

Płyta aluminiowa precyzyjna EN AW-7075 T651

Specyfikacja

Opis Produktu

EN AW-7075 (AlZn5,5MgCu) to stop aluminium z serii 7000, w której głównym składnikiem stopowym jest cynk (5,1-6,1%) w połączeniu z magnezem (2,1-2,9%) i miedzią (1,2-2,0%). Trójskładnikowy układ Zn-Mg-Cu tworzy fazę umacniającą $MgZn_2$ (η') podczas starzenia sztucznego — to ona odpowiada za wyjątkową wytrzymałość mechaniczną $R_m \geq 540$ MPa przy gęstości jedynie $2,81$ g/cm³. Stosunek wytrzymałości do masy jest porównywalny z wieloma stalami stopowymi.

Oznaczenie T651 wskazuje na materiał przesycony (~ 470 – 480°C), zahartowany w wodzie, poddany sztucznemu starzeniu (110 – 125°C / 12 – 24 h + 165 – 180°C / 4 – 6 h) oraz odpężony przez kontrolowane rozciąganie o 1 – 3% . Dwuetapowe starzenie zapewnia peak-aging: optymalne wydzielenie fazy η' na granicach ziaren. Odpężenie eliminuje naprężenia szczątkowe po hartowaniu, dzięki czemu blachy T651 nie odkształcają się po głębokim frezowaniu — to kluczowa zaleta dla produkcji form i elementów precyzyjnych.

Precyzyjne blachy 7075 T651 są wytwarzane z zachowaniem zaokrąglonych tolerancji płaskości względem standardowych blach walcowanych. Powierzchnia po walcowaniu (rolled skin) zapewnia jednolitą twardość na całej powierzchni. Dzięki temu materiał jest preferowany do precyzyjnej obróbki CNC wielostronnej — elementy zachowują wymiary po zdjęciu z maszyny.

Spawalność konwencjonalna (MIG, TIG) jest wykluczona z uwagi na wysoką podatność na gorące pękanie w spoinie i skurcz pospawalniczy związany z szerokim zakresem solidus-likwidus (477 – 635°C). Jedyną techniką spawania akceptowalną jest spawanie tarciove FSW (Friction Stir Welding), które przebiega poniżej temperatury topnienia. Tradycyjne połączenia permanentne realizuje się przez nitowanie — metodę historycznie stosowaną w konstrukcjach lotniczych.

Odporność na korozję naprężeniową (SCC) w kierunku poprzecznym (ST) jest ograniczeniem stanu T651. Przy stałych naprężeniach rozciągających powyżej ok. 50% $R_{p0,2}$ w kierunku ST możliwe jest pękanie. Do zastosowań z trwałym obciążeniem w agresywnym środowisku zalecany stan T7351 (przestarzony), który kosztem $\sim 15\%$ wytrzymałości wyraźnie poprawia odporność na SCC.

Blachy precyzyjne 7075T651 oferowane w admetal.pl dostępne są w grubościach 10, 12, 15, 20, 25, 30 i 40 mm. Każda dostawa objęta atestem materiałowym 3.1 wg EN 10204. Możliwość cięcia na wymiar na życzenie klienta.

KLUCZOWE PARAMETRY

Rm [MPa]	Rp0,2 [MPa]	Twardość HBW	Skrawalność	Gęstość [g/cm³]
----------	-------------	--------------	-------------	-----------------

530- 540	460-470	≥ 158	5/5	2,81
----------	---------	-------	-----	------

SKŁAD CHEMICZNY

Zn	Mg	Cu	Cr	Fe	Si	Mn	Ti	Inne (każdy)	Inne (suma)	Al
5,1-6,1	2,1-2,9	1,2-2,0	0,18-0,28	max 0,50	max 0,40	max 0,30	max 0,20	max 0,05	max 0,15	reszta
cynk	magnez	miedź	chrom	żelazo	krzem	mangan	tytan	inne (każdy)	inne (suma)	glin

SPECYFIKACJA TECHNICZNA

Grubość	Warianty w sklepie	Rm min [MPa]	Rp0,2 min [MPa]	A50 min [%]	Twardość HBW
Wytrzymałość na rozciąganie Rm		≥ 3,0-6 mm	≥ 545 MPa	≥ 475 MPa	≥ 8 % 163
≥ 6-12,5 mm		10,12	≥ 540 MPa	≥ 460 MPa	≥ 8 % 160
≥ 12,5-25 mm		15,20	≥ 540 MPa	≥ 470 MPa	A ≥ 8 % 161
≥ 25,0-50,0 mm		25,30,40	≥ 530 MPa	≥ 460 MPa	A ≥ 5 % 158

Efekt grubości jest widoczny powyżej 25 mm: Rm spada z ≥540 MPa do ≥530 MPa z uwagi na wolniejsze chłodzenie rdzenia podczas hartowania w wodzie. Wartości podane dla kierunku L (wzdłuż walcowania) — w kierunku poprzecznym (LT) Rp0,2 może być niższy o 5-10%.

Zalecane minimalne promienie gięcia

Grubość	Min. promień (wzdłuż włókien)		Min. promień (w poprzek włókien)	Uwaga
10-12	7xt	8xt	Gięcie bardzo trudne - ryzyko pęknięć	
15-20	8xt	10xt	Gięcie niezalecane bez wyżarzania	
25-40	-	-	Niezalecane -ewentualnie tylko po wyżarzeniu do stanu O	

7075 T651 jest jednym z najtrudniejszych stopów aluminium do gięcia. Podane wartości mają charakter orientacyjny i są granicami bezpieczeństwa — w praktyce dla grubości ≥ 15 mm gięcie na zimno jest niemal zawsze niezalecane.

W przypadku konieczności gięcia: wyżarzyć do stanu O (~415°C / 2-3 h, chłodzenie ≤30°C/h do 230°C), następnie giąć, a potem ponownie przesycić i postarzyć do T6. Alternatywnie gięcie na gorąco w 200-300°C z kontrolowaną prędkością.

Właściwości fizyczne

Parametr	Wartość
----------	---------

Gęstość	2,81 g/cm ³
Moduł Younga	72 GPa
Przewodność cieplna	130 W/mK
Współczynnik rozszerzalności cieplnej (20-100°C)	23,4 µm/mK
Przewodność elektryczna	≈33 % IACS
Zakres topnienia (solidus/likwidus)	477 / 635 °C
Maks. temperatura pracy ciągłej	90 °C

„Przewodność cieplna 130 W/(m·K) i elektryczna ~33% IACS to wartości typowe dla stopu 7075-T651 — wyraźnie niższe niż w stopach czystych (1xxx) czy magnezowo-krzemowych (6xxx) z uwagi na rozliczne wydzielenia MgZn₂ rozpraszające elektrony i fonony.”. Maks. temperatura pracy ciągłej 90°C — powyżej możliwe przestarzenie (over-ageing) i nieodwracalny spadek wytrzymałości.

PARAMETRY TECHNOLOGICZNE (SKALA 1-5)

Parametr	Ocena
Skrawalność	4 / 5
Spawalność MIG	1 / 5
Spawalność TIG (WIG)	1 / 5
Nitowanie	5 / 5 ★
Lutowanie twarde	1 / 5
Anodowanie ochronne	3 / 5
Anodowanie dekoracyjne	2 / 5
Anodowanie twarde	4 / 5
Odporność na korozję atmosferyczną	2 / 5
Odporność na korozję naprężeniową (SCC)	2 / 5
Kontakt z żywnością	NIE
Gięcie	1 / 5
Tłoczenie / głębokie ciągnięcie	1 / 5
Polerowalność	4 / 5
Stabilność kształtu po obróbce CNC	5/5 ★
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-7075 / AlZn5,5MgCu
Werkstoffnummer (dawne oznaczenie niemieckie)	3.4365
Nazwa handlowa / skrót	Fortal, Ergal, aluminium lotnicze
ASTM	ASTM B209 (Alloy 7075)
Norma wyrobu (blachy)	EN 485-1, EN 485-2 (właściwości mech.), EN 485-3 (tolerancje)
Atesty	EN 10204 typ 3.1 (weryfikacja wsadu)
Stan dostawy	T651 — przesycany, hartowany, starzony sztucznie + odpężony przez rozciąganie 1-3%
Tolerancja cięcia formatu	-0 / +3 mm
Dopuszczenie żywnościowe	Brak — Cu > 1% wyklucza kontakt z żywnością (niezgodne z EN 602)
Formaty fabryczne (najczęściej stosowane)	1000×2000 mm

ZASTOSOWANIA

Lotnictwo i kosmonautyka	Wzmocnienia skrzydeł, żebra, stringery, elementy kadłuba — najwyższy stosunek wytrzymałości do masy spośród powszechnych stopów Al
Przemysł obronny i zbrojeniowy	Części broni, elementy opancerzenia, komponenty rakiet i pocisków — wysoka wytrzymałość + niska masa
Motoryzacja i motorsport	Części zawieszenia, tłoki, kołnierze — wymagania wytrzymałościowe klasy lotniczej
Budowa form i oprzyrządowania	Formy do tworzyw sztucznych, matryce, bloki bazowe CNC — stabilność wymiarowa T651 + łatwa obróbka
Sport i rekreacja	Ramy rowerów górskich, sprzęt wspinaczkowy, narty, kije golfowe — lekkość + wytrzymałość

Przemysł maszynowy (precyzyjny)

Wrzeczona, uchwyty precyzyjne, płyty bazowe — tam gdzie 6082 nie wystarcza wytrzymałościowo

WAŻNE OGRANICZENIA

Spawanie konwencjonalne niezalecane

stop 7075 jest podatny na gorące pękanie w spoinie (solidification cracking) i skurcz pospawalniczy.

Jedyna akceptowalna technika: spawanie tarciove FSW. Połączenia stałe: nitowanie, skręcanie, klejenie strukturalne.

Maks. temperatura pracy ciągłej 90°C

powyżej tej temperatury następuje przestarzenie (over-ageing): wydzielin MgZn₂ koalescują (łączenie się mniejszych cząstek w większe), co powoduje nieodwracalny spadek R_m i R_{p0,2}. Krótkotrwale do 110-125°C.

Podatność na korozję naprężeniową SCC w kierunku ST

przy stałych naprężeniach rozciągających w kierunku poprzecznym (ST) — szczególnie w środowiskach chlorkowych lub wilgotnych. Dla zastosowań z trwałym obciążeniem zalecany stan T7351.

Gięcie na zimno w T651 wykluczone dla grubości ≥ 15 mm

materiał bardzo twardy i kruchy w stanie T651. Gięcie wyłącznie po wyżarzeniu do stanu O lub na gorąco.

Brak dopuszczenia do kontaktu z żywnością

Cu > 1% wyklucza zastosowania w przemyśle spożywczym i farmaceutycznym (niezgodne z EN 602).

Anodowanie dekoracyjne nieefektywne

wysoka zawartość Zn i Cu powoduje ciemną, niejednorodną powłokę. 7075 nie jest stopem przeznaczonym do zastosowań estetycznych.

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

Właściwość	EN AW-7075 T651 (PA9)	EN AW 2017A T451 (PA6)	EN AW 6082 T651 (PA4)	EN AW 5083 H111 (PA13)
R _m [MPa]	≥ 540 ★	≥ 390	≥ 300	≥ 270
R _{p0,2} [MPa]	≥ 460 ★	≥ 260	≥ 255	≥ 115
Skrawalność		4/5	5/5 ★	4/5
Spawalność		1/5	1/5	4/5
Odporność na korozję		3/5	3/5	4/5
Gięcie	1/5	1/5	3/5	4/5 ★
Anodowanie dekoracyjne			2/5	3/5