Pręt/Wałek aluminiowy okrągły EN AW-7075 T6/T6511

Specyfikacja

Opis Produktu

Pręty EN AW-7075 produkowane są przez wytłaczanie (extrusion) i ciągnienie, a następnie poddawane obróbce cieplnej T6: przesycanie w ok. 465–475°C, gwałtowne hartowanie w wodzie lub polimero-wodzie i sztuczne starzenie w 120°C przez 24 godz. (lub 2-stopniowe: 100°C + 175°C). Stan T6511 dodatkowo obejmuje prostowanie poprzeczne (stretching 1–3 %) po hartowaniu, co redukuje naprężenia wewnętrzne i poprawia prostoliniowość – szczególnie ważne dla długich wałków i obróbki CNC głębokich wnęk.

Mechanizm wytrzymałości oparty jest na umocnieniu wydzieleniowym fazy $MgZn_2$ (η′) i T-fazy ($Mg_3Zn_3Al_2$). Miedź (Cu 1,2–2,0 %) zwiększa wytrzymałość i odporność na korozję naprężeniową (SCC), ale obniża spawalność do poziomu 1/5 . Lutowanie twarde jest jedyną praktyczną metodą łączenia termicznego. Alternatywnie: klejenie strukturalne lub mechaniczne (śruby, nity z tytanu lub aluminium – nie stali, ryzyko galwaniczne).

Odporność na korozję 7075-T6 jest niska – stop jest wrażliwy na korozję wżerową, międzykrystaliczną i naprężeniową (SCC). Wymagana ochrona: anodowanie twarde (30–50 µm), chromianowanie (Alodine/Surtec 650), powłoka epoksydowa lub lakier podkładowy. Bez ochrony materiał nie nadaje się do środowisk wilgotnych, chlorkowych ani morskich.

Kluczowe parametry (dla stanów T6 oraz T6511)

R m [MPa]	R p0,2 [MPa]	Twardość HBW	Gęstość [g/cm³]	Skrawalność
440-560 MPa	400-480 MPa	150	2,81	5/5

SKŁAD CHEMICZNY

Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Inne (każdy)	Inne (suma)	Al
max 0,4	max 0,5	1,2-2,0	max 0,3	2,1-2,9	0,18-0,28	5,1-6,1	max 0,25	max 0,05	max 0,15	reszta
krzem	żelazo	miedź	magnez	mangan	chrom	cynk	tytan	inne (każdy)	inne (suma)	glin

Norma bazowa: EN 573-3. Dominujące pierwiastki stopowe: Zn 5,1–6,1 % + Mg 2,1–2,9 % + Cu 1,2–2,0 % – tworzą wydzielenia $MgZn_2$ (η′) i T-fazy odpowiedzialne za wyjątkową wytrzymałość. Cr 0,18–0,28 %

hamuje rekrystalizację i poprawia odporność na SCC. Niska zawartość Mn (max 0,30 %) – różnica vs. 7050 i 7055. Uwaga: stop 7075 identyczny z ASTM Alloy 7075.

Specyfikacja techniczna

Parametr	T6/T6511 (Ø ≤ 25 mm)	T6/T6511 (25 mm < Ø ≤ 100 mm)	T6 / T6511 (100 mm < Ø ≤ 150 mm)	T6 / T6511 (150 mm < Ø ≤ 200 mm)
Wytrzymałość na rozciąganie Rm	≥ 540 MPa	≥ 560 MPa	≥ 550 MPa	≥ 440 MPa *
Granica plastyczności Rp0,2	≥ 480 MPa	≥ 500 MPa	≥ 440 MPa	≥ 400 MPa *
Twardość HBW	150	150	150	150
Wydłużenie A	≥ 7 %	≥ 7 %	≥ 5 %*	≥ 5 %*
Moduł sprężystości E	71–72 GPa	71–72 GPa	71–72 GPa	71–72 GPa
Wytrzymałość zmęczeniowa (R = -1)	~160 MPa (10^8 cykli)	~160 MPa (10^8 cykli)	~140 MPa *	~140 MPa *

** Efekt grubościenności (quench sensitivity) – duże przekroje chłodzą się wolniej podczas hartowania, co obniża gęstość wydzieleń umacniających w rdzeniu. Przy Ø > 150 mm zalecane uzgodnienie wymagań mechanicznych z dostawcą i atest EN 10204 3.1.*

Tolerancje średnicy i dostępne wymiary dla prętów wyciskanych w EN AW-7075T6/T6511

Ø od [mm]	do , włącznie Ø [mm]	Warianty w sklepie [mm]	Tolerancja Ø [mm]
8	18	10, 15	+/- 0,3
18	25	20, 25	+/- 0,35
25	40	30, 35, 40	+/- 0,35
40	50	50	+/- 0,45
50	65	60	+/- 0,50
65	80	70, 80	+/- 0,70
80	100	90, 100	+/- 0,90
100	120	110, 120	+/- 1,0
120	150	130, 140, 150	+/- 1,2

150	180	170,180	+/- 1,4
180	220	200	+/- 1,7
220	270	250	+/- 2,0
270	320	300	+/- 2,5

Tolerancja długości cięcia: -0 / +5 mm. Prostość: od ≤ 2 mm/m dla średnic od fi 8 do fi 120 mm poprzez ≤ 3 mm/m dla średnic od fi 120 do 200 mm i ≤ 6 mm/m dla średnic od fi 200 do 320 mm). Pręty T6511 zalecane do obróbki CNC i form wtryskowych – mniejsze naprężenia wewnętrzne, mniejsze odkształcenia po frezowaniu.

Tolerancje średnicy i dostępne wymiary dla prętów ciągnionych w EN AW-7075T6

Ø od [mm]	do , włącznie Ø [mm]	Warianty w sklepie [mm]	Tolerancja Ø [mm]
3	6	-	+0,00/- 0,08
6	10	10	+0,00/- 0,09
10	18	15	+0,00/- 0,11
18	30	20	+0,00/- 0,13
30	50	-	+0,00/- 0,16
50	65	-	+0,00/- 0,19
65	80	-	+0,00/- 0,30
80	100	-	+0,00/- 0,35

Tolerancja długości cięcia: -0 / +5 mm. Prostoliniowość: ≤ 2 mm/m dla średnic od fi 10 mm do 100 mm. Pręty T6511 zalecane do obróbki CNC i form wtryskowych – mniejsze naprężenia wewnętrzne, mniejsze odkształcenia po frezowaniu.

Właściwości fizyczne

Parametr	Wartość
Gęstość	2,81 g/cm³
Moduł sprężystości E	71–72 GPa
Moduł sprężystości G	26,9 GPa
Przewodność cieplna	130–140 W/mK
Rozszerzalność cieplna	23,4 µm/mK
Ciepło właściwe	875 J/kgK

Temperatura pracy ciągła / chwilowa	80°C / 150°C
Przewodność elektryczna	33–38 % IACS
Zakres topnienia (solidus/likwidus)	477 / 635 °C
Wytrzymałość właściwa (Rm/ρ)	~185 kN·m/kg (wśród najwyższych w Al)

PARAMETRY TECHNOLOGICZNE (SKALA 1–5)

Parametr	Ocena
Skrawalność	5 / 5
Anodowanie twarde (hard anodizing)	5 / 5
Anodowanie ochronne (Alodine / chromianowanie)	3 / 5
Anodowanie dekoracyjne	2 / 5
Polerowalność	4 / 5
Stabilność kształtu po obróbce CNC (T6511)	4 / 5
Stabilność kształtu po obróbce CNC (T6)	3 / 5
Stabilność kształtu po gięciu	2 / 5
Odporność na korozję (ogólna)	2 / 5
Odporność na korozję (atmosferyczna)	2 / 5
Odporność na korozję (naprężeniowa)	2 / 5
Odporność na korozję (morska)	1 / 5
Kontakt z żywnością	NIE
Spawalność – WIG (TIG)	1 / 5
Spawalność – MIG	1 / 5
Lutowanie twarde	3 / 5
Powtarzalność wymiarowa (produkcja seryjna)	5 / 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)

Zalecane parametry skrawania (skrawalność 5/5)

Stop 7075-T6 jest materiałem wzorcowym pod względem skrawalności – ostry, kruchy wiór, minimalna tendencja do przyklejania, doskonała jakość powierzchni Ra ≤ 0,4 µm przy wykończeniu. Poniższe parametry są punktem wyjścia – optymalizować wg konkretnego narzędzia i centrum CNC:

Operacja	Prędkość skrawania vc [m/min]	Posuw fz [mm/ząb]	Chłodziwo	Narzędzie
Toczenie zgrubne	400–800	0,20–0,40 mm/obr	Emulsja lub sucho	VHM lub PKD, γ > 15°
Toczenie wykończeniowe	600–1200	0,05–0,15 mm/obr	Emulsja / MQL	PKD, Rε = 0,4–0,8 mm
Frezowanie zgrubne	500–1000	0,10–0,25	Emulsja lub sucho	VHM 3-ostrzowe, helix 35–45°
Frezowanie wykończeniowe	800–2000	0,03–0,08	MQL lub sucho	VHM 2-ostrzowe polerowane
Wiercenie	80–200	0,05–0,20 mm/obr	Emulsja wewnętrzna	VHM lub HSS-E, kąt 130–140°
Gwintowanie	20–60 m/min	-	Emulsja	VHM lub HSS-E z TiAlN

VHM = węglik spiekany monolityczny; PKD = polikrystaliczny diament; MQL = minimalne smarowanie (mgła olejowa). Unikać narzędzi HSS przy dużych prędkościach – ryzyko termicznego uszkodzenia krawędzi skrawającej. Przy obróbce Ø > 100 mm stosować mocowania o zwiększonym tłumieniu drgań.

OZNACZENIA I NORMY

Norma europejska – skład chemiczny	EN 573-3 (AlZn5,5MgCu)
Werkstoffnummer	3.4365
UNS (ameryk.)	A97075
Oznaczenie stanu	T6 (przesycony + sztuczne starzenie) / T6511 (prostowany + T6)
Norma mechaniczna – pręty	EN 755-2
Nazwa handlowa / skrót	7075-T6, duralumin lotniczy, Ergal (IT), Fortal (FR)
Tolerancja długości cięcia	-0 / +5 mm
Prostoliniowość	od ≤ 2 mm/m dla średnic do fi 120 mm do ≤ 6 mm dla fi 200 do 320 mm
Formaty fabryczne (długości)	2500-3500 mm (najczęściej ok. 3000 mm)
Temperatura przesycania	465–475 °C / hartowanie woda lub polimer

Temperatura starzenia T6	120–125 °C / 24 godz. (lub 2-stopniowe)
Normy lotnicze (informacyjnie)	AMS 2770 (obróbka cieplna), AMS-QQ-A-225/9, DTD 5124

ZASTOSOWANIA

Lotnictwo i kosmonautyka	Elementy płatowców, żebra skrzydeł, wzmocnienia kadłuba, wsporniki silnika – Rm ~2× wyższe niż 6082 przy tej samej masie.
Formy wtryskowe (tworzyw sztucznych)	Gniazda formujące, płyty stałe i ruchome, trzpienie – skrawalność 5/5 i twardość HBW 150–175 skraca czas obróbki i wydłuża trwałość formy.
Przemysł obronny i zbrojeniowy	Łoże karabinów, elementy broni, obudowy celowników, korpusy dronów bojowych – normowane AMS i DTD.
Motorsport i wyścigi	Wahacze, sworznie, widelce rowerowe, piasty kół wyścigowych – stosunek Rm/masa najwyższy w Al.
Precyzyjna obróbka CNC	Wałki, tuleje, elementy automatyki, korpusy uchwytów – skrawalność 5/5, Ra ≤ 0,4 µm bez polerowania.
Sprzęt sportowy	Ramy rowerów górskich, elementy sprzętu wspinaczkowego, karabińczyki – normy UIAA/EN 12275.
Prototypowanie wysokiej klasy	Modele funkcjonalne, elementy zastępcze odkuwek i odlewów – szybka obróbka, pełne właściwości mechaniczne.

WAŻNE OGRANICZENIA

⚠ **Spawalność – praktycznie wykluczona (1/5)**

Stop 7075 zawiera Cu 1,2–2,0 % i Zn 5,1–6,1 % – oba pierwiastki drastycznie poszerzają zakres krzepnięcia i powodują pęknięcia gorące w spoinie oraz SHZ. Spawanie TIG/MIG jest w praktyce wykluczone bez specjalnych spoiw i procedur (wynik: krucha, porowata spoina o Rm < 150 MPa). Dopuszczone metody łączenia: klejenie strukturalne (Loctite EA, 3M DP490), nitowanie tytanem lub aluminium (nigdy stalą – korozja galwaniczna), śruby AlSi lub tytanowe, zgrzewanie tarciowe FSW (4/5 – akceptowane w przemyśle lotniczym). Lutowanie twarde możliwe (T = 480–580°C) z ograniczeniami termicznymi.

⚠ **Odporność na korozję – obowiązkowa ochrona powierzchni**

Stop 7075-T6 wykazuje niską odporność na korozję wżerową (pitting) i korozję naprężeniową (SCC) – szczególnie w środowiskach chlorkowych, morskich i wilgotnych. Bez ochrony powierzchni nie nadaje się

do użytku zewnętrznego. Wymagane: anodowanie ochronne (Alodine/Surtec 650 – klasa 1C wg MIL-DTL-5541), anodowanie twarde (min. 30 µm, uszczelnienie w gorącej wodzie lub PTFE), powłoka epoksydowa lub podkład chromianowy + lakier. Kontakt z nieizolowaną stalą lub miedzią – korozja galwaniczna; stosować przekładki z PTFE lub anodowany Al.

⚠ **Temperatura pracy – max 80°C ciągłe; nadstarzanie powyżej 120°C**

Stan T6 uzyskiwany jest przez starzenie w 120°C/24 godz. – dalsza ekspozycja w tej temperaturze lub wyżej powoduje nadstarzanie (overageing): wydzielenia $MgZn_2$ koagulują, Rm spada o 10–30 %. Przy pracy ciągłej w 80°C właściwości stabilne przez wiele lat. Powyżej 120°C (nawet chwilowo) – weryfikować wpływ na właściwości z inżynierem materiałowym. Do zastosowań w temp. > 100°C rozważyć stan T73 (wyżarzone nadstarzanie) – niższe Rm (~420 MPa), lecz wyższa odporność na SCC i temperaturę.

⚠ **Efekt grubościenności (quench sensitivity) przy Ø > 150 mm**

Pręty o Ø > 150 mm hartują się wolniej w rdzeniu podczas chłodzenia po przesycaniu – gęstość wydzieleń umacniających w centrum przekroju jest niższa. Rm i Rp0,2 w rdzeniu mogą być o 5–15 % niższe niż na obwodzie i niższe niż minimalne wartości EN 755-2. Przy elementach krytycznych (przemysł lotniczy, zbrojeniowy, formy dużych gabarytów) wymagane: badania ultradźwiękowe (UT klasa A wg EN 2094) oraz atest EN 10204 3.1 z wynikami prób z konkretnej partii. Przy projektowaniu zachować odpowiedni zapas wytrzymałości.

⚠ **Gięcie – wykluczone w stanie T6 dla Ø > 20 mm**

Stan T6 charakteryzuje się niską ciągliwością plastyczną przy wysokiej granicy plastyczności. Gięcie prętów Ø > 20 mm na zimno jest praktycznie niemożliwe bez ryzyka pęknięcia. Dla prętów małych średnic (Ø 10–20 mm): minimalne promienie gięcia 4–6×D w stanie T6. Alternatywnie: wyżarzenie do stanu O (415°C/30 min + powolne chłodzenie < 15°C/h), uformowanie (min. R = 1×D), następnie pełny cykl T6 – wymagane specjalistyczne piece i kontrola temperatury.

Porównaj z innymi stopami

Właściwość	EN AW-7075-T6	EN AW-2017A-T4	EN AW-6082-T6	EN AW-2024-T4	EN AW-5083-H111
Rm [MPa]	440-540 ★★	360-400 ★	270-310	400-450★	260-270
Skrawalność	5/5 ★	5/5 ★	4/5	4/5	3/5
Spawalność TIG/MIG	1/5	1/5	5/5 ★	1/5	5/5 ★
Odporność na korozję	2/5	2/5	4/5	2/5	5/5 ★★
Anodowanie dekoracyjne	2/5	2/5	5/5 ★	3/5	4/5
Kontakt z żywnością	NIE	NIE	TAK ★	NIE	TAK ★

Masa właściwa [g/cm³]	2,81	2,79	2,70 ★	2,78	2,66 ★★
Wytrzymałość właściwa	~185 kN·m/kg ★★	~140 kN·m/kg	~114 kN·m/kg	~153 kN·m/kg ★	~102 kN·m/kg

★ = najlepsza ocena w kategorii. ★★ = wyróżniająco najwyższa wartość. Dane wg EN 573-3, EN 755-2 i specyfikacji producentów. Wytrzymałość właściwa = Rm / gęstość.