

ANODOWANIE – CZWARTY WYMIAR ALUMINIUM

2.2 Anodowanie – inżynieria procesowa

2.2.2 Wady – Przyczyny – Usuwanie

W celu dokonania podziału możliwych źródeł wad względnie przyczyn powstawania wad występujących w utlenianiu anodowym aluminium trzeba przede wszystkim zwrócić uwagę na rodzaj obrabianego materiału. Produkty wytwarzane ze

stopów aluminium różnymi metodami w procesach walcowania, wylączania czy odlewania różnią się strukturą materiału poddawanego obróbce co wpływa na końcowy wygląd powłoki anodowej. W poniższej tabeli zebrano wady, które mogą występować po anodowaniu profili wytłaczanych. Obecnie metoda wytłaczania jest pod względem ilościowym największym źródłem materiału, który następnie poddawany jest procesowi anodowania.

Wada	Możliwa przyczyna	Zapobieganie
Uszkodzenia mechaniczne powierzchni na wytłaczanych profilach		
Zadrapania Uszkodzenia w formie linii – w kierunku wytłaczania – bez odniesienia do kierunku wytłaczania (widoczne przed anodowaniem)	Ślizganie/zsuwanie przy wytłaczaniu Uszkodzenie w produkcji/ transporcie	Nadzór produkcji taśmowej Odpowiedni transport
Miejsca po tarciu i bębnowaniu Są widoczne w formie powierzchniowych, miejscowych szorstkich miejsc - różnic w połysku	Transport, luźne opakowanie	Odpowiednie opakowanie + transport
Chmury z polerowania Miejscowe zmatowienie względnie zmętnienie w formie chmur albo smug	Miejscowe przegrzanie przy polerowaniu mechanicznym	Sprawdzić warunki polerowania
Wtrącenia ciał obcych Dziury albo kraterki z otoczeniem w formie aureoli – widoczne po chemicznym przygotowaniu powierzchni E0/E6	Przy obróbce wciśnięte cząsteczki	Czystość przy obróbce
Rowkowatość Blizny wzdłuż równoległe do kierunku tłoczenia, widoczne przede wszystkim przed anodowaniem przy przygotowaniu powierzchni E6/E0	Rowki w kanale prowadzącym narzędzi (matryce)	W praktyce nie można uniknąć całkowitego powstawania rowków. Należy częściej zmieniać narzędzia i obrabiać dodatkowo
Ślady po transporcie poprzecznym Smugi w poprzek kierunku tłoczenia w odstępie podpórek taśmy transportowej – widoczne przed anodowaniem	Odrys powstały przez leżenie na taśmie transportowej	Tolerować w małym zakresie. Czyścić podpórki
Plamy i smugi na powierzchniach profili		
Plamy z odtłuszczenia/czyszczenia Nierównomiernie wytrawione powierzchnie z plamami przy E6/E0 - widoczne po anodowaniu	Niekompletne odtłuszczenie – nierównomierne działanie trawiące na podłożu	Kontrola parametrów odtłuszczenia – kąpiel odtłuszczająca wyczerpana Zastosowanie produktów zawierających silikon w obróbce wstępnej.
Plamy/smugi z trawienia Plamy/smugi – miejscowe różnice połysku lub odcienia barwy zgodnie z trawieniem E6 (widoczne po anodowaniu)	Przy trawieniu: – nieodpowiednie płukanie – zły stosunek zawartości NaOH do aluminium – części zanurzone w szlamie trawiącym	Skorygować warunki trawienia Skontrolować technikę płukania Skontrolować dekapowanie
Plamy kwasu Plamy/smugi w formie mlecznego zmętnienia warstwy utlenionej – miejscowe białe plamy w barwnych warstwach utlenionych (widoczne po anodowaniu)	Wyptywający kwas z pustych przestrzeni profili względnie rysy i pęknięcia przy konstrukcjach spawanych w systemach profili z przekładkami	Skontrolować technologię płukania Sprawdzić konstrukcję Przy profilach izolowanych można w pewnym stopniu uniknąć tej wady
Smugi i odrisy w formie smug przy wytłaczanych profilach		
Smugi Równoległe do kierunku tłoczenia przebiegające smugi o odmiennej strukturze powierzchni, różnej wielkości ziarna wykazujące różnice w odbijaniu światła (widoczne po anodowaniu)	Różne wielkości ziarna względnie orientacja ziarna – odznacza się przy trawieniu i anodowaniu	Odpowiedni wybór stopu i obróbki cieplnej Optymalne ukształtowanie narzędzi i profilu Przy zawierających Mn stopach ALMgSi nie można wyeliminować
Ścieżki tlenkowe/„kreski otówkiem“ Przebiegające równoległe do kierunku tłoczenia cienkie, białe kreski. Widoczne przy E0/E6 (widoczne po anodowaniu)	Wtrącenia niemetaliczne Segregacja pierwotnego wytrącenia	Nie można im zapobiec. Sprawdzić warunki topnienia/odlewania
Odcisk spoinowy Przebiegające poprzecznie do kierunku tłoczenia wąskie smugi najczęściej ciemne, rzadko jaśniejsze niż otaczający materiał (widoczne po anodowaniu)	Różnice w strukturze w zakresie spoiny, szwu wytłoczenia	Można zapobiec tylko technicznie w procesie tłoczenia



Wada	Możliwa przyczyna	Zapobieganie
Odciski przekładkowe Przebiegające równoległe do kierunku tłoczenia przez długość profili, najczęściej przyporządkowane nad przegródkami smugi. Widoczne przy E0/E6 (widoczne po anodowaniu)	Różnice w strukturze (konsystencja, wielkość ziarna, wytrącenia)	Z pewnością niemożliwe – można zapobiec tylko technicznie w procesie tłoczenia i przez optymalizację narzędzi
Smugi grafitowe Jasne lub ciemne smugi o częściowo różnych grubościach powłoki po anodowaniu Widoczne przy E0/E6 (widoczne po anodowaniu)	Przy smarowaniu grafitowym – ścieranie grafitowe przed stołem wylotowym	Przy ciężkich profilach z pewnością niemożliwe
Smugi po szlifowaniu Wielocentymetrowe smugi przebiegające równoległe do kierunku szlifowania	Obróbka na sucho albo nieregularny ubytek taśm szlifierskich	Odpowiednie zasilanie smarem. Odnowienie taśm szlifierskich
Smugi po smarach Ciemne smugi Widoczne przy E0/E6 (widoczne po anodowaniu)	Wtrącenia smaru przy tłoczeniu	Lepsze dozowanie smaru przy tłoczeniu
Koroźja wstępna Istniejące już przed anodowaniem wykwyty w formie plam na powierzchni profilu. Po trawieniu E6 dobrze widoczne	Nieodpowiednie przechowywanie	Przechowywanie w suchych pomieszczeniach
Koroźja spowodowana spawaniem ręcznym Odcisk dłoni i odciski palców Widoczne przy E0/E6 (widoczne po anodowaniu)	Wpływ spawania ręcznego	Noszenie rękawiczek z bawełny
Koroźja wywołana papierem Lokalnie nierównomierne odciski papieru albo tektury – widoczne przed anodowaniem	Wilgotny papier zawierający kwas lub alkalia	Stosować papier bez kwasu i alkaliów
Koroźja spowodowana wodą kondensacyjną (rosa) Matowe, białawe w formie chmur plamy widoczne przed anodowaniem	Skondensowana wilgotność w paczkach do magazynowania	Opakowanie dostosowane do warunków magazynowania i transportu. Magazynowanie w suchych pomieszczeniach
Koroźja spowodowana popłuczynami W formie szpilki lub gwiazdki, nierównomiernie rozmieszczone miejsca koroźji (widoczne po anodowaniu)	Zanieczyszczone kąpiele płuczące – najczęściej w połączeniu z wysoką zawartością chlorków w wodzie przemysłowej	Optymalizacja technologii płukania
Koroźja spowodowana olejem chłodząco-smarującym Matowe, białawe, w formie chmur plamy w pobliżu obrabianych miejsc – widoczne przed anodowaniem	Agresywny – względnie zawierający kwas olej chłodząco-smarujący	Stosować odpowiedni olej chłodząco-smarujący

2.3. Metody barwienia

Istotną zaletą anodowo wytwarzanych warstw tlenkowych na aluminium jest możliwość ich barwienia. Uzyskiwane barwne powłoki spełniają funkcje dekoracyjne, są odporne na warunki klimatyczne co dodatkowo podnosi walor metody anodowania wyrobów z aluminium dla potrzeb architektonicznych.

Po anodowaniu uzyskuje się porowatą warstwę o wysokiej zdolności absorpcyjnej. Ten absorpcyjny charakter umożliwia wchłanianie nadających barwę substancji. Warunkiem wysokiej jakości zabarwienia jest odpowiednia grubość warstwy tlenkowej i odpowiednia pojemność por. Własna barwa warstwy utlenionej nie powinna zakłócać charakteru zabarwienia. Do barwienia warstw tlenkowych wynaleziono wiele wariantów metody mające szerokie zastosowanie. Rozróżnia się następujące metody barwienia:

- absorpcyjne barwienie nieorganiczno-chemiczne
- absorpcyjne barwienie organiczne
- barwienie integralne
- barwienie elektrolityczne
- kombinowana metoda barwiąca (elektrolityczne barwienie wstępne – następnie dobarwianie organicznymi roztworami barwiącymi)

- barwienie interferencyjne

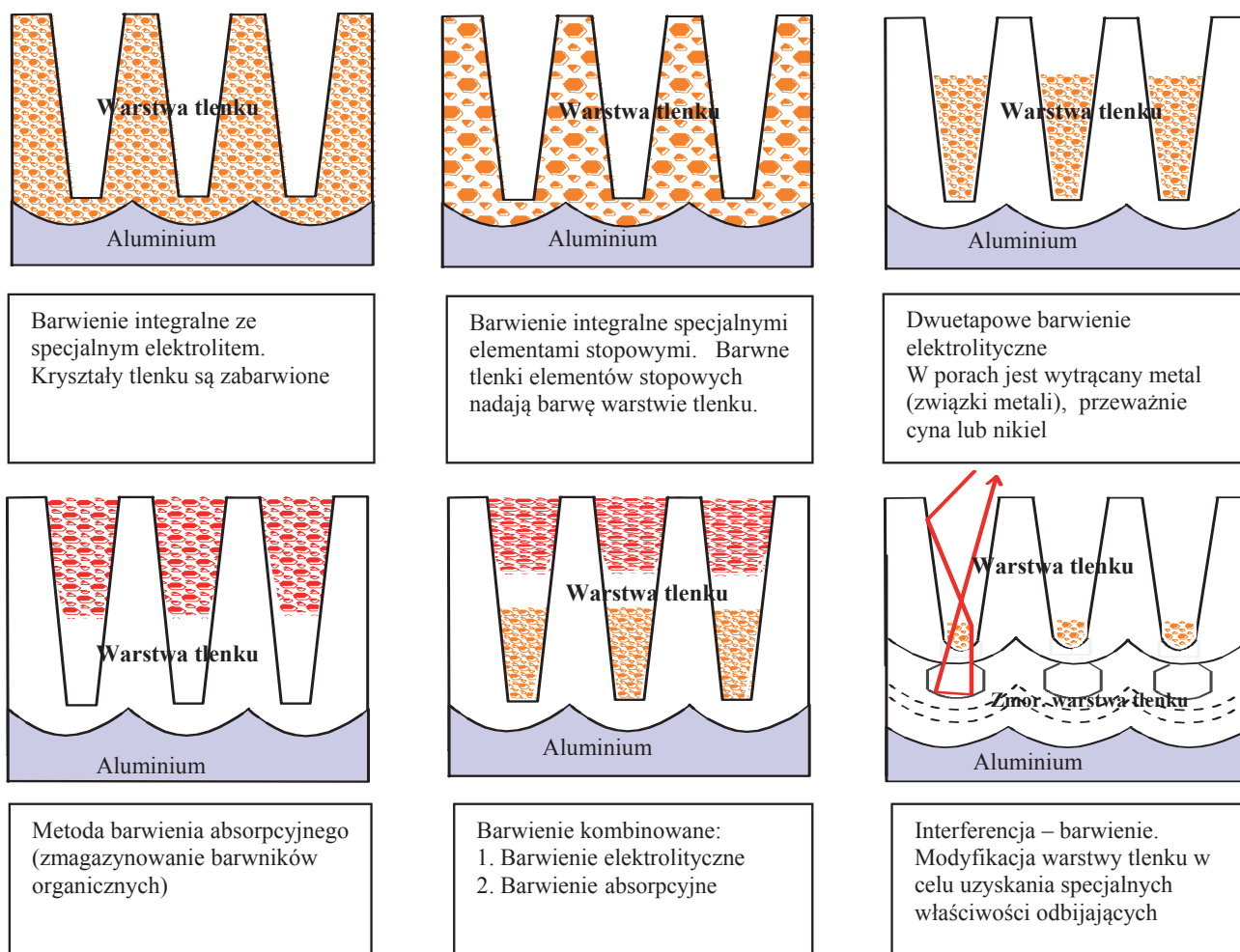
Na ilustracji 1 przedstawione są zasady działania najważniejszych metod barwienia

Wszystkie obecnie stosowane metody barwienia charakteryzują się poniższymi cechami:

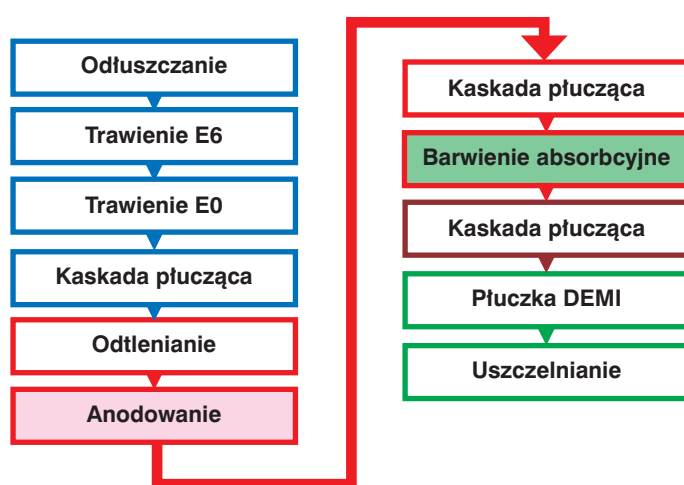
- nadający barwę system jest bezpośrednio związany z metalem – względnie zmagazynowany w porach warstwy tlenku
- zabarwiona warstwa jest nierozdzielnie związana z metalem
- po barwieniu warstwę tlenku należy uszczelnić
- barwione warstwy tlenku charakteryzują się wysoką odpornością na warunki klimatyczne i światło. Powierzchnia aluminium zachowuje metaliczny charakter.

Dekoracyjny wygląd zabarwionej warstwy tlenku jest zależny od własnej barwy warstwy. Warstwy tlenku z elektrolitu prąd stały – kwas siarkowy (na dekoracyjnych, nadających się do anodowania stopach) są przezroczyste jak szkło i bezbarwne. Na barwę nie ma wpływu, można uzyskać jasne i iryzujące odcienie barwy. Przy warstwach tlenkowych





Ilustracja 1. Schematyczne przedstawienie metody barwienia



Na ilustracji 2 przedstawiono metody produkcji absorpcyjnie barwionych warstw tlenkowych.

z elektrolitu kwasu szczawowego wynika własne zabarwienie warstwy, która ma wpływ na niuanse nadania barwy. Barwy nie są czysto iryzujące lecz mają ciemny odcień.

2.3.1. Nieorganiczne – chemiczne barwienie

Nieorganiczne metody barwiące bazują na zasadzie powłoki związków metalicznych (hydroxide) w porach warstwy tlenku. Za pomocą barwników nieorganicznych otrzymujemy co prawda nie aż tak liczne stopnie barwy jak przy barwieniu

organicznym mają one jednak najczęściej wysoką odporność na światło i na temperaturę. Najbardziej rozpowszechnionym obecnie nieorganicznym barwieniem jest barwienie na kolor złoty na bazie szczawianu żelazowo-amonowego i barwienie na kolor brązowy solami kobaltu i nadmanganianem potasu.

Aluminium można anodować nie tylko pod wpływem prądu stałego, lecz także za pomocą prądu zmiennego lub stałego ze składową zmienną. W przypadku prądu zmiennego obie elektrody wykonane są z aluminium lub stopu aluminium, a ponieważ utlenianie powierzchni zachodzi jednocześnie na obu elektrodach to dla zachowania tych samych warunków prądowych co w przypadku prądu stałego,

Barwienie na kolor złoty szczawianem żelazowo-amonowym:

Barwienie odbywa się przez zanurzenie anodowanych i dobrze spłukanych powierzchni w rozcieńczonym roztworze szczawianów żelazowych, przeważnie jako sól amonowa albo sodowa. W zależności od grubości warstwy i czasu barwienia uzyskuje się zabarwienie od jasno do ciemno żółtego.

Metoda ta zaliczana jest do metod jednokąpielowych. Detale zanurza się w roztworze metalu ciężkiego, który hydrolizuje wewnątrz powłoki tlenkowej tworząc pigment.

Najczęściej stosowane jest barwienie na kolor złoty w wodnym 2% roztworze szczawianu amonowo-żelazowego.

Serie Gold



E0 / EV3 Gold



E6 / EV3 Gold



E6 / EV3 Gold gegläntzt



Gestrahlt / EV3 Gold gegläntzt

Intensywność barwy reguluje się stężeniami kąpeli i czasem barwienia. W przypadku kolorów bardzo jasnych stosuje się stężenia 10 g/l i czas 15s, a w przypadku wybarwień intensywnych 50 g/l i czas 15 min. Optymalny zakres pH wynosi ok. 4,0-5,0 a zakres temperatur 40 – 60°C.

Najważniejsze zastosowanie barwienia za pomocą soli nieorganicznych znalazło w produkcji barwnych powłok dla celów architektonicznych. Przede wszystkim wykorzystywany jest tu fakt wysokiej odporności barwy na światło (8) oraz na temperaturę (przy 48 godzinach ponad 250°C).

Po anodowaniu odbywa się dokładne płukanie.

Następnie barwi się oraz ponownie płucze i uszczelnia. Dobra jakość warstwy i odpowiednie uszczelnianie mają decydujący wpływ na odporność wybarwienia.

Wartość pH powinna wynosić 4,0 - 5,0. Przy przesunięciach mniej niż pH 4 zabarwienia są coraz słabsze i potem całkowicie ustają. Ustawia się stale odpowiednio mieszając z silnie rozcieńczonym roztworem amoniaku. Jeśli wartość pH przesunie się w kierunku pH 6 albo więcej to następuje rozkład roztworu barwiącego, który zmienia przy tym barwę z „przeźroczystego żółto-zielonego” na „czerwonawo-brązową-barwę podobną do gliny”. Zabarwienia są wtedy nierówne (aureole, strefy krawędzi). Z tego powodu należy wcześniej (także przy kąpeli która nie jest używana przynajmniej raz w tygodniu) sprawdzić wartość pH i skorygować. Koryguje się w tym przypadku silnie rozcieńczonym kwasem siarkowym.

W zakresie pH 4,0 - 4,5 roztwory barwiące wykazują długą żywotność. Jeśli zmieniła się barwa roztworu to konieczne jest sporządzenie nowej kąpeli albo regeneracja. Przy regeneracji kwasem szczawiovym albo odpowiednią solą regenerującą obecnego dostawcy chemii należy dodać tyle, aby ustawić wartość pH ok. 2,2 - 1,8. Barwa roztworu zmienia się przy tym dopiero po kilku godzinach ponownie na „przejrzysto żółto-

zieloną”. Potem rozcieńczonym roztworem amoniaku ponownie ustawia się wartość pH na 4,0 - 5,0. Wszystkich ustawień należy dokonywać ostrożnie, etapami, dobrze mieszając roztwór. Czas barwienia zależy od temperatury, wartości pH, stężenia i pożądanego odcienia barwy. Stężenie należy tak wybrać, aby uzyskać pożądaną odcień barwy w ciągu 3 – 8 minut.

Te zabarwienia są znacznie bardziej równomierne niż te, które uzyskuje się podczas krótkich albo nadmiernie długich czasów barwienia. Należy utrzymywać stężenie przez odpowiednie dozowanie na stałym poziomie oraz nadzorować stężenie analitycznie. Na materiał wanny nadaje się kwaso-odporne tworzywo sztuczne, stal szlachetna albo podobne. Przy wyborze wanny zwrócić uwagę na to, aby była ogrzewana i regulowana.

Barwienie na kolor brązowy octanem kobaltowym i nadmanganianem potasu:

W przeciwieństwie do barwienia przez rozszczepienie hydrolytyczne w kąpeli szczawianu żelazowego barwienie na kolor brązowy składa się z podwójnej przemiany, która wymaga dwóch różnych wanien barwiących. W pierwszej kąpeli impregnuje się warstwę roztworem soli metalu a w następnej kąpeli przekształca się tę sól metalu w nierozpuszczalny związek kompleksowy metalu. Ta metoda barwienia wymaga w sumie co najmniej 5 dodatkowych wanien. W zależności od grubości warstwy tlenkowej i czasu barwienia uzyskuje się barwy brązu. Odporność na światło wynosi 6. Odporność na temperaturę przy 48 godzinach ponad 250°C

Skład kąpeli	Wanna 1: 5-30 g/l Octan kobaltowy
	Wanna 2: 5-30 g/l Nadmanganian potasu
Czas barwienia	W zależności od intensywności barwy i warunków
	Kąpiel 1: 10-30 sek.
	Kąpiel 2: 10-30 sek.
Temperatura	20 – 40°C

W zależności od ilości i czasu trwania procesów obróbki powstają jasnobrązowe – brązowe do czerwono-brązowych odcieni. Aby uzyskać równomierne powtarzalne zabarwienia wymaga się co najmniej grubość warstwy 15µm i równomierne rozmieszczenie grubości warstwy dla wszystkich partii towaru.

Zastosowanie tej metody barwienia w ostatnich latach zanika z powodu trudności w uzyskaniu powtarzalności i relatywnie wysokiego technicznego nakładu, jej zastosowanie ogranicza się obecnie do specjalnych zastosowań w produkcji okuć. □

W opracowaniu artykułu wykorzystano:

1. Praca zbiorowa – Poradnik Galwanotechnika Politechnika, WNT Warszawa 1983
2. Schneider H. – Wytwarzanie warstw anodowych jako sposób uszlachetniania powierzchni aluminium, Niemcy 2000
3. Cz. Garda, W. Gąsowski – Barwienia aluminium i jego stopów. WNT Warszawa, 1968,
4. Birtel, H.; Leute, W.: Aluminium 41(1965), S. 52

