

ANODOWANIE TWARDE
KJ – 06.03
ZAŁĄCZNIK DO KJ-06

Opracował:

Dział Techniczny
DTT-8/S

Zatwierdził:

Główny Technolog
DTT

1. Cel dokumentu

Celem dokumentu jest ustalenie podstawowych wymagań stawianych dostawcom procesu anodowania twardego stopów aluminium w kwasie siarkowym na częściach dostarczanych do Polskich Zakładów Lotniczych Sp. z o. o.

2. Przedmiot dokumentu.

Przedmiotem dokumentu są wymagania dotyczące procesu anodowania twardego i kontroli części podlegających procesowi anodowania twardego.

3. Zakres stosowania dokumentu.

Wymagania zawarte w niniejszym dokumencie dotyczą wszystkich dostawców i powinny być przez nich spełnione w zakresie wymaganym umową / kontraktem / zamówieniem.

4. Dokumenty związane.

Zakres stosowania dokumentów związanych odnosi się do aktualnych ich wydań.

PN-EN 2536	Anodowanie twarde stopów aluminium.
ASTM B 244	Znormalizowana metoda badawcza pomiaru grubości powłok anodowych na aluminium oraz pozostałych powłok nie przewodzących na podłożach niemagnetycznych za pomocą przyrządów do badania prądami wirowymi
PN-EN ISO 4516	Powłoki metalowe i inne nieorganiczne. Badania mikrotwardości metodą Vickersa i Knoppa.
PN-EN ISO 1463	Powłoki metalowe i tlenkowe. Pomiar grubości powłok. Metoda mikroskopowa.
ASTM B 487	Pomiar grubości pokrycia metalowego i tlenkowego przez badanie mikroskopowe na przekroju poprzecznym.
AMS 2468	Twarde pokrywanie stopów aluminium.
AMS 2469	Anodowanie twarde aluminium i stopów aluminium. Wymagania dla procesu i powłok.
MIL-A-8625	Powłoki anodowe dla aluminium i stopów aluminium.

5. Informacje dodatkowe.

5.1. Klasyfikacja powłok.

Dokument dotyczy kontroli powłok anodowych twardych według typów i kategorii zgodnie z PN-EN 2536.

TYP A: anodowanie twarde bez uszczelniania.

TYP B: anodowanie twarde z uszczelnianiem.

Jeżeli w dokumentacji nie jest podany typ powłoki, należy stosować typ A.

Kategorie stopów aluminium, na których stosuje się anodowanie twarde są następujące:

- Kategoria 1 – Stopy zawierające mniej niż 1 % miedzi
- Kategoria 2 – Stopy zawierające od 1% do 5 % miedzi

Typy anodowania wg MIL-A-8625 to TYP III anodowanie twarde.

5.2. Uwagi ogólne.

- a) Dla każdej części powinna być opracowana technologia szczegółowa.
- b) Części podlegające anodowaniu powinny być wolne od wszelkich obcych substancji, tlenków oraz zabrudzeń takich jak smary, oleje, farby, topnik spawalniczy. Należy stosować takie procesy przygotowania, aby osiągnąć powierzchnię całkowicie zwilżalną przed anodowaniem.
Do mechanicznego czyszczenia powierzchni nie wolno używać materiałów ściernych zawierających żelazo, które mogłoby w efekcie przyspieszyć korozję stopów aluminium.
- c) Anodować części po całkowitej obróbce mechanicznej, cieplnej, spawaniu oraz kontroli penetracyjnej. Powierzchnia części poddawanych anodowaniu powinna być pozbawiona wad powierzchniowych, które mogą spowodować, że wytworzona powłoka anodowa nie spełni wymagań. Wady powierzchniowe mogą być spowodowane przez obróbkę mechaniczną, cięcie, zarysowanie, polerowanie, zaginanie, rozciąganie, trawienie, niejednorodność składu chemicznego czy wytrącenia.
- d) Kolejne czynności procesu wykonywać bez nadmiernych przerw, aby uniknąć wysychania części.
- e) Unikać manipulowania częściami po fazie odtleniania, a jeżeli to konieczne dotykać wilgotne części w czystych rękawiczkach lateksowych lub gumowych.
- f) Przed anodowaniem należy usunąć elementy niemetalowe lub zabezpieczyć przed kontaktem z roztworem kwasu siarkowego.
- g) Stosować dodatkowe katody wewnętrzne do anodowania części z głębokimi wgłębieniami lub do wewnętrznych powierzchni rur, których stosunek długości do średnicy wewnętrznej jest większy niż 10:1.
- h) Częściami mokrymi można manipulować tylko w gumowych rękawiczkach, natomiast częściami suchymi tylko w czystych bawełnianych rękawiczkach.
- i) Szyny katodowe i anodowe utrzymywać w czystości.
- j) Powierzchnie anodowane należy całkowicie zanurzyć w kąpeli.
- k) Przy każdej partii części anodowanych na twardo, gdzie wymagane jest badanie mikrotwardości powłoki, należy anodować wraz z wsadem próbkę testową „świadka”. Próbkę „świadek” powinna być wykonana z tego samego materiału, co anodowana część i powinna posiadać tę samą klasę chropowatości, co część. Wymiar próbki: minimum 30 x 30 x 5 mm. Próbkę należy stosować do pomiaru grubości powłoki, jeżeli kształt lub wymiary nie pozwalają zmierzyć grubości powłoki na części. Próbkę powinna mieć wymiar umożliwiający 5-krotne przyłożenie sondy
- l) Powłokę anodową twardą można docierać poprzez obróbkę mechaniczną do zdjęcia maksimum 50 % jej grubości w celu dopasowania wymiarów części.

5.3. Wyroby niezgodne.

Postępować zgodnie z wymaganiami KJ-06 pkt 8.3.

Polskie Zakłady Lotnicze Spółka z o.o.	ANODOWANIE TWARDE Załącznik do KJ-06	KJ-06.01 Wyd:01	Strona 4 z 8
---	--	----------------------------------	---------------------

6. Opis postępowania.

6.1. Przebieg kwalifikacji procesu.

Proces anodowania twardego zaliczany jest do grupy procesów specjalnych, wymaga wstępnej i okresowej kwalifikacji w warunkach produkcyjnych.

W przypadku, gdy proces specjalny wykonywany według określonych wymagań u dostawcy, został zatwierdzony przez jedną z firm z korporacji do której należy PZL-Mielec, dopuszcza się automatyczne uznanie niniejszej kwalifikacji.

Dopuszcza się zatwierdzenie procesu specjalnego u dostawcy na podstawie jego procesu technologicznego po uprzednim zatwierdzeniu przez konstruktora Polskich Zakładów Lotniczych Sp. z o. o. Wówczas niniejszy proces specjalny u dostawcy ma status procesu zamrożonego. Każda zmiana w zatwierdzonym procesie wymaga ponownej akceptacji konstruktora.

Podczas wstępnej kwalifikacji dostawcy, Polskie Zakłady Lotnicze Sp. z o. o. zastrzegają sobie prawo uczestniczenia w procesie wykonywanym na częściach lub próbkach u nowego dostawcy, oraz możliwość wykonania w swoim zakładzie kontrolnych badań jakościowych na obrobionych przez dostawcę częściach lub próbkach.

Zespół kwalifikacyjny Polskich Zakładów Lotniczych Sp. z o. o. przeprowadza audit kwalifikacyjny procesu specjalnego u dostawcy zachowując następujące po sobie kroki działań:

a) Kontrola urządzeń i przegląd zapisów potwierdzenia metrologicznego

Sprawdzenie czy:

- urządzenie posiada wyposażenie pozwalające regulować parametry pracy procesu specjalnego z wymaganą dokładnością,
- całość wyposażenia pomiarowego przeznaczonego do kontroli przebiegu procesu (lub niektórych parametrów) znajduje się w miejscu odpowiednio zabezpieczonym przed wpływem agresywnych warunków atmosferycznych,
- stosowane materiały są zgodne z wymaganiami technicznymi i jakościowymi,
- istnieje zapis dotyczący okresowego przeglądu urządzeń oraz potwierdzenia metrologicznego używanego wyposażenia pomiarowego,
- proces nie narusza wymagań norm dotyczących ochrony środowiska, bezpieczeństwa pracy.

b) Przegląd dokumentów i instrukcji procesu specjalnego

Zespół kwalifikacyjny musi sprawdzić czy:

- dokumentacja techniczna niezbędna do wykonania procesu jest kompletna i aktualna,
- instrukcje technologiczne i jakościowe dotyczące danego procesu są opracowane w sposób dokładny i zrozumiały z uwzględnieniem w nich odnośnych wymagań; powinny one znajdować się na stanowisku pracy,
- zapewniono identyfikację wyrobów poprzez ich rejestrację na stanowisku pracy.

c) Wiedza i umiejętności praktyczne personelu

Zespół kwalifikacyjny musi sprawdzić czy:

- personel realizujący proces posiada wymaganą dokumentację kwalifikacyjną,
- personel jest uprawniony do wykonywania danego procesu,

- wszelkie zmiany stanu osobowego personelu są rejestrowane. Zmiana personelu może skutkować koniecznością wykonania powtórnej kontroli pierwszej sztuki.

d) Realizacja procesu specjalnego na próbkce lub wyrobie

Proces specjalny wykonuje się na próbkach lub wyrobach zgodnie z wymaganiami Polskich Zakładów Lotniczych Sp. z o. o. Należy sprawdzić kolejność wykonywania czynności oraz prawidłowość ustalania parametrów prowadzenia procesu. Sprawdzenie powinno również uwzględniać czy badania próbek i wyrobów wykonywane są na urządzeniach nadzorowanych i wzorcowanych.

e) Analiza wyników

Zespół kwalifikacyjny posiadający uprawnienia audytorów opracowuje raport z auditu u dostawcy. Dołącza również dokumenty przygotowane przez dostawcę podczas kwalifikacji wewnętrznej.

6.1.1. Zmiana w procesie specjalnym.

Każda zmiana dotycząca urządzenia, warunków użytkowania, instrukcji, personelu u dostawcy musi zostać zgłoszona przez właściciela procesu do kierownika komórki Zapewnienia Jakości Dostawcy Polskich Zakładów Lotniczych Sp. z o. o., który podejmie decyzje dotyczące potrzeb nowej kwalifikacji. Zmiana nie może zostać wprowadzona, aż do momentu otrzymania zezwolenia na zastosowanie zmiany.

Audit zespołu kwalifikacyjnego u dostawcy nie jest konieczny w przypadku, gdy proces specjalny prowadzony na nowym urządzeniu, uzyskał już wcześniej zakwalifikowanie na dotychczasowym urządzeniu. W tym przypadku decyzja o uzyskaniu zakwalifikowania może być wydana na podstawie kontroli dokumentów kwalifikacji wewnętrznej przekazanych przez dostawcę procesu.

6.2. Kontrola jakości serii produkcyjnej.

- a) Procesy kontrolne i odbiór końcowy części powinny potwierdzać zgodność z parametrami procesu kwalifikacyjnego.
- b) Przeprowadzać kontrolę wizualną części.
- c) Prowadzić zapisy ewidencyjne odbioru jakościowego.
- d) Czas przechowywania zapisów jakościowych (karty badań, sprawozdania, rejestry itp.) wynosi 10 lat lub 40 lat dla części krytycznych.
- e) Okresowo należy przeprowadzać analizy chemiczne kąpeli z częstotliwością gwarantującą jakość powłok. Wyniki analiz, uzupełnień oraz wymian kąpeli należy rejestrować
- f) Kontrolować parametry prądowe i temperatury procesu na miernikach.
- g) Wykonywać badania grubości i mikrotwardości powłoki anodowej do kontroli sterowania procesem.
- h) Przeprowadzać na częściach kontrolę grubości powłoki.
- i) Sprężone powietrze stosowane w procesie kontrolować na nieobecność zanieczyszczeń takich jak olej, woda itp.

6.2.1. Metody kontroli i wymagania.

- a) Części podlegają kontroli wizualnej, grubości powłoki i/lub twardości.

Polskie Zakłady Lotnicze Spółka z o.o.	ANODOWANIE TWARDE Załącznik do KJ-06	KJ-06.01 Wyd:01	Strona 6 z 8
---	--	----------------------------------	---------------------

b) Na próbkach przeprowadza się badania dla zatwierdzenia i sterowania procesem:

- kontrola grubości metodą mikroskopową
- kontrola mikrotwardości.

Wyniki zestawiane są w postaci sprawozdań z badań.

c) Określenie próbek.

Próbki powinny być obrobione wraz z częściami produkcyjnymi. Próbki do badań przed anodowaniem należy dokładnie obejrzeć. Nie powinny one posiadać widocznych zanieczyszczeń, wad takich jak korozja, wtrącenia i rozwarstwienia.

6.2.2. Kontrola części.

Uwaga: Kontrolę przeprowadzać w czystych bawełnianych rękawicach.

6.2.2.1. Kontrola wizualna powłoki anodowej.

- Kontrolę wizualną przeprowadzić na 100% części każdej partii produkcyjnej.
- Na częściach nie dopuszcza się miejsc niepoanodowanych (wyjątek stanowią miejsca styku z zaciskami wieszaka), głębokich zadrapań naruszających powłokę anodową, wytrawień (wżerów), pęcherzy, złuszczeń przy pocieraniu, jasnych plam będących oznaką nadtrawienia powłoki na skutek miejscowego rozgrzania.
- Kolor twardych powłok anodowych zależy od składu stopu i parametrów anodowania. Powłoki w zależności od gatunku materiału mogą być szare, zielone, czarne, brązowe, oliwkowe, z różną intensywnością barwy i różnymi odcieniami. Przy jednakowej grubości powłoki i różnej temperaturze jej wytwarzania odcień barwy zwykle jest inny (ciemniejszy przy niższej temperaturze).

6.2.2.2. Kontrola grubości powłoki anodowej.

- Grubość powłoki anodowej powinna odpowiadać wymaganiom dokumentacji konstrukcyjnej.
- Grubość powłoki anodowej twardej należy wykonać $51\mu\text{m} \pm 10\mu\text{m}$ dla zamówień wg norm MIL-A-8625 oraz AMS 2468 i AMS 2469.
- Części są zwalniane na podstawie pomiaru grubości powłoki anodowej na części, chyba że kształt lub wymiary części nie pozwalają na przeprowadzenie pomiaru. Wówczas należy stosować próbkę do procesu.
- Grubość powłoki anodowej na częściach produkcyjnych lub na próbce „świadku” należy mierzyć przyrządem prądowo-wirowym, lub innym odpowiednim przyrządem dopuszczonym przez PZL.
- Grubość powłoki może być również mierzona w laboratorium na szlifie poprzecznym metodą mikroskopową.
- W celu utrzymania procesu należy wykonać anodowanie na 3 próbkach z materiału 2024 T3 AMS-QQ-A-250/4 lub ze stopu stanowiącego większość produkcji w okresie miesiąca. Grubość powłoki nominalna. Wymiary próbek: dł. x szer. x gr. = 3 x 3 x 0,032 cala (76 x 76 x 0,8 mm).

Uwaga:

Po wydrukowaniu kopia jest nienadzorowana – przed zastosowaniem proszę sprawdzić jej aktualność!

Polskie Zakłady Lotnicze Spółka z o.o.	ANODOWANIE TWARDE Załącznik do KJ-06	KJ-06.01 Wyd:01	Strona 7 z 8
---	--	----------------------------------	---------------------

6.2.2.3. Kontrola twardości powłoki anodowej.

Mikrotwardość na stopach kategorii 1 (PN-EN 2536) minimum 300 HV 0,05 (kG/mm²), a na stopach kategorii 2 powinna wynosić minimum 250 HV0,05 (kG/mm²) dla grubości powłoki anodowej 25 do 42 mikrometrów.

W przypadku innych wymagań, wartość mikrotwardości powinna być określona w dokumentacji konstrukcyjnej lub uzgodniona między zamawiającym a wykonawcą.

Mikrotwardość powłoki anodowej sprawdza się na próbce świadku wykonanej z wsadem. Mikrotwardość powłoki powinna wynosić na stopach z dużą zawartością miedzi (PA7, D16; PA6, D1; PA33, AK-8) minimum 250 HV0,05 (250 kG/mm²), na stopach z niską zawartością miedzi minimum 300 HV0,05 (300 kG/mm²) chyba, że rysunek lub Karta Technologiczna podaje inaczej.

6.2.3. Kontrola próbek.

Zestawienie badań na próbkach świadkach procesu anodowania twardego dla serii produkcyjnej i sterowania procesem zamieszczono poniżej.

Rodzaj badań	Częstotliwość badań	Wymiary próbek [mm]	Ilość sztuk	Materiał
Grubość powłoki	Każdy wsad, gdy wymaga Karta Technologiczna	minimum 30 x 30 x 5	1	Taki sam jak wykonane części
Mikrotwardość	Każdy wsad, gdy wymaga Karta Technologiczna	minimum 30 x 30 x 5	1	Ta sama próbka, co dla pomiaru grubości

6.2.3.1 Kontrola grubości powłoki.

Kontrolę grubości powłoki anodowej twardej przeprowadzić metodą mikroskopową zgodnie z PN-EN ISO 1463 lub ASTM B487.

Grubość powłoki anodowej twardej na próbce powinna być zgodna z wymaganiami rysunku lub warunków technicznych części, z którymi była obrabiana.

6.2.3.2 Kontrola twardości.

Pomiar mikrotwardości powłoki anodowej należy przeprowadzić na zglądzie poprzecznym zgodnie z PN-EN ISO 4516 metodą Vickersa i Knoop'a.

6.2.3.3 Badanie odporności na ścieranie

Badanie odporności na ścieranie należy przeprowadzać na próbkach z anodą nieuszczelnioną, maksymalny ubytek masy (wskaźnik ścieralności) powinien wynosić: - dla stopów o zawartości miedzi 2% lub wyższej – 3,5 mg/1000 cykli, dla pozostałych stopów aluminium – 1,5 mg/1000cykli.

Polskie Zakłady Lotnicze Spółka z o.o.	ANODOWANIE TWARDE Załącznik do KJ-06	KJ-06.01 Wyd:01	Strona 8 z 8
---	--	----------------------------------	---------------------

Dwie próbki zważone z dokładnością do miligrama muszą być badane zgodnie z ASTM D 4060 z zastosowaniem tarcz CS-17 z obciążeniem 1000 gram przez 10 000 cykli. Tarcza musi się obracać po powłoce anodowej z prędkością 70 obrotów na minutę, przez 10 000 cykli. Tarcze ściernie muszą być odnawiane (przeszlifowane) co najmniej co 10 000 cykli. Wskaźnik ścieralności określany jest po 10 000 cykli przez podzielenie ubytku masy przez 10.

6.2.4. Kontrola procesu.

Kontrola procesu powinna być wykonana 1 raz w miesiącu. Dodatkowo, gdy proces nie jest wykonywany w okresie 1 miesiąca lub dłużej, wówczas na początku produkcji należy wykonać próbki.

Kontrola obejmuje poniższe badania na zgodność z normami:

1. Kontrola parametrów przebiegu procesu zgodnie z MIL-A-8625.
2. Wygląd powłoki zgodnie z PN-EN 2536.
3. Grubość powłoki zgodnie z EN-PN 2536 i MIL-A-8625.
4. Mikrotwardość zgodnie z EN-PN 2536.