

POWIERZCHNIOWA OBRÓBKA METALI

Część IV

Aluminium i jego stopy odznaczają się tak specyficznymi właściwościami, iż ich obróbka powierzchniowa wymaga całkowicie odrębnego omówienia. Otóż aluminium i stopy tego metalu dają się, co prawda, polerować zarówno chemicznie, jak i elektrolitycznie, ale już sprawa barwienia i utrwalania połysku wygląda zupełnie inaczej. Dlatego zaczniemy od podstaw.

W języku potocznym często słyszy się określenie eloksolacja i alodynowanie. Co one oznaczają? Na czym polegają te procesy? Ponieważ i eloksolacja, i alodynowanie dotyczą powierzchniowej obróbki aluminium, zapoznamy się z nimi bliżej, zwłaszcza, że są one w praktyce amatorskiej i warsztatowej bardzo przydatne.

Zaczynamy od terminu eloksolacja. Termin ten powstał z pierwszych liter wyrazów –Elektrolityczna OKSydacja Aluminium (oksydacja czyli utlenianie). Terminem tym, chociaż może niezupełnie słusznie, obejmujemy dziś całokształt obróbki elektrochemicznej i chemicznej aluminium. Za pomocą tych procesów aluminium i jego stopom można nadać lśniący połysk lub jedwabisty mat, kolory żywe, ostre lub łagodne, pastelowe. Pamiętajmy przy tym, że taką obróbką zapewnia przedmiotom nie tylko estetyczny i przyjemny wygląd, ale zarazem doskonale chroni je przed matowieniem, ścieraniem i korozją. Sztuczna biżuteria, drobna galanteria domowa, osłony termosów, obudowa aparatów, tacki, ramki, pudełka, długopisy, aluminiowa stolarzka, a nawet wielkie płyty osłonowe budynków – wszystkie te przedmioty oraz oczywiście wiele innych zawdzięczają swój wygląd i trwałość właśnie procesom eloksolacji. Ponieważ procesy te są w zasadzie proste i możliwe do przeprowadzania w warunkach amatorskich, zapoznamy się z najważniejszymi czynnościami, jakie trzeba przeprowadzić przy eloksolacji aluminium. Mówiąc w skrócie, proces eloksolacji polega na elektrolitycznym utlenianiu powierzchni aluminium, celem wytworzenia na niej twardej i wytrzymałej mechanicznie warstewki tlenkowej Al_2O_3 , następnie ewentualnym zabarwieniu i wreszcie uszczelnieniu.

Procesem zupełnie dodatkowym, lecz całkowicie nie związanym z samym barwieniem i utlenianiem, jest polerowanie. Zabieg ten przeprowadzić można na drodze chemicznej, bądź elektrolitycznej. Tego rodzaju polerowanie nadaje jedynie powierzchni lustrzany połysk, lecz nie chroni metalu przed korozją. Dlatego też dalsze postępowanie przy barwieniu i utlenianiu aluminium jest niezmiennie. Powiemy więc krótko – powierzchnię

aluminium można utleniać i barwić z uprzednim polerowaniem albo też i bez niego. Elokсолacja jest procesem stosowanym nie tylko do aluminium, ale również do jego licznych stopów. Pamiętajmy jednak, że najłatwiej i najtrwalej daje się utleniać, a następnie barwić czyste aluminium. Bardzo ważną rolę odgrywa tu struktura stopu. Im bardziej jest porowata, tym gorsze uzyskuje się wyniki. Stąd wniosek, że odlewów piaskowych, jako zbyt porowatych, tą metodą obrabiać nie można. Z drugiej jednak strony skład chemiczny stopu również odgrywa dużą rolę. Na przykład zawartość krzemu, a zwłaszcza miedzi, ogromnie utrudnia polerowanie, a następnie utlenianie. Krzem i miedź powodują występowanie ciemnych plam. W przeciwieństwie do poprzednio omówionej eloksolacji, a l o d y n o w a n i e jest od początku do końca cyklem operacji czysto chemicznych, w wyniku których na aluminium zostaje wytworzona zabarwiona powłoka tlenkowa. A więc w przeciwieństwie do eloksolacji, zbyteczne jest teraz jakiegokolwiek źródło prądu. Trzeba jednak pamiętać, iż w wyniku alodynowania powstaje od razu zbarwiona na żółtozielono powłoka tlenkowa, której barwy nie można już zmienić. Metodą alodynowania nie można również polerować wyrobów aluminiowych. Dlatego też proces ten jest stosowany do zabezpieczania przed korozją różnych drobnych wyrobów aluminiowych, jak również w celu wytworzenia powłoki tlenkowej, która stanowi doskonały podkład dla farb i lakierów.

Malowanie aluminium nie jest wcale sprawą prostą. Jeżeli powierzchnię aluminium oczyścić i nawet najdokładniej odtłuścić, a następnie pomalować, to już po paru dniach zauważymy odstawanie oraz złuszczenie się powłoki. Po prostu żaden ze znanych lakierów (a zwłaszcza nitro) nie ma dobrej przyczepności do czystego aluminium. Trzeba więc aluminium przed malowaniem koniecz- nie utlenić chemicznie lub elektrolitycznie, czyli wytworzyć na nim warstwę tlenkową. Dopiero taka warstwa umożliwia dobrą przyczepność lakierów.

Obróbka aluminium zwana alodynowaniem polega na zanurzeniu przedmiotów do odpowiedniej kąpeli utleniającej, a następnie kąpeli uszczelniającej. W kolejności zapoznamy się z procesami wstępnymi – polerowaniem chemicznym, polerowaniem elektrolitycznym, właściwym anodowaniem, barwieniem oraz alodynowaniem.

Przygotowanie powierzchni do eloksolacji

Rodzaj obróbki mechanicznej zależy jest od przeznaczenia przedmiotów i od żądanego przez nas stanu powierzchni. Jeśli chcemy mieć gładkie, błyszczące pudełko, wówczas z powierzchni aluminium, drogą polerowania i szlifowania usunąć trzeba wszystkie rysy i nierówności. Z kolei, gdy chcemy uzyskać jedwabisty, tylko lekko błyszczą-

cy mat, taki jaki jest np. na tarczach przyrządów pomiarowych czy ramkach, wówczas przedmiot poddaje się szczotkowaniu miękką, mosiężną szczotką.

Natomiast zupełnie matowe powierzchnie otrzymuje się poddając uprzednio przedmioty piaskowaniu za pomocą odpowiednio dobranej granulacji ścierniwa.

Przystosowanie powierzchni przedmiotów aluminiowych do eloksolacji polega na usunięciu z nich warstwy tlenkowej, brudu oraz tłuszczu. W zależności od stanu powierzchni przedmiotów dobieramy odpowiednią metodę przygotowania.

A więc, gdy przedmioty aluminiowe są silnie skorodowane, wówczas w celu usunięcia produktów korozji, wytrawiamy je w roztworze o składzie:

woda	50 cm ³
kwas azotowy, 40%, HNO ₃	50 cm ³

Czas wytrawiania w tym roztworze jest bardzo krótki, gdyż wynosi 10–30 sekund. Natomiast przedmioty na oko czyste i mało skorodowane, jak i przedmioty wykonane ze stopów aluminium, wytrawiamy 1–2 min. w roztworze:

woda	100 cm ³
wodorotlenek sodu, NaOH	10 g

Temperatura roztworu podczas trawienia powinna wynosić 50°C. Po wytrawieniu, w celu rozjaśnienia powierzchni, przedmiot zanurzamy na parę sekund do 5% wodnego roztworu kwasu azotowego. Do odtuszczenia wstępnego przedmiotów wypolerowanych mechanicznie używamy miękkiej szczotki i rozpuszczalnika organicznego, np. acetonu. Natomiast ostateczne odtuszczenie przeprowadza się chemicznie kwaśnym roztworem soli chromowych, lub alkalicznym roztworem soli fosforanowych. A więc pudełeczka i inne drobiazgi, po uprzednim przemyciu rozpuszczalnikiem, zanurza się na 2–3 minuty w gorącej kąpeli o składzie:

woda	60 cm ³
dwuchromian potasu, K ₂ Cr ₂ O ₇	20 g
kwas siarkowy stęż. H ₂ SO ₄	40 cm ³
kwas fosforowy stęż. H ₃ PO ₄	110 cm ³

W podanej ilości wody rozpuszcza się najpierw 20 g dwuchromianu potasu, następnie dodaje się kwas fosforowy, a na końcu kwas siarkowy.

A oto drugi, prostszy przepis na kąpiel do chemicznego alkalicznego odtuszczenia aluminium:

woda	91 cm ³
wodorotlenek sodu, NaOH	0,7 g
fosforan trójsodowy, Na ₃ PO ₃	4,5 g
szkło wodne	3,0 cm ³

W podanej ilości wody rozpuszcza się fosforan trójsodowy, a następnie wodorotlenek sodu, po czym dodaje szkło wodne. Temperatura roztworów odtłuszczających musi wynosić 50–60°C. Przedmioty wyjęte z kąpeli odtłuszczającej płuczemy dokładnie zimną wodą i od razu, jeszcze mokre (nie dotykając oczywiście ich palcami), przenosimy do polerowania lub od razu do utleniania.

W zwykłych pracach galwanicznych trawienie jest procesem ostatnim w cyklu przygotowania przedmiotu. Tymczasem w przypadku aluminium sprawa przedstawia się inaczej. Najpierw następuje obróbka mechaniczna (szlifowanie, polerowanie), dalej trawienie i wreszcie odtłuszczanie zasadnicze. Tak przygotowany przedmiot można już wziąć do utleniania lub do elektrolitycznego polerowania. Aluminium można polerować trzema sposobami – mechanicznie, chemicznie i elektrolitycznie. Sposób mechaniczny nie daje zbyt dobrych wyników. Polerowanie chemiczne jest już znacznie lepsze, a elektrolityczne pozwala wytworzyć na aluminium dosłownie lustrzaną powierzchnię.

Chemiczne polerowanie aluminium poznaliśmy już w III odcinku naszego cyklu więc teraz opiszemy tylko polerowanie elektrolityczne.

Polerowanie elektrolityczne

Zaznaczamy z góry, że takie polerowanie jest procesem dość trudnym do przeprowadzenia, ale pozwalającym za to nadać powierzchni aluminium pełny zwierciadlany blask. Tą właśnie metodą polerowana jest sztuczna biżuteria, odbłaskowe wkładki reflektorów, czy specjalne zwierciadła.

Cała trudność przeprowadzenia elektrolitycznego polerowania aluminium polega na tym, że do tego procesu trzeba stosować i duże napięcie, i dużą gęstość prądu, a kąpiele muszą pracować w podwyższonej temperaturze.

Ze wszystkich możliwych przepisów na elektrolityczne polerowanie podajemy tylko metody wymagające stosunkowo najmniejszego napięcia i natężenia prądu.

1. woda	80 cm ³
węglan sodu, Na ₂ CO ₃	15 cm ³
fosforan trójsodowy Na ₂ PO ₄	5 cm ³

Aby proces elektrolitycznego polerowania przebiegał właściwie, roztwór musi być ogrzany do 70°C. Czas polerowania wynosi 10 minut, napięcia 12–14 V, a gęstość prądu 3–4 A/dm². Katodą jest blacha stalowa.

2. woda	14 cm ³
kw. fosforowy stęż. H ₃ PO ₄	10 cm ³
kw. siarkowy stęż. H ₂ SO ₄	3 cm ³
bezwodnik kwasu chromowego, CrO ₃	6 g.

Polerowanie w tej kąpeli należy przeprowadzać w temperaturze 80–85°C, stosując napięcia 7–15 V i gęstość prądu 10–15 A/dm² polerowanej powierzchni.

UWAGA: katodą podczas elektrolitycznego polerowania w tej kąpeli musi być pasek blachy ze stali kwasoodpornej.

Jeszcze lepszy roztwór do elektrolitycznego polerowania aluminium, a zwłaszcza jego stopów, stanowi kwas fluoroborowy HBF₄. Aby taki roztwór otrzymać, wlewamy do szklanego lub porcelanowego naczynia 25 cm³ wrzącej wody i rozpuszczamy w niej 5 g kwasu borowego, H₃BO₃ (popularny kwas borowy do nabycia w aptekach). Po rozpuszczeniu się tego związku, stale mieszając dolewamy 30 cm³ kwasu fluorowodorowego, HF. W tym miejscu apelujemy, aby z całą powagą podejść do pracy ze żrącym i trującym kwasem fluorowodorowym. Oczywiście te same uwagi odnoszą się do pracy ze wszystkimi stężonymi kwasami oraz z wodorotlenkiem sodu (NaOH)! Pamiętajmy o rękawiczkach.

W wyniku reakcji:



powstaje kwas fluoroborowy, HBF₄.

Tak otrzymana kąpiel pracuje w temperaturze 25–35°C, przy napięciu 30–35 V. Gęstość prądu powinna wynosić 6–8 A/dm², a czas polerowania 10–15 minut. Do elektrolitycznego polerowania w tym roztworze trzeba stosować katody miedziane.

A teraz parę słów o samym procesie. Do przeprowadzenia elektrolitycznego polerowania potrzebne jest naczynie szklane lub kamionkowe (kwas fluoroborowy nie trawi szkła). W środku naczynia, na jego brzegach obłożonych drewnem, umieszczamy pręt miedziany lub aluminiowy i łączymy go z dodatnim biegunem źródła prądu stałego. Na tej środkowej szynie będziemy zawieszali polerowane przedmioty. W odległości 10 cm od szyny środkowej, po obu jej stronach kładziemy dwie boczne szyny i zawieszamy na nich odpowiednio dla danego procesu katody. Szyny te łączymy z ujemnym biegunem źródła prądu stałego. Przedmioty przeznaczone do polerowania, już dokładnie odtłuszczone i starannie zamocowane na drucie aluminiowym, zawieszamy na środkowej szynie. Ponieważ kąpiele działają bardzo trwająco (rozpuszczająco) na aluminium, przedmiot należy wkładać do kąpeli polerującej i wyjmować z niej zawsze przy wyłączonym prądzie elektrycznym.

Jeszcze raz zwracamy uwagę, że podczas elektrolitycznego polerowania glinu, połączenia źródła prądu z szynami są odwrotne niż przy zwykłym galwanicznym pokrywaniu – na bocznych szynach wiszą rozpuszczające się anody (biegun dodatni), przedmiot zaś wiszący na szynie środkowej jest katodą (biegun ujemny).

Na tym właśnie polega istota tego rodzaju polerowania. Rozpuszczeniu bowiem ulegają w pierwszym rzędzie wszelkie najmniejsze nawet występy na powierzchni aluminiowego przedmiotu, przez co powierzchnia staje się coraz bardziej gładka i lśniąca. Przedmioty wyjęte z kąpeli polerującej (niezależnie od jej składu) muszą być od razu dokładnie oplukane wodą.

Anodowe utlenianie

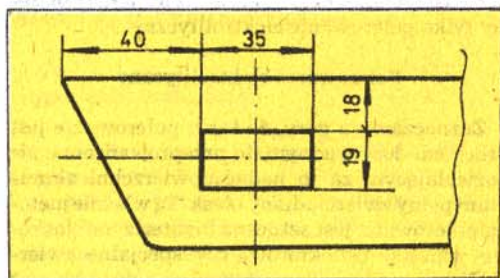
Proces ten ma za zadanie wytworzenie na obrabianym przedmiocie trwałej odpornej chemicznie i mechanicznie warstewki tlenku glinowego, Al_2O_3 . Bezbarwna, przezroczysta ta warstewka doskonale zabezpiecza uprzednio wypolerowane powierzchnie, jak również dzięki mikroporowatej strukturze pozwala na ich późniejsze trwałe barwienie.

Przedmioty przeznaczone do utleniania, bezpośrednio przed zanurzeniem w kąpeli, wytrawia-

my 1-2 minuty w jednoprocentowym wodnym roztworze kwasu azotowego HNO_3 o temperaturze 18-25°C. Zabieg ten usuwa z powierzchni pasywną błonkę utrudniającą utlenianie. Po wytrawieniu przedmiot jeszcze raz oplukujemy w zimnej wodzie i od razu zawieszamy w kąpeli utleniającej. Najprostszą kąpielą utleniającą jest wodny roztwór kwasu siarkowego. Jeśli następnie chcemy przedmioty barwić na kolory jasne, stosujemy 10% roztwór kwasu siarkowego, H_2SO_4 , gdy na ciemno - szczególnie na kolor czarny - wówczas używamy 20% roztwór kwasu siarkowego. Elektrolityczne utlenianie aluminium, zwane również anodowym (bo zachodzi na elektrodzie dodatniej - anodzie), możemy przeprowadzić w zwykłej waniencie galwanicznej, jednakże trzeba zmienić sposób połączenia szyn ze źródłem prądu. Zarówno przy elektrolitycznym polerowaniu, jak i teraz przy utlenianiu, środkową szynę łączymy z dodatnim, a obie szyny boczne z ujemnym biegunem źródła prądu stałego. Na szynie

WYŁĄCZNIK OGRZEWACZA OLEJOWEGO

Radzieckie olejowe ogrzewacze elektryczne zdobyły sobie w Polsce znakomitą opinię ze względu na znaczną wydajność cieplną, niewielki pobór mocy, wygodę w użyciu i estetyczny wygląd. Niestety ogrzewacze te mimo wyposażenia w termostaty nie mają tak prozaicznej a jednocześnie niezbędnej części, jaką jest zwykły wyłącznik sieciowy. Proponujemy więc wmontowanie w korpus sterownika ogrzewacza wyłącznika sieciowego (patrz fotografia). Do tego celu nadaje się między innymi wyłącznik powszechnie dostępny w han-



Fragment elektrycznego ogrzewacza olejowego. Na górnej płaszczyźnie sterownika widoczny wyłącznik sieciowy typu WA-17



dlu typu WA-17, przeznaczony do pracy pod napięciem 250 V i przy obciążeniu do 10 A. Zamiast niego można tu użyć każdego podobnego wyłącznika, pod warunkiem, że będzie on wykonany z materiałów odpornych na nagrzewanie (nie z polistyrenu), ponieważ korpus sterownika nagrzewa się podczas pracy do około 100°C.

Na rysunku przedstawiony został otwór, który należy wyciąć i wypilować w górnej ścianie korpusu sterownika ogrzewacza, aby można w nim było zamocować wyłącznik (na wcisk, aż do zablokowania wyłącznika przynitowanymi do niego sprężynami). Zaciski wyłącznika trzeba włączyć szeregowo w obwód zasilania sieciowego. Należy jednak pamiętać, by pod żadnym pozorem pod obudową sterownika nie stosować koszulek izolacyjnych z igelitu. W razie potrzeby należy użyć koszulki z ceratki olejowej.

Wszystkie zaciski instalacji elektrycznej muszą być starannie i mocno dokręcone, aby uniknąć nagrzewania się połączeń i w konsekwencji uszkodzenia ich.

(j.p.)

środkowej (ale zawsze przy wyłączonym prądzie), zawieszając będziemy utleniany przedmiot. Natomiast na szynach bocznych za pomocą drutu miedzianego zawieszają się katody z blachy ołowianej. Powierzchnia każdej katody musi być nieco większa od powierzchni utlenianego przedmiotu.

Przedmioty przeznaczone do utleniania zawieszamy na środkowej szynie na grubym drucie aluminiowym tak, aby przedmiot całkowicie skrył się w roztworze kwasu. Drut aluminiowy, na którym wieszamy przedmiot, służy zarazem do doprowadzenia prądu. Dlatego musimy go jak najsilniej skrócić na przedmiocie, aby zapewnić dobry styk. Pamiętajmy o tym, iż podczas procesu utleniania również powierzchnie drutu, na którym wisi przedmiot pokrywa się warstwą tlenku glinowego, a warstewka ta źle przewodzi prąd elektryczny. Jeżeli więc drut jedynie luźno opasuje przedmiot, wówczas zarówno powierzchnia drutu, jak i przedmiotu pokrywa się warstwą tlenku. Tym samym prąd przestaje już dopływać do utlenianego przedmiotu. Najpewniejszym doprowadzeniem prądu jest wkręcenie drutu aluminiowego w nagwintowany otwór w przedmiocie.

Temperatura roztworu kwasu siarkowego podczas utleniania nie ma prawa przekroczyć 18°C. Jeżeli więc roztwór zbyt szybko się grzeje, musimy przerwać pracę i poczekać aż ostygnie.

Napięcie powinno wynosić 15–18 V, a gęstość prądu 1–2 A/dm². Czas utleniania zależy od barwy, jaką następnie chcemy nadać przedmiotowi. Przy barwach jasnych wystarczy 10–15 minut utleniania, gdy pragniemy zabarwić przedmiot na czarno, utlenianie trwa 30–40 minut.

Prawidłowo przebiegający proces utleniania poznaje się po wydzielaniu gazów na utlenianym przedmiocie. Jeśli wydzielanie się gazów ustanie, będzie to sygnał, iż styk przedmiotu z drutem jest zły, a tym samym utlenianie już nie zachodzi.

Po skończonym utlenianiu przedmioty trzeba bardzo starannie opłukać pod bieżącą wodą.

Trwałe barwienie powłok anodowych

Powłoki anodowe na aluminium dają się stosunkowo łatwo barwić na dowolne kolory i odcienie.

Wytworzone metodą anodowego utleniania powłoki tlenkowe na aluminium, przed ich uszczelnieniem są bardzo porowate, dzięki czemu są podatne na barwienie. W trakcie barwienia barwnik wnika w mikropory bezbarwnej i przezroczystej powłoki tlenkowej, przez co nadaje jej pożądane zabarwienie. Sam proces barwienia polega na zanurzeniu przedmiotu o powierzchni utlenionej anodowo do wodnego roztworu barwnika o temperaturze 45–55°C i pozostawieniu w roztworze przez 2–15 minut. Do barwienia anodowo utlenionego aluminium mogą być i bywają używane zwykle barwniki, stosowane do tkanin. Niestety,

ten doprawdy prosty proces barwienia ma bardzo poważną wadę. Mianowicie, tak zbarwione aluminiowe przedmioty po pewnym czasie, zwłaszcza gdy są na słońcu lub przebywają w podwyższonej temperaturze, poczynają silnie blaknąć. Nie jest to wina aluminium ani powłoki tlenkowej, lecz niskiej światłoodporności pospolitych, a więc łatwych do nabycia barwników. Do celów barwienia aluminium produkowane są w kraju specjalne barwniki o ogólnej nazwie poloksalowe, o podwyższonej światłoodporności, lecz niestety nie są one dostępne dla amatora-majsterkowicza. Z tego więc powodu amatorzy stosują do barwienia aluminium to, co jest pod ręką i co daje doraźny efekt. Skutki jednak są najczęściej opłakane. Zwłaszcza dotyczy to barw ciemnych, a szczególnie czerni tak potrzebnej np. do radiatorów czy aparatury optycznej. Tymczasem większość amatorów nie wie, że nawet w skromnych domowych warunkach można trwale barwić powłoki anodowe, ale nie barwnikami organicznymi lecz solami nieorganicznymi. Oczywiście podstawową, wstępną czynnością jest uprzednie anodowe utlenienie powierzchni danego przedmiotu aluminiowego. Warto przy tym pamiętać, iż do trwałego, to jest światłoodpornego oraz wytrzymałego na podwyższoną temperaturę i działanie pary wodnej barwienia aluminium, stosować można tylko pigmenty nieorganiczne. Ich użycie wymaga jednak powłok tlenowych grubości co najmniej 20 µm. Przykładowo, barwnikami organicznymi można kolorować powłoki tlenkowe już o grubości 5–10 µm. Ale jak wiadomo, barwy te są nietrwałe.

Po wytworzeniu na aluminium powłoki tlenkowej grubości co najmniej 20 µm, przedmiot płucze się dokładnie wodą, następnie w celu rozwinięcia porów ogrzewa przez 10 minut do temperatury 120–130°C, po czym studzi i przenosi do odpowiedniej kąpielii barwiącej. Za pomocą soli związków nieorganicznych powłoki tlenkowe barwi możemy jedno- lub dwustopniowo.

Barwienie jednostopniowe: przy barwieniu jednostopniowym gama możliwych do uzyskania barw jest bardzo mała, ale za to sam proces jest bardzo prosty i tani. W tabeli 1 podajemy sole nieorganiczne stosowane do barwienia jednostopniowego. Stężenie tych soli w kąpielach barwiących wynosi 5–40 g/dm³ wody, temperatura kąpielii barwiącej 40–60°C, czas barwienia 5–15 minut.

Z metod jednostopniowych najczęściej stosowane jest barwienie na kolor złoty w wodnym roztworze szczawianu amonowo-żelazowego (NH₄)₃Fe(C₂O₄)·3H₂O. Intensywność wybarwień reguluje się stężeniem kąpielii i czasem barwienia. W przypadku kolorów bardzo jasnych stosuje się stężenie 10 g/dm³ i czas zanurzenia 15 s, a w przypadku wybarwiania kolorów intensywnych – odpowiednio 50 g/cm³ i czas 5 minut. Optymalny

Tabela 1. Sole nieorganiczne do jedностopniowego barwienia powłok tlenkowych na aluminium

Nazwa soli	Wzór chemiczny	Barwa otrzymanej powłoki	Uwagi
szczańcian amonowo-żelazowy	$(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	żółta	
dwuchromian potasu	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	żółta lub pomarańczowa	
nadmanganian potasu	KMnO_4	ciemnobrązowa	
azotan miedziowy + nadmanganian potasu	$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{KMnO}_4$	czarna	
siarczan miedziowy	CuSO_4	jasnoniebieska	*)
siarczan nikielowy	NiSO_4	jasnozielona	*)
siarczan manganowy	MnSO_4	jasnoczerwona	*)

*) Stosowanie tych soli wymaga bardzo dokładnego uszczelnienia zabarwianych powłok.

zakres pH wynosi 5,5–6. Proces może przebiegać w dość szerokich granicach temperatury 40–90°C, lecz najczęściej stosuje się temperaturę 60°C.

Bardziej stężone roztwory szczańcianu amonowo-żelazowego rozkładają się pod wpływem światła i dlatego należy je przechowywać w ciemności, a podczas barwienia zabezpieczać kąpiel przed bezpośrednim działaniem światła. Natomiast, jeśli już nastąpi wytrącenie osadu, roztwór zakwasza się kwasem szczańciovym, dodaje niewielkie ilości środka utleniającego i miesza aż do całkowitego rozpuszczenia osadu.

Przy barwieniu jedностopniowym w porach powłoki tlenkowej adsorbowany jest albo kation, albo anion barwny, lub też produkty zachodzącej reakcji, jak np. tlenki metali. Po zakończeniu barwienia przedmioty uszczelnia się we wrzącej wodzie. Czas 2 min. na 1 μm grubości powłok.

Barwienie dwustopniowe: znacznie większe możliwości kolorystyczne ma dwustopniowa metoda barwienia powłok tlenkowych na aluminium. Polega ona na tym, że przedmiot aluminiowy z wytworzoną świeżo powłoką tlenkową zanurza się do pierwszej kąpeli zawierającej wodny roztwór odpowiedniej soli nieorganicznej. Podczas tego procesu w porach powłoki gromadzi się związek, którego kation w reakcji z odpowiednim anionem z drugiej kąpeli da w przyszłości trwałą pigment pożądaną barwy.

Po zanurzeniu na odpowiedni czas do pierwszej kąpeli, barwiony przedmiot płucze się dokładnie wodą i przenosi do drugiej kąpeli. Druga kąpiel

jest też wodnym roztworem odpowiedniej soli nieorganicznej. Z chwilą zanurzenia do drugiej kąpeli, w porach powłoki tlenkowej zachodzą reakcje chemiczne. Mianowicie kation soli pierwszej kąpeli tworzy z anionem drugiej kąpeli pożądaną przez nas barwny pigment.

Po wyjęciu z drugiej kąpeli, zabarwione już przedmioty płucze się i uszczelnia we wrzącej wodzie.

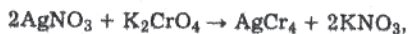
Składy kąpeli do dwustopniowego barwienia powłok anodowych podane są w tabeli 2.

Stężenie soli nieorganicznej w kąpielach 1 i 2 wynosi 10–50 g/dm³ wody. Temperatura kąpeli 30–60°C, a czas barwienia 3–15 minut.

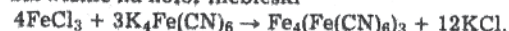
Po wyjęciu z kąpeli nr 1 barwione przedmioty bardzo dokładnie płucze się wodą i przenosi do kąpeli nr 2. Po zabarwieniu przedmioty płucze się i uszczelnia we wrzącej wodzie.

Anodowo utleniane aluminium można też barwić na brązowo zanurzając wyrób najpierw w wodnym roztworze octanu kobaltowego $\text{Co}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, a następnie w roztworze nadmanganianu potasu KMnO_4 . Stężenie obu kąpeli jest jednakowe, a jego wielkość zależy od pożądanego intensywności wybarwienia i waha się w granicach 5–15 g/dm³. Obróbka w obu kąpielach w temp. 40–60°C może trwać 3–15 minut. Przedmioty po wyjęciu z pierwszej kąpeli płucze się dokładnie i zanurza w drugiej.

Chcąc zwiększyć intensywność wybarwienia, wyroby poddaje się obróbce w kąpeli redukującej, którą jest wodny roztwór pirogallolu. Drugi sposób pozwalający uzyskać kolory brązowe, o jeszcze wyższych odpornościach na światło, polega na napawaniu tlenkowej powłoki roztworem proteiny lub innej substancji białkowej (pierwsza kąpiel), a następnie na obróbce w roztworze nadmanganianu potasu (druga kąpiel). Na skutek utleniania substancji organicznej nadmanganianem potasowym następuje w porach powłoki wytrącanie się MnO_2 i otrzymuje się kolory od żółto-żółtych do ciemnobrązowych. Na wzmiankę zasługują jeszcze te metody, które dają wybarwienie w kolorach brunatnoczerwonym, niebieskim, zielonym i czarnym. Wydzielanie się nieorganicznego pigmentu w powłoce następuje w wyniku reakcji: barwienie na kolor brunatnoczerwony



barwienie na kolor niebieski

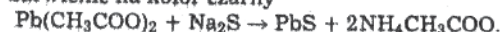


barwienie na kolor zielony



miedziowych (**toksyczne**),

barwienie na kolor czarny



Stężenie soli nieorganicznych w obu kąpielach wynosi od 10–50 g/dm³ wody. Temperatura kąpeli 30–60°C, czas barwienia zależy od żądanej intensywności barwy, od 3–15 minut. Na zakończenie przypominamy, że zabarwione dwustopniowo powłoki tlenkowe na aluminium należy dokładnie uszczelnić przez gotowanie w wodzie destylowanej w czasie 2 minuty na 1 µm grubości powłoki.

Alodynowanie

Zapoznamy się teraz z przepisami i wskazówkami wykonania procesu alodynowania, czyli chemicznego utleniania aluminium. Alodynowanie stosuje się w celu wytworzenia powłoki świetnie wiążącej się z farbami i lakierami, lub w celu zabezpieczenia przedmiotu aluminiowego przed korozją.

Przedmiotów aluminiowych nie trzeba szlifować ani polerować. Jeżeli są one silnie skorodowane, to wytrawiamy je w roztworach poprzednio podanych. W przypadku zaś, gdy przedmioty nie są skorodowane, to odtłuszczamy je dokładnie za pomocą acetonu, a następnie chemicznie w jednym ze znanych już roztworów. Teraz, bezpośrednio przed alodynowaniem, przedmioty zanurzamy na 1–2 minut do 3% wodnego roztworu kwasu azotowego, HNO₃. Roztwór taki otrzymamy rozcieńczając stężony kwas azotowy wodą w stosunku 1:1.

A oto dwa przepisy na przygotowanie kąpeli do alodynowania:

1. bezwodnik kwasu chromowego, CrO₃ 12 g
kwas fosforowy stężony, H₃PO₄ 3 g
fluorek sodu, NaF 4 g
woda do objętości 1 dm³.
Kąpiel tę ogrzewa się do 42–46°C i zanurza w niej przedmioty na 1–2 minut. Alodynowane przedmioty należy stale poruszać.
2. dwuchromian potasu, K₂Cr₂O₇ 23 g
kwas fosforowy stęż., H₃PO₄ 180 g
fluorokrzemian sodu, NaSiF₆ 3 g
woda do objętości 1 dm³.

W 500 cm³ wody rozpuszcza się dwuchromian potasu, osobno w 200 cm³ wody fluorek sodu i fluorokrzemian sodu. Oba roztwory zlewa się razem, dodaje kwas fosforowy, po czym całość dopełnia do objętości 1 dm³. Kąpiel tę ogrzewa się do 50°C i trzyma w niej przedmioty (często mieszając) przez godzinę.

Po wyjęciu z kąpeli do alodynowania, przedmioty powinny mieć barwę zieloną z odcieniem żółtym, szarym lub niebieskim. Trzeba je bardzo dokładnie opłukać pod bieżącą wodą, po czym

Tabela 2. Sole do barwienia dwustopniowego powłok tlenkowych

Nazwa soli do kąpeli 1 i 2	Wzory chemiczne	Barwa otrzymanej powłoki
1. octan ołowiu 2. siarczan sodu	Pb(CH ₃ COO) ₂ Na ₂ SO ₄	biała
1. octan ołowiu 2. chromian potasu	Pb(CH ₃ COO) ₂ K ₂ CrO ₄	żółtopomarańczowa
1. octan kadmu 2. siarczek amonu	Cd(CH ₃ COO) ₂ (NH ₄) ₂ S	żółta
1. azotan srebra 2. dwuchromian potasu	AgNO ₃ K ₂ Cr ₂ O ₇	brązowa
1. siarczan miedziowy 2. żelazocyjanek żelazowy	CuSO ₄ K ₄ Fe(CN) ₆	brązowa w odcieniu czerwonym
1. octan ołowiu 2. siarczek amonu	Pb(CH ₃ COO) ₂ (NH ₄) ₂ S	ciemnobrązowa
1. azotan kobaltowy nadtlenek wodoru	Co(NO ₂) ₂ H ₂ O ₂	ciemnobrązowa
1. siarczan żelazowy 2. żelazocyjanek żelazowy	Fe(SO ₄) ₂ K ₄ Fe(CN) ₆	niebieska
1. octan kobaltowy 2. siarczek sodu	Co(CH ₃ COO) ₂ Na ₂ S	czarna

zanurzyć na pół minuty do wodnego 0,1% roztworu bezwodnika kwasu chromowego, ogrzanego do 50°C. Zabieg ten ma na celu uszczelnienie i utrwalenie wytworzonej powłoki alodynowej. Pozostaje już tylko przedmiot wypłukać, wysuszyć i, jeżeli nie będzie od razu malowany, bardzo lekko natłuścić, najlepiej pokostem lub olejem lnianym.

A oto jeszcze dwa inne przepisy na kąpiele i metody alodynowania aluminium. Przygotowane w podany uprzednio sposób przedmioty aluminiowe zanurzamy na 10 minut do gorącej (90°C) kąpeli o składzie:

- węgiel sodu, Na₂CO₃ 45 g
chromian sodu, Na₂CrO₄ 15 g
wodorotlenek sodu, NaOH 20 g
woda do objętości 1 dm³.

Temperatura kąpeli około 30°C, czas utleniania 10 minut.

Po utlenieniu w jednej z podanych kąpeli, w celu uszczelnienia powłoki zanurzamy przedmiot na 20 minut do ogrzanego do 90°C 2% wodnego roztworu szkła wodnego.

Tak uzyskane powłoki nie są specjalnie atrakcyjne, ale za to długo i skutecznie potrafią chronić aluminiowy przedmiot przed korozją. Ponadto, jak już wspominaliśmy, powłoki alodynowe wiążą się doskonale z lakierami, a tym samym umożliwiają trwałe lakierowanie aluminium i jego stopów.

Stefan Sękowski