt az „Iridite 14” névvel védett eljárás, amellyel 0,2 μm körüli vastagságú, áttetsző film képezhető. Az Iridite-réteg vezeti a villamos áramot, tehát elektrotechnikai alkatrészek felületkezelésére is használható. Előnyös, hogy a bevonat az argon-védőgáz hegesztést nem zavarja és a varratot salakkal nem szennyezi. Hosszabb idejű kromatozással festékalapul

szolgáló sárga kromátfilm képződik. Érdekes a *Framalite*-eljárás is, amelyben a passzíváló kezelést cink-kromát és zselatin vizes kolloid oldatával, szobahőmérsékleten végzik. A mártó, kenő, vagy szóró technikával felhordott fürdőoldatot a tárgy felületén öblítés nélkül hagyják megszáradni, előbb levegőn, majd 110 °C-on szárítóke-mencében.

5.3.4. AZ ALUMÍNIUMFELÜLET ÁTALAKÍTÁSÁNAK ELEKTROKÉMIAI MÓDSZEREI; BEVONATKÉSZÍTÉS ANÓDOS OXIDÁCIÓVAL

Alumíniumból vagy alumíniumötvözetből készült tárgyat alkalmas kémiai összetételű és hőmérsékletű elektrolitoldatban megfelelő áramviszonyok (feszültség, áramerősség) között anódárammal kezelnek, akkor a tárgy felületén – a körülményektől függő vastagságban és tömörségben – alumínium-oxid-réteg, ún. „záróréteg” képződik. Az anódos oxidációkor végbemenő elektrokémiai folyamatokra a *Faraday*-törvények érvényesek. Ezek szerint – 100%-os áramkihasználást feltételezve – az anódon képződő alumínium-oxid m mennyisége az elektrolizáló áram I erősségétől, ill. az $i = I/F$ áramsűrűségtől (ahol F az oxidált felület nagysága), továbbá a t kezelési időtől és az alumínium k_e elektrokémiai egyenértékétől függ:

$$m = k_e I t = k_e i F t \quad (5.3)$$

Az oxidréteg d vastagsága a

$$d = m / s F \quad (5.4)$$

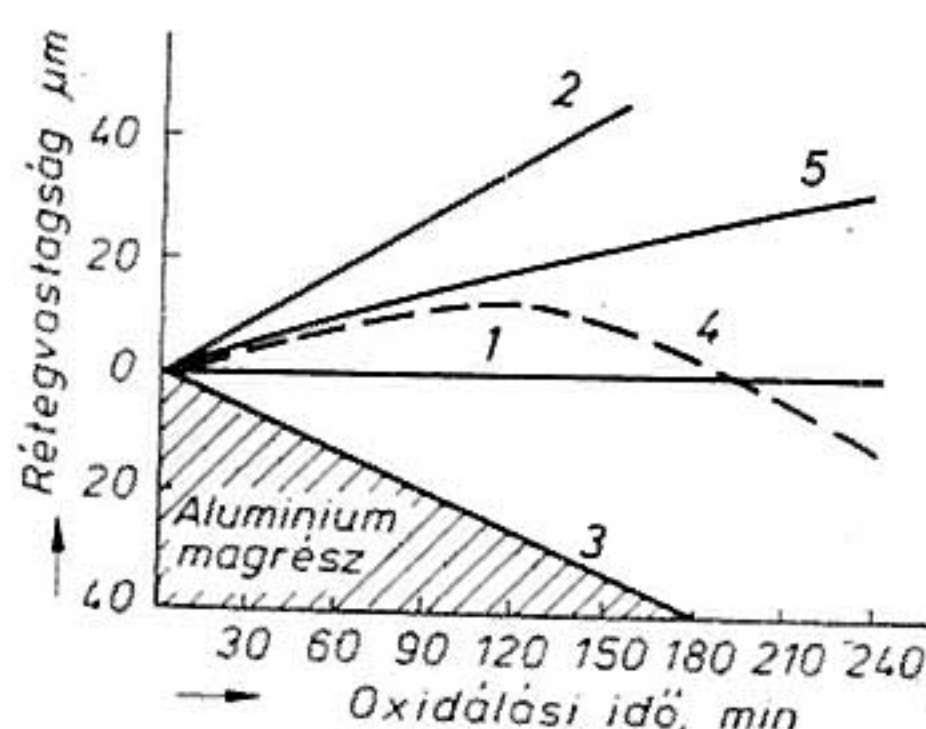
képlet alapján számítható, ahol s az alumínium-oxid sűrűsége.

A *Faraday*-törvényben leírt összefüggések azonban a valóságban nem adják meg pontosan az oxidréteg vastagságát, minden oxidálási technológiával a számítottnál kisebb értékeket kapnak. Ez a körülmény a következő okokra vezethető vissza:

– Mellékfolyamatok (pl. anódos fémoldódás, oxigénfejlődés) miatt az anódáram nem teljes 100%-ában használdik fel alumínium-oxid-képződésre.

– A keletkezett alumínium-oxidot az elektrolízishez használt elektrolitoldat kémiai természete szerint több-kevesebb mértékben feloldja, és a folyamat révén az alapfém eredeti keresztmetszete csökken. Azért a méretváltozást szenvedő alapfelületen levő zárórétegre mikropórusos szerkezetű oxid-réteg épül. A méretváltozásokat az 5.76. ábra szemlélteti. Az oxidált összes alumínium és a végeredményben előállított oxidrétegben

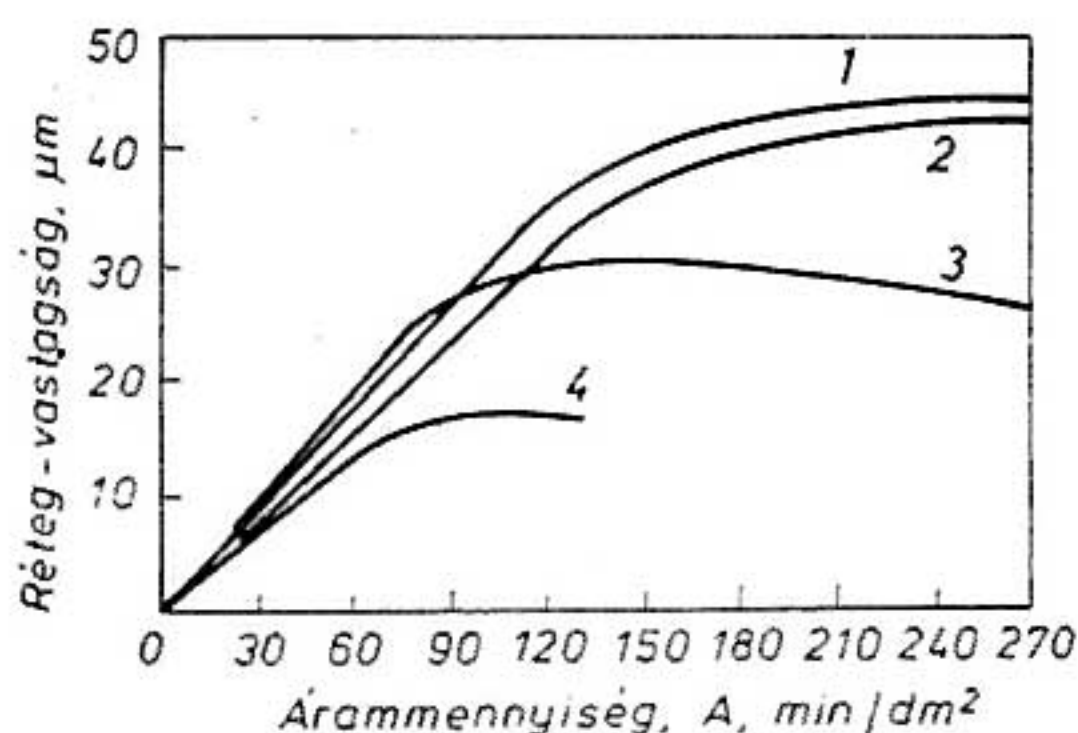
jelenlevő alumínium mennyiségi viszonya fejezi ki az anódos oxidáció hatásfokát.



5.76. ábra. Az alumíniumtest keresztmetszetének és az oxidréteg-vastagságának változása az oxidációs idő függvényében

1 eredeti fémfelület; 2 méretváltozás az elméleti 100%-os áramkihasználás esetén; 3 az alumíniumtest keresztmetszetének csökkenése (bázisfelület) oxidációra; 4 valóságos méretváltozás kénssavban végzett anodizáláskor; 5 valóságos méretváltozás oxálsavban végzett anodizáláskor

Az elektrolit kémiai minősége, koncentrációja és hőmérséklete meghatározó szerepet tölt be az oxidképződésben, tehát az oxidréteg szerkezeti felépítése és vastagsága döntő módon függ a technológiai tényezőktől. Az alapfém ötvözetalkotóinak az oxidréteg vastagságára gyakorolt hatását jól szemléltetik a hagyományos eljárás szerint kénssavfürdőben különböző összetételű alapfémeken előállított oxidbevonatok rétegvastagság-diagramjai (5.77. ábra).



5.77. ábra. Az oxidréteg-vastagság növekedésének függése az alapfém összetételétől 15%-os kénssavoldatban végzett anodizáláskor

1 Al 99,5; 2 AlMgSi-ötvet; 3 AlMg5-ötvet; 4 AlCuMg-ötvet

Az olyan elektrolitokban, amelyek nemcsak az alumínium-oxidot, hanem magát az alumínium alapfémét is oldják (pl. sósav, fluor-sav) anódos eljárással oxidréteget egyáltalán nem, vagy (pl. bizonyos adalékot tartalmazó

fluoridoldatokban) csak igen vékony oxid-hártyákat lehet előállítani.

Egyes elektrolitféleségek (pl. kénssav, krómsav, oxálsav stb.) az alumínium-oxidot mérsékeltebben oldják, ezekben tehát vastag (pl. 30...40 μm), bizonyos technológiai körülmények között néhány száz μm vastagságú kisebb vagy nagyobb mértékben mikropórusos szerkezetű oxidrétegek állíthatók elő. Az ilyen típusú fürdők alkalmasak az ipari gyakorlatban a díszítési és korrózióvédelmi, vagy különleges műszaki célokra felhasználni kívánt anódos oxidbevonatok előállítására.

Más elektrolittípusok gyakorlatilag nem oldják az alumínium-oxidot (pl. bórsav, ammónium-borát, borkősav), az ilyen fürdőkben készült oxidrétegek nagyon vékonyak (1 μm-nél vékonyabbak), de rendkívül tömörök és pórusmentesek. Azokban az elektrolitokban, amelyek az alumínium-oxidot igen nagy mértékben oldják (pl. foszforsav, fluorsav) kellő vastagságú és védőhatású oxidréteg nem is létesül, kedvező kísérleti körülmények között azonban az alapfém sima, fényes felület alakul ki. Az ilyen fürdők megfelelő technológia esetén az alumínium elektrolitos polírozására használhatók fel.

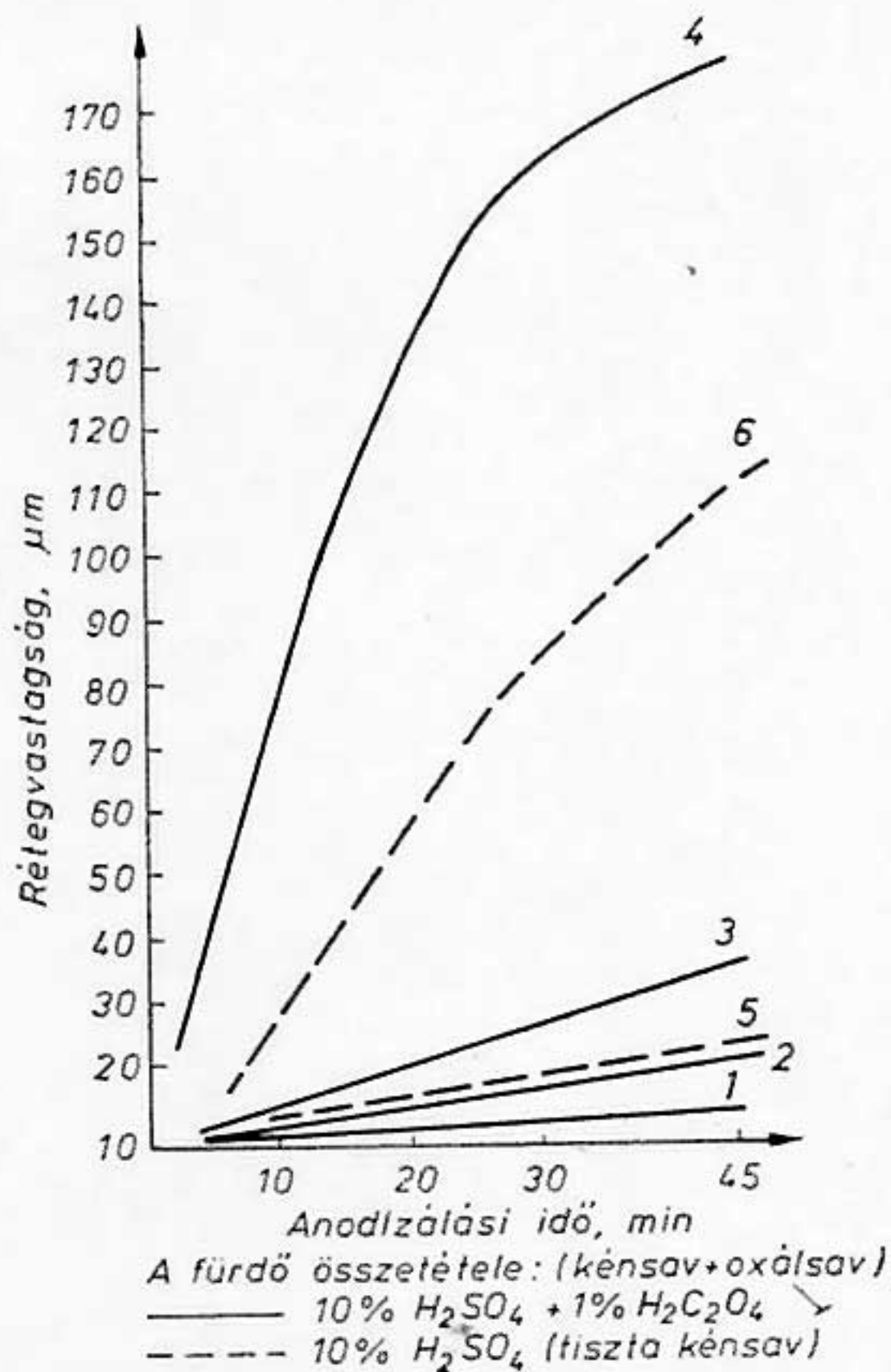
Az alumínium anódos oxidációja nemcsak egyenárammal, hanem váltakozóárammal is végezhető. Ilyenkor az elektrolizáló cella mindkét pólusára alumíniumelektroda köthető, a megfelelő összetételű oldatban és technológiai jellemzőkkel mindkét elektródán egyenletes oxidréteg képződik. Az áram hatására ilyenkor is elsődlegesen egy vékony alumínium-oxid-hártya fedi be a tárgy felületét, és ez az oxidhártya a továbbiakban bizonyos egyenirányító (ventil-) hatást fejt ki. Ennek következtében az oxidréteg továbbépülési folyamataiban csak az anódáramlökések vesznek részt. Az áram váltakozása miatt a rétegeképződés sebessége, más szóval az azonos idő alatt létesült oxidréteg vastagsága fele annyi, mint az egyenáramú oxidáláskor.

5.3.4.1. Az anódos oxidáló alkalmazástechnikai jellemzői és az üzemi megvalósításai

Anódos oxidációra nem minden alumíniumféleség alkalmas. A rafinált (Al 99,99%) és a kohóalumínium (Al 99,5%), továbbá a magnéziummal, ill. magnézium + szilíciummal gyen-

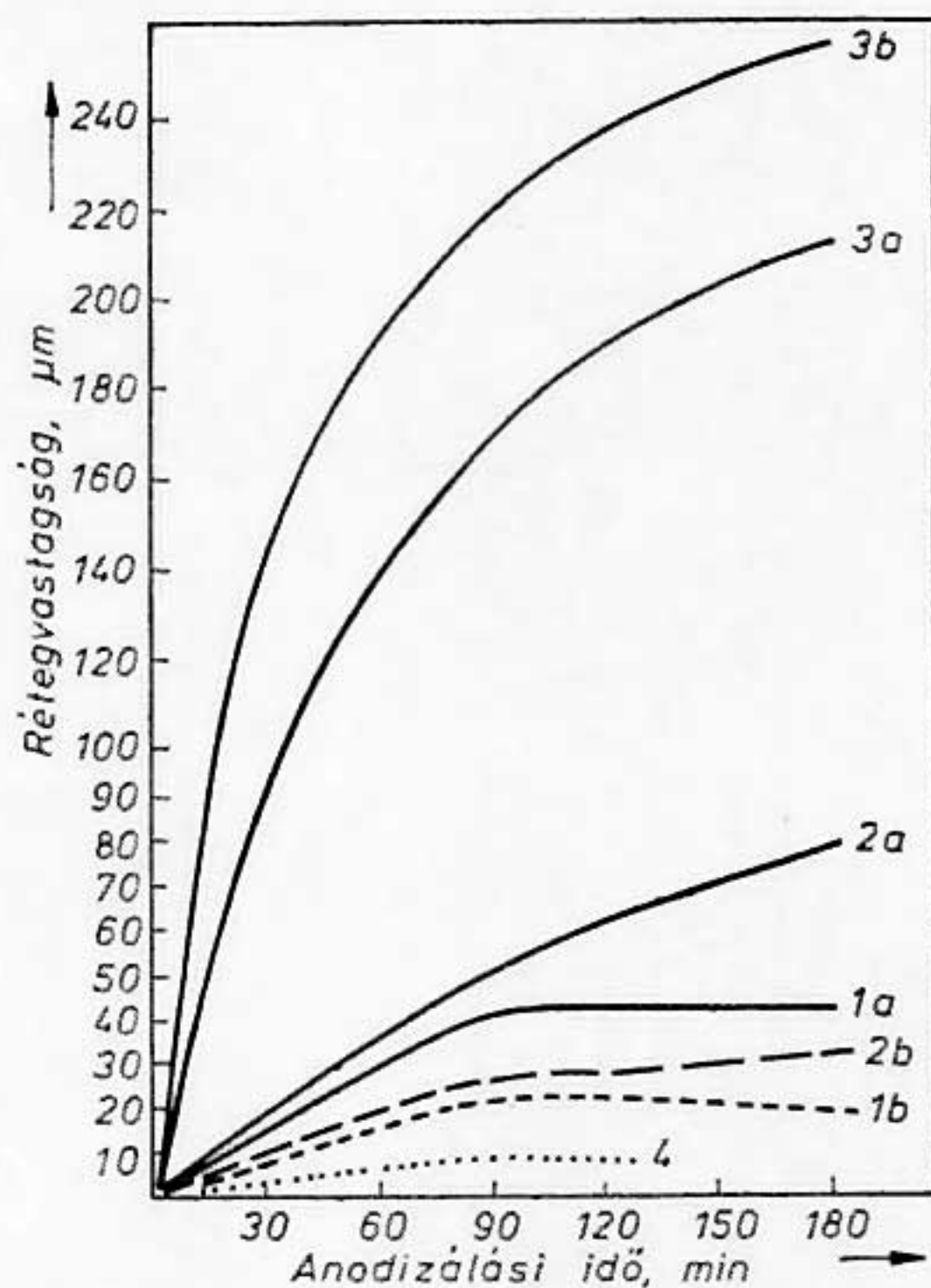
gén ötvözött alumínium egyaránt jól oxidálható anódos eljárással. A színesfémötvözők vagy a nagyobb mennyiségű szilíciumtartalom korlátozzák az oxidréteg képződését. A különböző alumíniumféleségek anódos oxidálhatóságára nézve a vonatkozó hazai szabványok, a különböző alkalmazástechnikai célokra javasolt oxidbevonatok osztályozására az 5.40. táblázat nyújt áttekintést.

Az oxidréteg minősége és vastagsága az alapfém összetételén kívül – mint azt az 5.78. és 5.79. ábrák is szemléltetik – nagymértékben függ az anódos oxidáció technológiai tényezőitől, ezért az előírt műveleti utasítások pontos betartása igen fontos követelmény. Az 5.3. fejezet részben leírt felület-előkészítés (zsírtalanítás, oxidmentesítés, simítás, fényesítés stb.), majd az anódos oxidáció és végül az utókezelés (öblítés, színezés, pórustömítés, mosás, szárítás) műveleteinek sorrendjét az 5.41. táblázat sorolja fel. Az 5.42. táblázat és a következő leírások az ipari gyakorlatban hagyományosan használt anodizálási eljárások főbb műszaki jellemzőit foglalják össze. Az anódos oxidáló műveletek



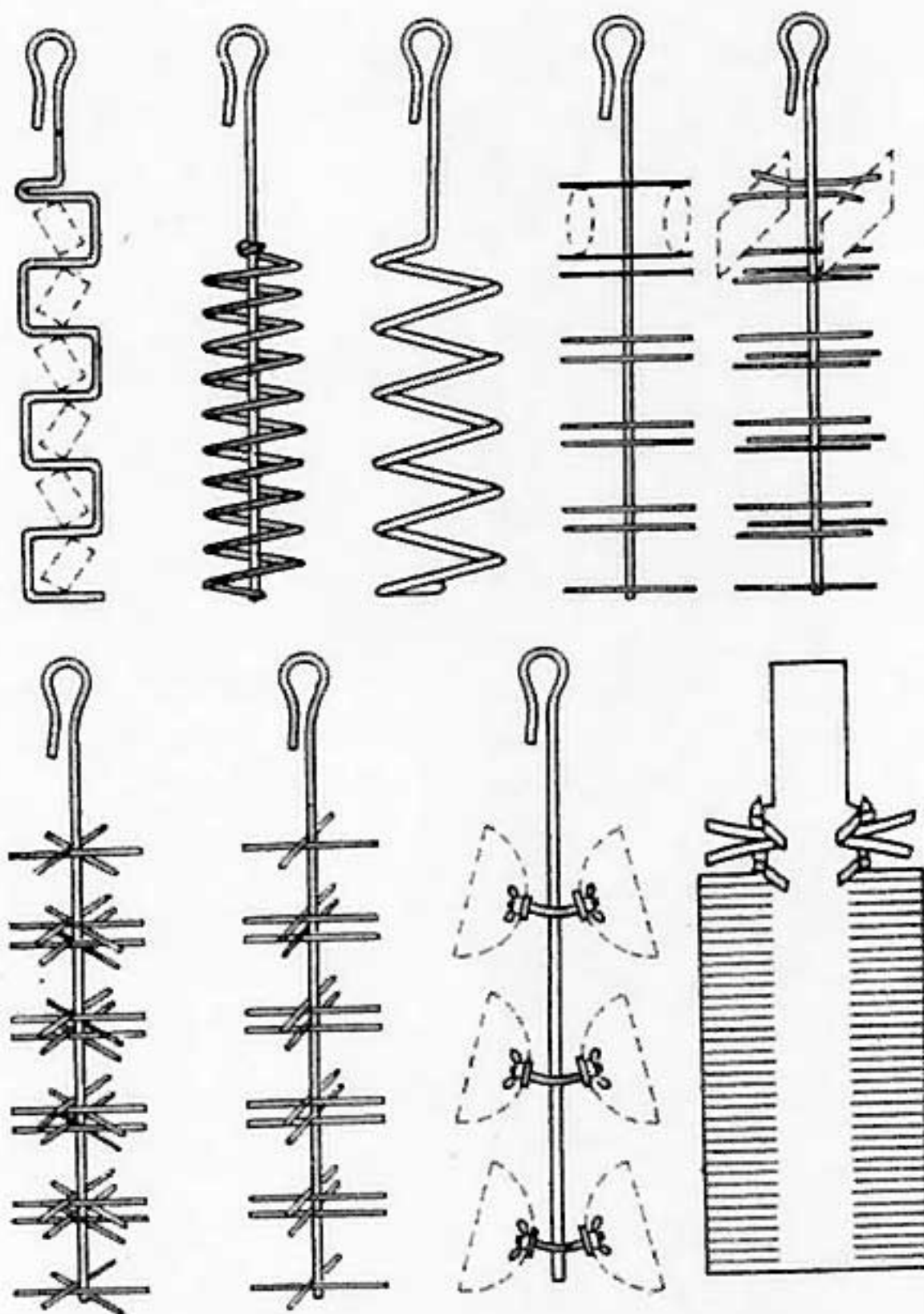
5.78. ábra. Az oxidréteg vastagodása az elektrolitoldat összetételétől, az anodizáló cellafeszültségtől és az időtől függvényében

Cellafeszültség: 1 10 V; 2 15 V; 3 20 V; 4 25 V; 5 20 V; 6 25 V.
 Fürdőhőmérséklet: 20 °C



5.79. ábra. Az oxidréteg vastagodása különböző elektrolitokban végzett anodizáláskor

1a 15...18% kénsav, 15...18 V egyenáram, 20 °C; 1b 15...18% kénsav, 15...18 V váltakozó áram, 20 °C; 2a 3...5% oxálsav, 30...35 V egyenáram, 30 °C; 2b 3...5% oxálsav, 30...40 V váltakozó áram, 40 °C; 3a 15% kénsav + 1% oxálsav, 25 V egyenáram, 20 °C; 3b 1% kénsav + 1% oxálsav, 15 V egyenáram, 20 °C



5.80. ábra. Befűggesztő szerszámok különböző alakú kis- és közepes méretű munkadarabok anodizálásához

5.40. táblázat. Oxidbevonatok alkalmazástechnikai osztályozása

Minőség megnevezés	Rétegvastagság, μm	Igénybevétel – felhasználás
Díszítőbevonat	3...6	száraz, belső környezetben, mechanikai igénybevétel nélkül; dísz tárgyakra
	5...10	váltakozó nedvességtartalmú belső térben, kültéri felhasználásra korlátozottan; ipari és tengeri atmoszférához, valamint mechanikai igénybevételhez nem alkalmazható (pl. nyílt üzletek, részben fedett helyiségek berendezési tárgyainak díszítése stb.)
Védő-díszítő bevonat	10...20	nagyvárosi, ipari és tengeri légkörben, időszakos kültéri felhasználásra, gyakran tisztítandó berendezések bevonására, könnyű mechanikai igénybevételre, (pl. járművek, díszlécek, közhasználati cikkek)
	15...30	nagyvárosi, ipari és tengeri légkörben, állandó kültéri felhasználásra, közepes mechanikai igénybevétellel (pl. építészeti elemek, díszlécek, panelek, burkolatok)
Védőbevonat	1...3	nagy fényerejű reflektortükrökön és hasonló tárgyakon, ahol a tükrözőképesség csökkenésének megelőzésére tükrösítés után rövid idejű anódos oxidációt kell végezni; az oxidréteget a tükrözőképesség csökkenése miatt még trópusi vagy ipari gáztérben való igénybevétel esetén sem szabad vastagítani
	15...20	nagyvárosi, ipari és tengeri légkörben állandó kültéri felhasználásra erős mechanikai igénybevétellel; (pl. kézzel gyakran érintett építészeti elemek, külső kapufogantyúk, védőburkolatok stb.)
Különleges műszaki minőségű bevonat	40...150	különleges nagy mechanikai igénybevételi célokra, (pl. gépalkatrészek súrlódó, csúszó, forgó felületei, textilipari orsók, szálvetők, fogaskerekek)

5.41. táblázat. Az alumínium anódos oxidációjának technológiai műveletei

1.	Előkezelés
1.1	Zsírtalanítás szerves oldószerben mosással
1.2	Száritás meleglevegő-áramban, vagy fűrészpórában
1.3	Zsírtalanítás lúgos pácolással az 5.13. táblázat adatai szerint
1.4	Mosás folyó hideg vízben áztatással és ismételt öblítéssel
1.5	Savas pácolás 3 tr. HNO_3 + 0,5 tr. HF + 3 tr. víz összetételű oldatban 10...300 s-ig
1.6	Mosás folyó hideg vízben áztatással és ismételt öblítéssel
2.	Anódos oxidáció az 5.2.12. táblázatban leírt valamelyik eljárás szerint
3.	Utókezelés
3.1	Mosás folyó hideg vízben áztatással és ismételt öblítéssel
3.2	Semlegesítés 1%-os Na_2CO_3 -oldatban öblítéssel
3.3	Mosás folyó hideg vízben áztatással és ismételt öblítéssel
3.4	Színezés 0,3...15 g/l töménységű szerves festékoldatban 50...80 °C-on, vagy szervesetlen vegyületek kémiai reakciója útján az 5.24. táblázat adatai szerint
3.5	Mosás folyó hideg vízben ismételt öblítéssel
3.6	Pórustömítés az 5.25. táblázat adatai szerint
3.7	Száritás meleg (40...80 °C) levegőáramban
3.8	Ellenőrzés vonatkozó szabvány- vagy gyártási utasítások szerint

5.42. táblázat. Eljárások az alumínium anódos oxidálására

Az eljárás neve	Fürdőösszetétel, g/l	Hőmérséklet, °C	Áramviszonyok,		Idő, min	Réteg- vastagság, μm
			V	A/dm ²		
Oxidálás krómsavban egyenárammal						
Bengough– Stuart	30...100 CrO ₃	35...40	5 40...50	0,3...1,2	55...60	5...10
Seo-(Sie- mens– -Halske)	10...30 CrO ₃	20	5 40...50	0,3...1,0	50...60	5...10
Oxidálás kénsavban egyenárammal						
Eloxál – GS	100...250 H ₂ SO ₄	18...22	12...20	0,5...2,5	20...40	10...30
Alumilite	100...300 H ₂ SO ₄	18...25	12...15	1...1,5	20...40	10...20
Sheppard	50...250 H ₂ SO ₄ + + 50...200 glicerín	20...30	12...15	1...2	20...60	10...20
Oxidálás kénsavban váltakozó árammal						
Eloxal – WS	120...250 H ₂ SO ₄	20...30	12...15	2,1...2,5	40...60	8...15
Oxidálás oxálsavban egyenárammal						
Eloxal – GX	30...50 H ₂ C ₂ O ₄ · 2 H ₂ O	18...20	40...60	1...2	40...60	15...35
Eloxal – GXh	30...50 H ₂ C ₂ O ₄ · 2 H ₂ O	35	30...35	1...2	20...30	10...20
Krome – Alume d. c.	30...50 H ₂ C ₂ O ₄ · 2 H ₂ O	20...25	5...50	0,5	20...30	10
Oxidálás oxálsavban váltakozó árammal						
Eloxal – WX	30...50 H ₂ C ₂ O ₄ · 2 H ₂ O	25...35	20 40 – 60	2...3,3	40...60	6...10
Krome – Alume – a. c.	30...50 H ₂ C ₂ O ₄ · 2 H ₂ O	20...25	5...50	0,5	20...40	5...10
Oxidálás oxálsavban egyenáramra szuperponált váltakozó árammal						
Eloxal – WGX	30...100 H ₂ O ₂ O ₄ · 2 H ₂ O	20...30	≈ 40...60 = 30...60	1...1,2 2...3,3	40...60	10...20
Oxidálás foszforsavban egyenárammal						
Elytal	300 H ₃ PO ₄	32	–	1,2	10	8...10
Bunce	350...500 H ₃ PO ₄	18...35	10...35	1,2...1,8	10...15	10
Oxidálás bórsavban egyenárammal						
Formázás	80...100 H ₃ BO ₃ + + 2 bórax	70...95	230...250 500			< 1

Jelmagyarázat

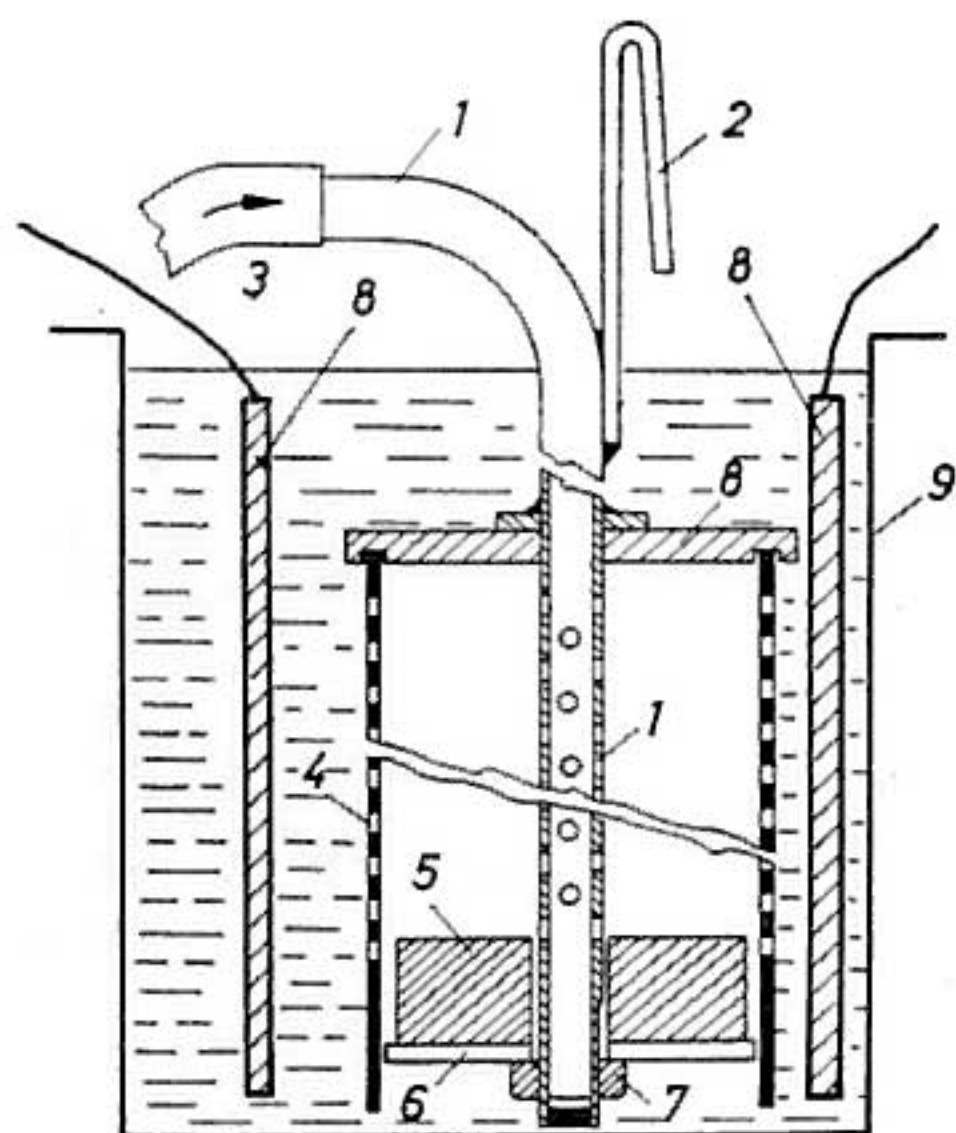
≈ váltakozó áram jelölése

= egyenáram jelölése

< kisebb

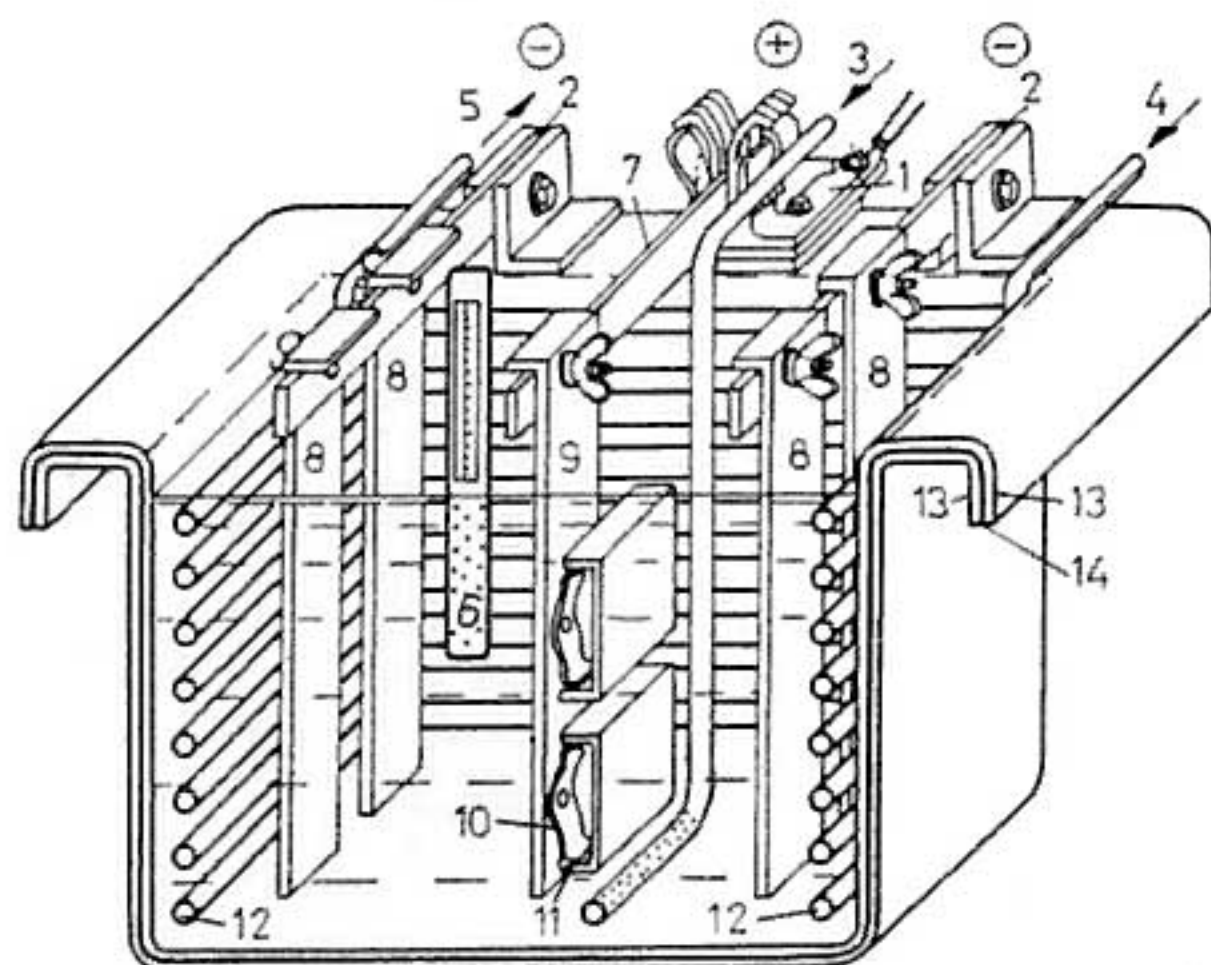
kivitelezéséhez szükséges gépészeti ismereteket ezen a helyen nem részletezzük; ezek a közölt szakirodalomban megtalálhatók.

Csupán szemléltetés céljából a berendezési eszközök néhány példáját mutatjuk be; nevezetesen az 5.80. ábrán a nagyobb méretű egyedi munkadarabok befogó, ill. befüggesztő szerszámain, az 5.81. ábrán az apró tömegcikk anodizálásához használható, kádba



5.81. ábra. Kádba helyezhető befüggesztő-készülék apró tömegcikk anodizálásához

1 perforált alumíniumcső a friss fürdőoldat betáplálásához; 2 horog-szerű csatlakozás az anódsínre; 3 a friss oldatot bevezető cső vezetékre csatlakozása; 4 perforált falú alumínium kosár; 5 gumiszivacs; 6, 7 tartó és szorító alkatrészek; 8 katódlemez áramkivezetővel; 9 kád, tartály az anodizáló készülék fürdőbe merítéséhez



5.82. ábra. Anódos oxidáló kádberendezés beépített hidegvíz-hűtőcső rendszerrel

1 anód-csatlakozó kapocsrész; 2 katód-csatlakozó kapocsrész; 3 levegő-bevezető cső (az oldat keveréséhez); 4 hidegvíz-hűtőcső bevezető része; 5 hidegvíz-hűtőcső kivezető része; 6 fürdő-hőmérő; 7 fémsín az anodizálandó munkadarabok felfüggesztésére (anódsín); 8 katódlemez; 9 az anódsínre erősített befüggesztő szerszám; 10 tartókapocs a befüggesztő szerszámon; 11 anodizálásra berakott alumínium profil-munkadarab; 12 a kád belső falán körbevezetett hűtőcsőspirálvezeték; 13 a fémkád külső és belső falának keménygumi védőbevonata; 14 a fémkád fala

helyezhető mártókészülék vázlatát, az 5.82. ábrán korszerű anodizáló kádberendezés modelljét.

Záróréteg típusú oxidbevonatok előállítása anódos oxidációval; „formázás”

A csekély oxidoldó-képességű elektrolitokban előállított vékony, de rendkívül tömör és gyakorlatilag pórusmentes oxidhártyák kiváló dielektrikum sajátságai miatt az elektrolitkondenzátorok gyártásában használatosak. Az ilyen oxidhártyákkal borított alumínium fóliák 2...550 V feszültség és $-40 \dots +70^\circ\text{C}$ hőmérséklet határok között használhatók, kapacitásuk több ezer mikrofáradot is elér.

A többnyire $1\text{ }\mu\text{m}$ -nél vékonyabb, ritkábban $2 \dots 8\text{ }\mu\text{m}$ vastagságú oxidhártyát anódosan, az ún. „formázás”-sal csaknem forráspontig melegített bórsav-, bórax-, ammóniumborát- vagy citromsavoldatban állítják elő. A formázást az ipari gyakorlatban gépi áthúzóberendezésekben folyamatos anódos oxidáció útján végzik. A formázó áramsűrűséget állandó utánszabályozással tartják állandó értéken, a cellafeszültség 230...250 V, egyes esetekben 500 V-ig növekszik. A tömör, zárt oxidhártya színtelen, ill. interferencia színekben irizál. A réteg lágy és rugalmas, kopás- és korrózióállóképessége jelentéktelen.

Díszítő-védő oxidbevonatok előállítása

Anódos oxidáció krómsavban. A Bengough – Stuart-féle eljárás szerint $40 \pm 2^\circ\text{C}$ hőmérsékletű, és levegőbefúvatással vagy elektródamozgatással kevert, 2,5...3%-os krómsavoldatban végzik az oxidációt. A cellafeszültséget az elektrolízis első 10 percében 40 V-ig növelik, majd 20 percig ezen az értéken tartják, és végül az utolsó szakaszban 5 perc alatt 50 V-ra fokozzák, majd további 5 percig ezzel a feszültséggel oxidálnak. Az áramsűrűség $0,1 \dots 0,5\text{ A/dm}^2$ határok között változik.

A képződő oxidréteg sárgásbarna színű és többnyire zománcszerű külalakú. Ha az elektrolit 0,03% körüli mennyiségben kénsavat tartalmaz, akkor a réteg átlátszóbbá válik. Ennél nagyobb kénsavtartalom esetén a bevonat tejszerű lesz. A réteg porozitása elég kicsi, ezért nem túl agresszív közegben porustömítő utókezelés nélkül is kielégítően

korrozioálló. Szerves festékanyagokkal jól színezhető. A rétegvastagság 40 perc kezelés után 2...5 μm . Lágysága és vékonysága miatt a krómsavban előállított oxidréteg mechanikai igénybevétellel szemben kevésbé ellenálló, viszont ugyanezen tulajdonságai alumínium huzalok és szalagok folyamatos áthúzó berendezésben való anódizálására teszi alkalmassá.

Anódos oxidáció kénsavban. A szakirodalomban „Eloxal-GS” vagy „Alumilite” néven ismert eljárás sok változatban használatos. A 10...20%-os kénsavfürdőben egyenáramú anódizáláskor az előírt cellafeszültséggel tiszta alumíniumon és AlMg-ötvözeteken színtelen, átlátszó oxidréteg képződik. Mangán, szilícium és egyéb, heterogén fázisképzésre hajlamos ötvözők jelenlétében szürke vagy sárgásbarna árnyalatú az oxidréteg színe. Nagyobb Si-tartalmú ötvözetek oxidációjára híg (10%-os) kénsavat és kis (10 V) feszültséget alkalmaznak.

A rétegvastagság eleinte a kezelési idővel majdnem arányosan növekszik, az oxidképződés – oxid-visszaoldódás egyensúlyának beállta után azonban a réteg gyakorlatilag nem vastagodik tovább. Szokásos körülmények között legfeljebb 30...35 μm vastag oxidréteg állítható elő. Hideg oldatban tömörebb és keményebb, meleg oldatokban (pl. 35 °C-on) porózus, lágú bevonat keletkezik. Ez utóbbi erősen folyadékszívó, tehát festésre, kenőanyagok, különböző szerves bevonatok megkötésére igen alkalmas.

Az előírt munkafeltételek pontos betartására nem engedhető meg, hogy a kádban egy berakással egymástól erősen eltérő összetételű alumíniumgyártmányokat kezeljenek. Katódként alumínium lemezeket használnak. Anódos oxidáció után a vízben öblített darabokat 1%-os NH_4OH -, NaCO_3 -oldatba bemártással közömbösítik a kénsavmaradványok eltávolítására.

Az „Eloxal-WS-eljárás” szerint kénsavban váltakozó árammal végzett oxidációkor az áramforrás mindkét pólusára lehet kapcsolni oxidálandó alumínium tárgyakat. A réteggépződés ugyan lassabb, a jobb kádkihasználas miatt azonban sok esetben gazdaságosabb, mint az egyenáramú eljárás. A lágú és rugalmas oxidréteg egyenletesen festhető, és kellő utókezelés után korrozioállósága az átlagos igényeket kielégíti.

Az eljárás használhatósága és technológiai műveleti sorrendje tekintetében általában

ugyanazok a szempontok érvényesek, mint az egyenáramú oxidációra.

Anódos oxidáció oxálsavban. Az egyenáramú oxálsavas oxidációval (GX-eljárás) az alumíniumon és a nehézfémmentes alumínium-ötvözeteken kissé sárgás színárnyalatú, kopásálló és jól festhető oxidréteg keletkezik.

Mérsékeltén növelt hőmérsékleten végzett oxidációval (GXh-eljárás) a maximális rétegvastagság hamarabb kialakul. Ez a réteg színtelen és erősebben porózus, mint a hidegebb oldatban előállított oxidbevonatok, ezért jobban festhető, sőt fényképezési célokra megfelelő fényérzékenyítő utókezelés is könnyen elvégezhető. Ha az oxálsav-fürdőhöz kis mennyiségben borkősavat is adagolnak, akkor a képződő réteg diektromos tulajdonságai jelentősen javulnak.

A váltakozó áramú oxidálást (WX-eljárás) az előbbivel azonos összetételű és hőmérsékletű fürdőben, de valamivel nagyobb áramsűrűséggel és 20 V-tól fokozatosan 50...60 V-ig szabályozott feszültséggel hajtják végre. A képződő lágú és rugalmas oxidréteg alumínium huzalok és szalagok bevonására is alkalmas. A bevonat színe sárgás, a nehézfémötvözeteket tartalmazó gyártmányokon sötétebb szürkésárga színű. Az egyenáramra superponált váltakozó áramú oxidáláskor (WGX-eljárás és Hardas-eljárás) a váltakozó és az egyenáram arányától függ a réteg számos tulajdonsága, pl. keménysége, porozitása és színe.

Az alumínium galvanikus fémbevonásához felület-előkészítésként használt „Krome-Alume”-eljárás szerint 10 perc alatt 5-től 50 V-ig fokozott egyen- vagy váltakozó árammal kis áramsűrűséggel porózus réteget állítanak elő oxálsavban. Az oxidréteget 60 g/l töménységű NaCN -, vagy 2,5...10 g/l töménységű HF -oldatban 20...15 percig tartó mártással „modifikálják”. Ilyenkor az oxid oldódása következtében a porusok annyira kitágulnak, hogy egyes pontokon az alapfém teljesen szabadná és a galvanizáláskor leváló fém szilárd megkötésére képessé válik.

Anódos oxidáció foszforsavban és kevert elektrolitokban. Az alumínium-oxidot nagyon erősen oldó foszforsavban díszítő vagy védő hatású oxidréteget nem lehet előállítani. A foszforsavas oxidációt mint galvanikus fémbevonás előtti különleges előkezelési módszert használják. Az „Elytal”-eljárás szerint kissé növelt hőmérsékleten híg foszforsavban – az ötvözet összetételétől függően – 10 és

35 V között változó cellafeszültséggel 10 perc alatt vékony és rendkívül porózus oxidréteget létesítenek.

Anódos oxidáció és alapos mosás után „modifikálás” nélkül, lúgos fürdőben közvetlenül rezezik, kadmiumozzák vagy ezüstözik az alumínium tárgyat. Egyes előírások szerint 7 pH-értékű pirofoszforsavas oldatban közvetlenül rezezni, *Watts*-típusú fürdőben pedig nikkelezni lehet az *Elytal*-eljárással oxidált tárgyat. A mikroszkópos vizsgálatok szerint az így leválasztott fém az oxidréteg tág pórusaiba beékelődve tapad az alapfémre.

A felsoroltakon kívül az irodalomban még más összetételű fürdők használatára is találhatók javaslatok. Így pl. egy módszer szerint 200 g/l töménységű szulfaminsavoldatban 1...2,5 A/dm² állandó áramsűrűséggel oxidálnak 30...40 °C hőmérsékleten. A kezelési idő 45 perc, ezalatt a cellafeszültség értéke erősen változik.

A díszítő-védő oxidbevonatok utókezelési módszerei

A záróréteg típusú oxidhártyák kivételével minden anódos úton előállított oxidréteg porózus, és ezért különböző folyékony anyagok felszívására és adszorbeálására képes. A legtöbb oxidrétegtípus porózus volta miatt agresszív közegben nem védi meg az alapfémeket a korróziótól. A korrózióállóság növelésére és egyben az oxidréteg felhasználási igényeknek megfelelő díszítésére az anódos oxidáció befejezése, a munkadarabok vízben való lemosása, közönséges vagy növelt hőmérsékletű légtérben való szárítása után utókezelési műveleteket: az oxidrétegek színezését és pórustömítését végzik. A vizes közegben való utókezelés után vízben öblítés és szárítás, a szerves anyaggal való pórustömítés (lakkozás, festés stb.) után csak szárítási művelet szükséges.

Az oxidrétegek színezése. Az alumínium-oxid-réteg hagyományos eljárás szerint szerves vagy szervetlen festékanyagokkal színezhető. A szervetlen színezőanyagok oldott színes fémsók, amelyek az oldatba mártáskor az oxidrétegbe beszívódnak és megtapadnak a pórusokban. Ez az eljárás nem ad tartós hatást, mert a beszívódott festék vízzel való tartós érintkezéskor részben vagy egészben ismét kioldódhat. Eredményesebb az a módszer, amelyben két megfelelő összetételű oldat felhasználásával a színesfémsót csapadék formájában magában a rétegben hozzák létre. Ilyenkor legalább két különböző oldat-

ban — közbeeső könnyű öblítéssel — egymás után kezelik az oxidált alumínium tárgyat. A szervetlen festékekkel való színezés útján rendkívül színtartó, de általában kisebb színskálára terjedő színeket és színárnyalatokat lehet csak elérni. A szervetlen vegyületekkel való festés gyakrabban használt módszereinek utasításai az 5.43. táblázatban találhatók.

A szerves festékekkel való színezés ugyancsak a festékkoldat egyszerű beszívása és a festékanyagának az oxidréteg pórusfalain adszorpciós erővel való megkötése révén, vagy pedig a festéktest pórusokon belül való előállítás útján megy végbe. Ez utóbbi esetben az adszorpciós kötésen kívül kémiai kötőerők is érvényesülnek, tehát a festékanyag nem mosható ki a rétegből. A szakkereskedelemben kapható szerves festékekkel való színezés útján széles színskálát és nagyon tetszetős, csillogó színhatásokat lehet elérni. A legtöbb szerves festéknek azonban az a hátránya, hogy nem elég színtartó, fény- és atmosférahatásra lassan kifakul és foltossá válik. Ahol színtartósági követelmény van, ott az oxidréteg festésére csak különleges, szín- és fénytartó festékanyagokat szabad használni.

Az oxidrétegek pórustömítő utókezelése (sealing). A vízben alaposan lemosott és levegőn megszáritott oxidréteg pórusait fizikai vagy kémiai módszerekkel lehet elzárni. Az előbbiekhöz tartozik a víztaszító anyagokkal, mint pl. viasszal, paraffinnal, ásványi vagy növényi olajokkal, zsírokkal, továbbá természetes vagy növényi olajokkal, zsírokkal, továbbá természetes vagy műanyagbázisú lakkokkal mártással végzett impregnálás. Az olvasztással híg folyóssá tett vagy oldószerben oldott telítőanyag mártáskor beszívódik a póruscsatornába, és azokat eltömítve az alapfém elzárja a külvilágtól.

A kémiai pórustömítés egyik módja az, hogy az oxidált alumínium tárgyat forró vízben vagy vízgőzben kezelik, amikor az alumínium-oxid vízfelvétellel monohidráttá (bőhmitté) alakul, és a térfogatnövekedés következtében a pórusok elzáródnak. A másik kémiai módszer szerint nehézfém-só-, például Ni- vagy Co-acetát oldatból hidroxidcsapadék képződik a pórusok belsejében, és ez tömi el a pórusnyílásokat. A vízüveges telítéskor, ill. a telítést követő beégetéskor alumínium-szilikát képződése következtében záródnak el a póruscsatornák.

Ezen a helyen kell megemlíteni a Seo-Photo-eljárást, amely szerint az oxálsavban vagy

5.43. táblázat. Alumínium-oxid-bevonatok színezése szerves pigmentanyagokkal

Szín	Fürdőösszetétel, g/l és eljárás	Hőmérséklet, °C
Sárga	5...30 $\text{Fe}(\text{NH}_4) \cdot (\text{C}_2\text{O}_4)_2$ Színárnyalat kezelési időtől függően aranytól sötétsárgáig	70...80
Sárga, barna	10...50 KMnO_4 Színárnyalat kezelési időtől függ. Vékony réteg irizáló szivárványszínű	50...60
Barna	22 $\text{KMnO}_4 + 64 \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 10,5 \text{FeCl}_3 + 20 \text{H}_2\text{SO}_4$ (sűrűség 1,8)	70...80
Fekete	100 $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_4\text{OH}$ a csapadék feloldásáig; 5...30 min bemártás után 60...80 °C-on szárítani, majd 220 °C-on 8...10 min-ig beégetni	60...80
Mélyfekete	25 $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O} + 10 \text{KMnO}_4 + 4 \text{ml HNO}_3$ (sűrűség 1,4); kezelési idő 5...10 min	85...90
Kék	150 $\text{K}_2\text{S} + 50 \text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 + 50 \text{FeCl}_4$	70...80
Fehér	I. 10...15 $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 + 1 \text{ml CH}_3\text{COOH}$ II. 10...20 $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$	40...50
Sárga	I. 10...20 $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 + 1 \text{ml CH}_3\text{COOH}$ II. 10...15 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ vagy K_2CrO_4	40...50
Barna	I. 30 $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ II. 6 NH_4OH (sűrűség 0,91) + 6 ml H_2O_2 (30%)	20...30
Téglavörös	I. 5...10 AgNO_3 II. 10...15 K_2CrO_4	40...50
Kék	I. 5...10 FeCl_3 II. 10...15 $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$	60...80

krómsavban előállított oxidréteg pórusaiba sötétkamrában fényérzékeny anyagokat, pl. ezüst-haloid vegyületeket (pl. AgCl , AgBr) ágyaznak be. Oldható ezüstsó (pl. Ag -nitrát) oldatában, majd alkáli- vagy ammónium-bromid oldatában áztatják egymás után az oxidált alumínium tárgyat, ilyenkor a pórusokban igen finom eloszlású ezüst-haloid képződik. A fényérzékenyített oxidrétegekre fotográfiai úton – fotópapír-másolatokhoz hasonlóan – fényképek másolhatók. Előhívás és rögzítés után az oxidréteget lakkoldattal impregnálják.

A pórusteremtő eljárások technológiai adatait az 5.44. táblázat foglalja össze.

5.3.4.2. Különleges oxidbevonatok előállítási módszerei

Díszítő oxidbevonatok előállítása direktszínező anodizálással

Színes oxidbevonatok előállítása szerves sav-elegekben. Szín- és fénytartó, továbbá az atmoszferikus hatásokkal szemben ellenálló,

kiváló mechanikai tulajdonságú színes oxid-bevonatok előállítására az ún. direktszínező eljárások használatosak. A direktszínező anodizálást különleges összetételű elektrolitoldatokban, meghatározott kísérleti feltételek között végzik. Ilyenkor az alapfém ötvözetalkotói, vagy ezek saját színű oxidációs termékei, ill. az elektrolit elektrokémiai redukciójából származó bomlástermékek nemcsak a pórusokba, hanem kolloidális eloszlásban az oxidréteg minden részébe beépülnek. A direktszínező anodizálás korszerű módszereinek közös jellemzője, hogy a meghatározott összetételű alapfém oxidálását olyan elektrolitban végzik, melyek bizonyos mennyiségű kénsavat és esetleg alkálifém-szulfátot, azonkívül nagyobb koncentrációban valamely aromás szulfonsavat, pl. szulfo-szalicilsavat, szulfo-ftálsavat, maleinsavat stb. is tartalmaznak. Az oxidációhoz 50...120 V határok között a kívánt színárnyalatnak megfelelő fokozatban szabályozott feszültségű egyenáramot használnak. Az áramsűrűséget a kívánt áramfokozat szerint 2,5 és 30 A/dm² határok között beállított állandó értéken tartják. Kellő színmélység, ill. fedettség eléréséhez általában

5.44. táblázat. Eljárások oxidrétegek pórustömítő utókezelésére

Pórustömítés	Fürdőösszetétel, g/l és eljárás	Hőmérséklet, °C
Impregnálás	Vízutasító szerves anyagok: lenolaj, paraffinolaj, vazelin, viaszok olvadt vagy oldott állapotban	20, ill. olvadáspont
	Természetes vagy műgyanta lakkok híg oldata szerves oldószerben	20
Kémiai eljárás	Csapadékképzés $5 \text{ Ni}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4 \text{ H}_2\text{O} + 1 \text{ Co}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4 \text{ H}_2\text{O} + 8 \text{ H}_3\text{BO}_3$ összetételű oldatban 20...30 min-es főzéssel, pH = 5,7	80...95
	10...50 $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ oldatban főzés 10...15 min-ig, utána hideg-, majd melegvíz-öblítés. Száradás után beégetés. Beégetés helyett híg ecetsavban áztatással a pórusokban finom eloszlású SiO_2 csapható ki	80...95 105...150
	Böhmítkezés: Főzés desztillált vízben 15...30 min-ig, vagy kezelés 490 kPa túlnyomású vízgőzben	80...100 ~155
	50 $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2 \text{ H}_2\text{O}$ oldatban főzés 20...30 min-ig, utána áztatás tiszta forró vízben 10 min-ig	80...100
Pórustömítés fényérzékeny anyaggal(Seo- Photo-eljárás)	Krómban – esetleg oxálsavban – készült oxidbevonatú alumíniumot 5% NH_4Cl + 5% NaBr vizes oldatában impregnálják. Szárítás után sötétben 10 min-re 10%-os AgNO_3 -oldatban telítik, amikor cserebomlással a pórusokban ezüst-haloid csapadék keletkezik. Az impregnálást és lecsapást célszerű egymás után többször ismételni. Alapos mosás desztillált vízben, majd 30...40 °C-os légáramban sötétben (!) megszáritják. Szárítás után a fényérzékenyített anyagot fel kell használni, tárolni nem lehet. Normál negatív-ról 60 cm távolságból 2 kW-os égővel $\frac{1}{2}$...1 min-es expozícióval másolnak. Előhívás savanyú, ún. fizikai előhívóban, szokásos rögzítés, mosás, szárítás. Célszerű a kész képet szintelen lakkal lefedni	

50...65 perc, egyes esetekben 20...40 perc anodizálási időt írnak elő. A jelentősebb külföldi és hazai direktszínező oxidáló eljárások (pl. Grinatal-, Alcanodox-, Kalkolor-, Veroxal-AUTOKOLOR – HSH, AUTOKOLOR – MBA-eljárás stb.) főbb előírásait az 5.45. táblázat foglalja össze.

A direktszínezett oxidbevonatok beltéri felhasználásra különleges utókezelés nélkül is felhasználhatók, a kültérrel is érintkező tárgyakat azonban pórustömíteni kell.

Színes oxidbevonatok előállítás elektrokémiai színezéssel. A közelmúlt években elterjedt eljárások szerint az alumínium anyagokon a színezett oxidbevonatokat kombinált módon egymást követő elektrokémiai műveletekkel állítják elő. Az 5.46. táblázatban közölt eljárások (pl. Alcan-, Cegedur-, ELEKTROKOLOR-eljárás stb.) lényege a következő:

A kellően megtisztított alumíniumfelületen hagyományos módon kénsavban, oxálsavban vagy krómsavban egyenáramú anodizálással 5...25 μm vastag, pórusos szerkezetű, szintelen oxidbevonatot állítanak elő, majd váltakozó árammal olyan fémsók vizes oldatában

folytatják az elektrokémiai kezelést, melyből az oxidalapréteg pórusaiban a katódáramlökések hatására finom eloszlású fém- vagy fénoxid-csapadék válik le. A kénsavban és oxálsavban egyenárammal anodizált alumínium-oxid alaprétegének színezését Ni, Co, Cr, Mn, V, Ti, Cu, Cd, Zn, Sn, Ca, Mg, Au, Ag, Pt vagy újabban Se, ill. Te-vegyületet tartalmazó, savas pH-értékű szulfát-, oxalát-, kromát-, foszfát-, nitrát-, klorid-, acetát-, tartarát-oldatokban, szobahőmérsékleten, 5...74 V cellafeszültségű váltakozó árammal, néhány perces kezeléssel végzik.

A svájci eredetű „Ematal”-eljárás előírása szerint titán-, cirkónium- vagy tallium-sót is tartalmazó oxálsavoldatban kis feszültségértékről 120 V végfeszültségig növekvő egyenáramú cellafeszültséggel díszítő hatású, tejfehér színű, kifejezetten zománc-, ill. porcelánszerű, eléggé kemény és korrózióálló bevonat állítható elő. Oxidáció közben a fürdőoldatot állandóan keverni, célszerűen áramoltatni kell. Az oxidréteg minősége nagymértékben függ az oldat pH-értékétől, ezért az elektrolitoldat összetételét rendszeresen ellenőrzik.

5.45. táblázat. Direktszínező anódos oxidáló eljárások

Az eljárás neve és tulajdonosa	Fürdőösszetétel, %	Hőmérséklet, °C	Áramviszonyok,		Rétegvastagság, μm	Az oxidbevonat színváltozatai
			V	A/dm ²		
Grinatal Grinatalcolor (Alumínium NSZK)	10...15 kénsav	20...22	18...30 (egyen-, válta- kozó áram)	1,5...30		világos – közép – sötétszürke; csak nagy Si-tartalmú öntvényeken (Grau- tonlegierungen)
Alcanodox (ALCAN Industries, Anglia)	8...10 oxálsav	18...22	45–55 (egyen- áram)	1,5...30	20...30	újezüst – bronz – – barnásfekete
Duranodic – 300 (ALCOA, USA)	7...13 szulfo-ftálsav + + 0,3...1 kénsav (vagy fém- (szulfát)	20...25	30...80 (egyen- áram)	2...4	15...30	újezüst – bronz – – fekete
Kalcolor (KAISER Aluminium and Chemical Corp. USA)	7...15 szulfo- szalicilsav + + 0,3...4 kénsav (vagy fémszulfát pl. – $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$)	20...30	30 – 100 (egyen- áram)	1,5...4	15...30	óarany – bronz – – barna – fekete
Veroxal – I. (VEREINIGTE Aluminium Werke, NSZK)	3...5 szulfo-szalicil- sav + 0,5...1 maleinsav + 0,5 kénsav, vagy fémszulfát	20...25	30 – 65 (egyen- áram)	1,5...3	20...30	újezüst – bronz – – fekete
Veroxal – II. (VEREINIGTE Aluminium Werke, NSZK)	10...20 maleinsav + + 1...3 oxálsav + + 0,3 kénsav (vagy szulfát)	18...25	30...70	1,5...3	20...30	újezüst – bronz – – fekete
AUTOKOLOR – HSH (ALUTERV – FKI)	szulfoszalicilsav	18...25	40...90 (egyen- áram)	1,5...5	20...40	világosbarna – keki – – szürkésbarna – – szürkésfekete
	kénsav + stabilizátor	18...25	40...90 (váltó)	2,5...8	20...30	világos arany – óarany – bronzbarna – – barnás – fekete
AUTOKOLOR – – MBA (ALUTERV – FK)	maleinsav + adalék	18...25	50...70 (egyen- áram)	3...8	20...50	szürke – fekete
Ematal-zománc (Aluminium, NSZK)	50...100 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot$ $\cdot 2 \text{H}_2\text{O} + 3...5 \text{TiO} \cdot$ $\cdot (\text{KC}_2\text{O}_4)_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ pH = 1,6...3,0	50...70	10...120	0,2...0,3	10...20	sárga – szürke
	40 Ti-K-oxalát $\text{TiO}(\text{C}_2\text{O}_4\text{K})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} +$ + 8 H_3BO_3 + 1 citrom- sav + 1,2 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot$ $\cdot 2 \text{H}_2\text{O}$	55...60	80...90 100...120	1,5...3	2...18	sárga – szürke
Fedőnév nélküli eljárások	30 $\text{CrO}_3 + 1...2 \text{H}_2\text{BO}_3$	55	40...60	0,3		fehér – sárga – szürke
	100 $\text{CrO}_3 + 20 \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot$ $\cdot 2 \text{H}_2\text{O} + 20 \text{H}_3\text{PO}_4$	30...50	20...30	0,5...0,8	10...20	
	50 $\text{CrO}_3 + 5 \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot$ $\cdot 2 \text{H}_2\text{O} + 2...5 \text{H}_3\text{BO}_3$	30...50	25...40	0,8...1,0		

5.46. táblázat. Anódos színes oxidbevonatok előállítása elektrokémiai színezéssel

Az eljárás neve és tulajdonosa	Fürdőösszetétel, %	Hőmérséklet, °C	Áramviszonyok,		Rétegvastagság, μm	Az oxidbevonat színe
			V	A/dm ²		
Fedőnév nélkül (T. ASADA, Japán)	Színezés 1,4...2 Ni-, Co-, Fe-, Cr-, Cu-szulfát, vagy Cu-, Pb-nitrát, -acetát, vagy -oxalát, Ag-, Au-nitrát, Se- vagy Te-vegyületek stb. + + 1...2 kénsav vagy foszforsav, NH ₄ -szulfát, + -foszfát, NH ₄ -tartarát, NH ₄ -acetát stb. pH = 1...6	18...25	5...75 váltakozó áram, esetleg váltakozó és egyen-áram kombi-nációja	0,15...0,30 (anodizálási idő 1...10 min), ellen-elektrod: SiC, szén vagy alumínium, esetleg ólom	2...8	barnásfekete vagy kékeszöld, kékeszürke vagy bronz, szürkésbarna, vörösbarna stb.
Fedőnév nélkül (ALCAN Industries, Anglia)	Színezés 10...25 Ni-, Cu-szulfát, vagy Ag-nitrát + + 20 Mg-szulfát + 25 borsav	20...25	10...80 váltakozó áram	0,5...2	5...15	Kékes- vagy barnásfekete, bronz, kékeszürke, vörösbarna, zöldessárga
	10...15 Cu-szulfát, Ag-nitrát + 20 Al-szulfát + 6 kénsav					
	5...6 Na-szelenit vagy Na-tellurit + 20 Al-szulfát + 10 kénsav					
Fedőnév nélkül (Chr. PIESSLINGER, Ausztria)	50 Ni- és 50 Co-szulfát (esetleg + Cu-szulfát) + 40 borsav + + 10 szulfo-szalicilsav	20...25	8...15 váltakozó áram	0,3...2,5		ezüstösarany, vörös, barna, bronz, barna, barnásfekete
Fedőnév nélkül (K. KURODA, Japán)	Előoxidálás: 5 oxálsav vagy 15 kénsav	20	30...40 18...25 (egyen-áram), anód	1,5 (30 min)	5...10	világos – közép – sötétbronz – barna
	Pórusnövelő oxidálás 15 kénsav Színezés	25...30	20...30 váltakozó áram),	1 (2 min)	0,5...2,5	
	15 Ni-szulfát + 1,5 borsav + 1,5 NH ₄ -klorid	20...25	20...40 (egyen-áram) katód	1,6 (1...5 min)		
Fedőnév nélkül (CEGEDUR, NSZK) (Japán)	Előoxidálás 15% kénsav	20	10...15 (egyen-áram)	1...15	15	3 perc után rézvörös, 10 perc után fekete
	Színezés 20 Cu-szulfát + 5 kénsav		15...20 (váltakozó áram)	0,6...0,8		
	Előoxidálás 15% kénsavban	20	10...15 (egyen-áram)	1...1,5	8	zöldesbarna
	Színezés 5 Ag-szulfát + 20 kénsav; 5 perc után 10 Cu-szulfát + 10 kénsav	22 20	8 (váltakozó áram) 9 egyen-áram)	0,6...0,8 1...1,2		

5.46. táblázat. (folytatás)

Az eljárás neve és tulajdonosa	Füredősszetétel, %	Hőmérséklet, °C	Áramviszonyok,		Réteg-vastagság, μm	Az oxidbevonat színe
			V	A/dm ²		
ELEKTROKOLOR KRB ALUTERV – FKI	CuSO ₄ + adalék	20...25	15...25 (váltakozó áram)	0,3...1		rézvörös – bordó
Fedőnév nélkül (SCHWEIZ Aluminium AG.)	Előoxidálás: 10...15% kénsavban	20	10...15 egyen- áram	1...1,5		sárgásbarna bronz vörösbarna fekete
	Színezés 5 Cu-szulfát + 0,5 Ag-nitrát + 10 kén- sav vagy 1,5 Sn- szulfát + 7,5 Cu- szulfát + 10 citrom- sav	20	8...16 egyen- áram (katód)	1,5...0,3		
Fedőnév nélkül (SUMITOMO, Japán)	Előoxidálás: 15% kénsavban	20	10...15 (egyen- áram)	1...1,2	12	narancsvörös
	Színezés 2,5 szelénsav	20	4 (egyen- áram) katód	2,5 (2 min)		
	vagy 10 CrO ₃ + 1 kénsav	20	7 (egyen- áram) katód	2 (2 min)		sárgásbarna
Fedőnév nélkül (OVE Chr. GEDDE, (NSZK))	2 kénsav + 7 Al-szul- fát + 1,5 Cu-szulfát (10 min)	20	20 váltakozó áram egyidejűleg más frekvenciájú vál- tako- zó áram szu- perponálással modulálva	0,4		mélyvörös
ALMECOLOR (NSZK)	SnSO ₄ + adalék	20	10...18	0,2...1		szürke – bronz – fekete
ELEKTROKOLOR – NXA (ALUTERV – FKI – Fémmunkás)	AgNO ₃ + adalék	20...25	10...20 (váltakozó áram)	0,3...1		aransárga, barna
ELEKTROKOLOR – AXZ (ALUTERV – FKI)	AgNO ₃ + adalék	20...25	10...20 váltakozó áram)	0,3...1		zöldes aranybarna
ELEKTROKOLOR – NBA (ALUTERV – FKI)	NiSO ₄ + adalék	20...25	10...20	0,3...1		szürke – fekete

5.47. táblázat. Keményoxid bevonatok előállítása anódos oxidáló eljárásokkal

Eljárás neve és tulajdonosa	Elektrolitoldat, %	Hőmérséklet, °C	Áram-sűrűség, A/dm ²	Kezdő→ vég-feszültség	Idő, min	Réteg-vastagság, μm
HDA-eljárás (High Duty Alloys Ltd, Anglia)	10H ₂ SO ₄	+10	250	15...25→ → 80	60	100...130
Martin Hard Coating eljárás (Alum. Comp. of America)	15 H ₂ SO ₄	-1...+4,5	2...2,5	25...30→ →40...60	60 120 240	34 76 152
Alumilite 225 and 725 eljárás, Alumilite 226 and 726 eljárás (Alum. Comp. of America)	10 H ₂ SO ₄	+4...+10		25...60	60 60	25...30 50...60
Hardas-eljárás Hard Aluminium Surface; Aluminium Ltd, Anglia)	10...15 H ₂ SO ₄ vagy 6...8 H ₂ C ₂ O ₃ · 2 H ₂ O	0...+4	5	10...12V→ →60...70 V (váltakozó-áram) és erre szuperponálva 20...24 V 0 V→ →120...140 V (egyenáram)	240	100
Sandford-eljárás (Sanford Process Comp., Anglia)	6...7 H ₂ SO ₄ + tőzeg- vagy barnaszén-kivonat (+7 metanol vagy aminoszulfonsav)	+4,5...+18 +4,5...-18	1,3...2	10 → 150	40	65
Tomasov – Bjalobzseszkij-eljárás (Szovjetunió)	10...20 (4N) H ₂ SO ₄	→6...+10		30 → 280	160	115...150
Alcoa-eljárás (Alum. Comp. of America)	10...15 H ₂ SO ₄	+8	4	20...25→ → 60	60	58...80
LPW-eljárás (Langbein – Pfanhauser Werke NSZK)	10...20 H ₂ SO ₄	0...+4	4	20 → 60	60	70...80
Lelong – Segond – Hérenguel-eljárás (Aluminium France)	8 H ₂ C ₂ O ₄ · 2 H ₂ O + +5,5 HCOOH	+15...+25	5...6	45 → 90		150...250 (1...1,5 μm)
Csokán-eljárás (ALUTERV – FKI Budapest)	1–5 H ₂ SO ₄ + szerves inhibitor	+1...-1	4...20	40...60 konsz-tans	60	100...250
KORUNDKOLOR – i MBS	szulfo-szalicilsav + + adalék	20 °C	3...5	40...60 egyen-áram)	60	30

Az elektrokémiai színező eljárással előállított oxidrétegek színtartósága ultraibolya fényben is kiváló, hőállóságuk megfelel a szokásos előírások követelményeinek. Korrózióállóság tekintetében a fém pigmentekkel színezett oxidbevonatok porustömítő utókezeléssel jónak minősíthetők.

Extrakemény, vastag oxidbevonatok előállítása

A szokásosnál vastagabb és keményebb oxidrétegek állíthatók elő, ha az anodizálás közben fellépő oxid-visszaoldódási folyamatokat kellőképpen visszaszorítják. A keményoxid előállítására ajánlott eljárások közös jellemvonása (5.47. táblázat), hogy a szokványosnál nagyobb áramsűrűséget írnak elő, és az áram hatására fellépő melegedés (Joule-hő), ill. a fokozott oxidoldódás megelőzésére a kénsavas vagy oxálsavas stb. elektrolitoldat erőlyes hűtését és keverését követelik meg. E hasonlóság mellett egyes jellemzők (vegyi összetétel, koncentráció, adalékanyagok, áramviszonyok) tekintetében jelentős eltérések is vannak az irodalomban eddig ismertté vált keményoxid-előállító eljárások közt.

Hazánkban kidolgozott eljárás szerint nemcsak a kénsavoldat hűtésével, hanem a koncentráció jelentős csökkentésével is mérséklük az oxid-visszaoldódást. Ilyen körülmények között 45...60 V állandó cellafeszültséggel, 20 és 4 A/dm² határok között változó áramsűrűséggel lehet végezni az anódos oxidációt anélkül, hogy számottevő melegedés fellépne. Ily módon jó hatásfokkal egy óra alatt – az ötvözet összetételétől függően – 150...200 μm (néhány ötvözetben 250 μm) vastag, 500...520 HV, egyes ötvözeteken 600 HV

Vickers-keménységű réteg állítható elő. A kopásállóság olyan nagy lehet, hogy felülmúlja nemcsak a betétben edzett acélokat, hanem a galvanikusan leválasztott keménykrómbevonatét is. Hátránynak tekinthető, hogy a keményoxidrétegek ridegek, hajlító vagy húzó igénybevételkor repedeznek, az alapfémről azonban nem válnak le.

A keményoxidbevonatok színe az alkalmazott technológia sajátosságain kívül nagymértékben függ az alapfém minőségétől és a réteg vastagságától. Tiszta alumíniumon világosszürke, nagyobb rétegvastagság esetén barnásszürke réteg képződik. Az ötvözött alumíniumfajták keményoxidbevonatának színe a közepszürkétől a kékes árnyalatú mélyfekete színig változhat.

A keményoxid kevésbé pórusos, mint a közönséges anódos eljárással előállított oxidrétegek, ezért alig, vagy egyáltalában nem színezhetők utólagos festéssel. A korrózióállóság utókezelés nélkül is jó, műanyagokkal való impregnálás után azonban a legagresszívabb közeggel szemben is ellenállóvá válik. Kémiai utókezelést, pl. forró vízben vagy gőzben kezelést nem szoktak alkalmazni, mert ilyenkor a réteg keménysége többé-kevésbé csökken.

Angol eljárás szerint 8...10 μm vastag, rendkívül kemény korundbevonatot lehet előállítani, ha az alumíniumot oxidáló hatású szervesetlen só olvadékában, pl. kálium-hidrogén-szulfát és nátrium-hidrogén-szulfát 180 °C hőmérsékleten megolvasztott keverékében 160 V cellafeszültséggel, ill. 1 A/dm² áramsűrűséggel 30 percig anodizálják. A korund (α-Al₂O₃) keménysége, HV = 350...450, rendkívül tömör, pórusmentes és kiválóan korrózióálló.

5.3.5. FÉMBEVONATOK KÉSZÍTÉSE ALUMÍNIUMFELÜLETEN KÉMIAI REDUKCIÓS ELJÁRÁSSAL

Meghatározott vegyi összetételű és hőmérsékletű fémoldatokban szervesetlen vagy szerves alapú redukáló vegyszerek hatására színfém választható le. A spontán redukciós folyamatok korlátozására a gyakorlatban az oldatok készítésekor a redukáló vegyszer oldatához megfelelő késleltető hatású stabilizátor vegyszeradalékokat (pl. tiokarbamid, Na-etilxantát stb.) is adagolnak. A képződő fémrétegbe a redukálószer bomlástermékei (pl. a nikkelrétegben a redukálószerből szár-

mazó foszfor, ill. bór, mint Ni-foszfid-, ill. Ni-borid), esetleg egyéb idegen anyagok is beépülhetnek, és ezáltal hatást gyakorolhatnak a fémbevonat tulajdonságaira.

A redukciós úton előállított fémbevonatok általában pórusmentesek, minthogy az ún. „fémszóródás” a felület minden részén, tehát a kiálló csúcsokon vagy a résekben és a furatokban is egyenletes. Az alapfelület eredeti érdességei a fémleválás első szakaszában a levált fémréteg felületén is keletkezhetnek,