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 Rm ≥ 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 odprężony przez kontrolowane rozciąganie o 1–3%. Dwuetapowe starzenie zapewnia peak-aging: optymalne wydzielenie fazy η’ na granicach ziaren. Odprężenie 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 zaostrzonych 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 tarciowe 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% Rp0,2 w kierunku ST możliwe jest pękanie. Do zastosowań z trwałym obciążeniem w agresywnym środowisku zalecany stan T7351 (przestarzony), który kosztem ~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	7×t	8×t	Gięcie bardzo trudne – ryzyko pęknięć
15–20	8×t	10×t	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/cm³
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 ciągnienie	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 — przesycony, hartowany, starzony sztucznie + odprężony 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)	Wrzeciona, 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 tarciowe FSW. Połączenia stałe: nitowanie, skręcanie, klejenie strukturalne.

Maks. temperatura pracy ciągłej 90°C
powyżej tej temperatury następuje przestarzenie (over-ageing): wydzieliny $MgZn_2$ koalescują (łączenie się mniejszych cząstek w większe) , co powoduje nieodwracalny spadek Rm i Rp0,2. 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)
Rm [MPa]	≥ 540 ★	≥ 390	≥ 300	≥ 270
Rp0,2 [MPa]	≥ 460 ★	≥ 260	≥ 255	≥ 115
Skrawalność	4/5	5/5 ★	4/5	3/5
Spawalność	1/5	1/5	4/5	5/5 ★
Odporność na korozję	3/5	3/5	4/5	5/5 ★
Gięcie	1/5	1/5	3/5	4/5 ★
Anodowanie dekoracyjne	2/5	3/5	4/5	4/5