Blachy aluminiowe EN AW-2017A T4/T451 (PA6)

Specyfikacja

Opis Produktu

EN AW-2017A (AlCu4MgSi(A)) to stop aluminium z serii 2000, w którym głównym składnikiem stopowym jest miedź (3,5–4,5%). Obecność Cu w połączeniu z magnezem i krzemem umożliwia hartowanie wydzieleniowe: po przesyceniu w ~500°C i starzeniu naturalnym (stan T4) uzyskuje się wytrzymałość na poziomie 390–460 MPa – zbliżoną do wielu gatunków stali konstrukcyjnej, przy gęstości zaledwie 2,79 g/cm³.

Oznaczenie T451 wskazuje, że blacha po operacji przesycania i hartowania została odprężona przez kontrolowane rozciąganie o 1,5–3%. Zabieg ten eliminuje naprężenia szczątkowe powstałe podczas chłodzenia. Efektem jest doskonała płaskość i stabilność wymiarowa: obrabiane elementy nie odkształcają się po frezowaniu nawet przy głębokich skrawaniach – co odróżnia T451 od stanu T4 (bez odprężania).

Skrawalność to najwyżej oceniany parametr 2017A. Gładkie wióry, niskie siły skrawania, możliwość wysokich prędkości obróbki i minimalne zużycie narzędzi sprawiają, że stop jest od dziesięcioleci wzorcowym materiałem przy produkcji precyzyjnych elementów tokarskich i frezarskich: sworzni, osi, tulejek, kształtek hydraulicznych.

Odporność korozyjna jest umiarkowana – zawartość miedzi zmniejsza ochronne właściwości tlenku aluminium. W środowiskach wilgotnych, solnych lub chemicznie agresywnych konieczna jest powłoka anodowa lub lakiernicza. Spawalność jest praktycznie wykluczona ze względu na podatność na gorące pękanie w spoinie (solidification cracking). Połączenia permanentne realizuje się przez nitowanie (historycznie stop stosowany przy konstrukcjach nitowanych w lotnictwie), skręcanie lub klejenie strukturalne.

Blachy oferowane w wielu grubościach od 2 do 80 mm.

KLUCZOWE PARAMETRY

R m [MPa]	R p0,2 [MPa]	Twardość HBW	Skrawalność	Gęstość [g/cm³]
300-390	200-260	100-110	5 / 5 ★	2,79

SKŁAD CHEMICZNY

Cu [%]	Mg [%]	Si [%]	Mn [%]	Fe [%]	Zn [%]	Zr+Ti [%]	Inne (każdy)	Inne (suma)	Al

3,5–4,5	0,4–1,0	0,2–0,8	0,4–1,0	max 0,7	max 0,25	max 0,25	max 0,05	max 0,15	reszta
miedź	magnez	krzem	mangan	żelazo	cynk	cyrkon + tytan	inne (każdy)	inne (suma)	glin

Wariant 2017A (z literą A) różni się od 2017 zwiększoną zawartością Mn i Mg – co przekłada się na lepszą wytrzymałość i skrawalność w porównaniu z podstawowym 2017 (D-Duralumin). Numer UNS A92017A dotyczy wyłącznie odmiany 2017A; stąd przy wymaganiach certyfikacyjnych zalecana weryfikacja składu w ateście 3.1 konkretnej dostawy. Dodatkowe limity wg EN 573-3: Cr maks. 0,10%, Ni maks. 0,10%, inne pierwiastki każdy maks. 0,05%, suma innych maks. 0,15%.

SPECYFIKACJA TECHNICZNA

Grubość [mm]	Stan	Rm [MPa]	Rp0,2 [MPa]	A [%]	Twardość HBW
≥ 0,4-1,5 mm	T4	≥ 390	≥ 245	A50≥ 14	≥ 110
≥ 1,5-6,0 mm	T4/T451	≥ 390	≥ 245	A50≥ 15	≥ 110
≥ 6,0-12,5 mm	T451	≥ 390	≥ 260	A50≥ 13	≥ 111
≥ 12,5-40,0 mm	T451	≥ 390	≥ 250	≥ 12	≥ 110
≥ 40,0-60,0 mm	T451	≥ 385	≥ 245	≥ 12	≥ 108
≥ 60,0-80,0 mm	T451	≥ 370	≥ 240	≥ 7	≥ 107
≥ 80,0-120,0 mm	T451	≥ 360	≥ 240	≥ 6	≥ 105

Przy grubościach powyżej 40 mm Rm może nieznacznie spaść z uwagi na mniejszy stopień przerobu plastycznego (efekt grubości).

Minimalne promienie gięcia

Materiał w stanie T451 jest twardy i ma ograniczoną plastyczność – gięcie na zimno niezalecane bez uprzedniego wyżarzenia.

Zalecane minimalne promienie gięcia (gięcie na zimno, stan T4 lub T451)

Grubość	Warianty dostępne w sklepie [mm]	Min. promień 90° [×t]	Min. promień 180° [×t]	Uwagi

≥ 1,5-3,0 mm	brak	3,5×t	nie zalecane	Możliwe. Duże ryzyko sprężynowania. Wymagany naddatek kąta.
≥ 0,4-1,5 mm	brak	3×t	3×t	-
≥ 1,5-6,0 mm	2,3,4,5	5×t	5×t	-
≥ 6,0-12,5 mm	6,8,10,12	8×t	nie zalecane	Gięcie możliwe z dużym promieniem. Zalecane wyżarzenie.
≥ 12,5-40 mm	15,20,25,30,35	nie zalecane	nie zalecane	Materiał przeznaczony do obróbki skrawaniem . Gięcie wykluczone.
≥ 40mm	40,50,60,70,80	nie zalecane	nie zalecane	Materiał przeznaczony do obróbki skrawaniem . Gięcie wykluczone.

W przypadku konieczności gięcia zaleca się wyżarzenie do stanu O (miękki, ~350°C/1h), wykonanie operacji gięcia, a następnie ponowne hartowanie wydzieleniowe (T4). Ewentualnie stosować gięcie na gorąco w temperaturze 200–300°C z zachowaniem ostrożności termicznej.

Właściwości fizyczne

Parametr	Wartość
Gęstość	2,79 g/cm³
Moduł Younga	72,5 GPa
Przewodność cieplna	193 W/mK
Współczynnik rozszerzalności cieplnej (20–100°C)	23,0 µm/mK
Przewodność elektryczna	34 % IACS
Zakres topnienia (solidus/likwidus)	507 / 641 °C
Maks. temperatura pracy ciągłej	130 °C

PARAMETRY TECHNOLOGICZNE (SKALA 1–5)

Parametr	Ocena
Skrawalność	5 / 5 ★
Spawalność MIG/TIG	1 / 5
Lutowanie twarde	3 / 5
Anodowanie dekoracyjne	3 / 5
Odporność na korozję	2 / 5
Gięcie	1 / 5
Plastyczność (A50)	3 / 5
Spawalność – WIG (TIG)	1 / 5
Nitowanie	5 / 5
Anodowanie ochronne	3 / 5
Anodowanie twarde	2 / 5
Odporność na korozję atmosferyczną	3 / 5
Polerowalność	4 / 5
Stabilność kształtu po obróbce CNC	4 / 5
Powtarzalność wymiarowa (produkcja seryjna)	4 / 5

Objaśnienie skali:

1 – brak możliwości / brak przydatności technologicznej

2 – ograniczone zastosowanie, wymaga ściśle kontrolowanych środków ostrożności

3 – średnia przydatność (standardowe trudności obróbcze)

4 – dobra charakterystyka (zalecane do większości zastosowań)

5 – charakterystyka wybitna (materiał optymalizowany pod dany proces)

OZNACZENIA I NORMY

Norma europejska – skład chemiczny	EN AW-2017A / AlCu4MgSi (A)
Werkstoffnummer	3.1325
Oznaczenie stanu	T451 — przesycony i odprężony przez rozciąganie 1,5–3% T4 - dla blach do grub. 4 mm
Norma mechaniczna – blachy	EN 485-1, EN 485-2 (właściwości mech.), EN 485-3 (tolerancje)
Norma ASTM (odpowiednik)	ASTM B209 (Alloy 2017A)

Nazwa handlowa / skrót	PA6, duraluminium
Tolerancja grubości	wg EN 485-1 (blachy grube i płyty)
Tolerancja płaskości	wg EN 485-1
Tolerancja cięcia formatu	-0 / +3 mm
Formaty fabryczne	1000×2000 mm, 1500×3000 mm

ZASTOSOWANIA

Przemysł maszynowy	Wały, tuleje, korpusy pomp, elementy hydrauliczne — wysoka wytrzymałość + dobra skrawalność
Lotnictwo i kosmonautyka	Strukturalne elementy kadłuba, wsporniki, kształtki (stop historycznie zatwierdzony w aviation)
Motoryzacja i motorsport	Części zawieszenia, tarcze, wsporniki silnikowe — dobry stosunek wytrzymałości do masy
Przemysł obronny	Elementy broni, części opancerzenia, komponenty uzbrojenia
Budowa maszyn CNC	Płyty podstawowe, stojaki, bloki narzędziowe — stabilność wymiarowa dzięki T451
Elektronika i przyrządy	Obudowy urządzeń, elementy precyzyjne wymagające twardości i dobrej obróbki

WAŻNE OGRANICZENIA

Spawanie niezalecane

— stop 2017A jest podatny na gorące pękanie w spoinie (solidification cracking). Połączenia permanentne: nitowanie, skręcanie, klejenie strukturalne.

Gięcie na zimno bardzo ograniczone

— materiał twardy (HBW ≥ 105). Gięcie wyłącznie przy dużych promieniach lub po uprzednim wyżarzeniu do stanu O.

Ograniczona odporność korozyjna

— zawartość Cu (3,5–4,5%) czyni stop wrażliwym na korozję galwaniczną i szczelinową w środowiskach wilgotnych. Zalecana anodyzacja lub powłoka ochronna.

Maks. temperatura pracy ciągłej 130°C

— powyżej tej temperatury możliwa relaksacja naprężeń T451 i spadek właściwości mechanicznych.

Brak dopuszczenia do kontaktu z żywnością

— Cu powyżej 1% wyklucza zastosowania w przemyśle spożywczym i farmaceutycznym.

Anodowanie dekoracyjne

– daje gorsze efekty niż w stopach 5xxx/6xxx — powłoka ciemnieje i jest mniej jednorodna ze względu na cząstki Cu w mikrosegregacji.

Porównaj z innymi stopami (wartości dla blach # 10 mm)

Właściwość	2017A T451 (PA6)	6082 T651 (PA4)	7075 T651 (PA9)	5083 H111 (PA13)
Rm [MPa]	≥ 390	≥ 280	≥ 540	≥ 270
Rp0,2 [MPa]	≥ 250	≥ 205	≥ 460	≥ 115
Skrawalność	5 / 5 ★	4 / 5	5 / 5 ★	3 / 5
Spawalność TIG/MIG	1 / 5	4 / 5	1 / 5	5 / 5 ★
Odporność atmosferyczna	2 / 5	4 / 5	2 / 5	5 / 5 ★
Podatność na gięcie	1 / 5	3 / 5	1 / 5	4 / 5
Anodowanie	3 / 5	4 / 5	3 / 5	4 / 5

★ = najlepsza ocena w danej kategorii spośród porównywanych stopów. Dane wg EN 485-2:2018, EN 573-3:2019 oraz ASM Handbook Vol. 2.