

Metale nieżelazne

Własności śrub i nakrętek ze stopów aluminium

Niewiążące dane zależnie od producenta

Wartości w tabeli dla: gęstości = 2,8 kg/dm³, współczynnika rozszerzalności cieplnej = 23,6 · 10⁻⁶ · K⁻¹, modułu sprężystości podłużnej = 70000 N/mm²

Oznaczenie materiału EN AW-	Numer materiału EN AW-	Oznaczenie		Dane Bossard	Stan wykonania śrub / nakrętek ³⁾ EN 515	R _{p0,2} [N/mm ²] min.	R _m [N/mm ²] min.	A ²⁾ [%] min.	Zastosowanie / przydatność
		DIN 209-1 Numer materiału	EN 28839						
Al Mg5	5019	3.3555	AL 2	–	po przeróbce plastycznej na miękko	200	280–310	6	bardzo wysoka odporność na korozję, odporne na działanie wody morskiej, niska wytrzymałość
Al Si1 Mg Mn	6082	3.2315	AL 3	–	hartowane T6	250	310	7	bardzo wysoka odporność na korozję, średnia wytrzymałość
Al Mg SiCu Mn	6056	–	AL 9	–	hartowane T6	360	420	8	wysoka odporność na korozję, maksymalna wytrzymałość z dobrą plastycznością
Al Mg Si	6060	–	(–AL 3)	P40	hartowane T8	240	270	6	części łączące Bossard
Al Mg1 Si 0,8 Cu Mn	6013	–	–	–	hartowane T8	370	400	10	jeszcze dobra odporność na korozję, dobra wytrzymałość
Al Cu4 Mg Si	2017	3.1325	AL 4	–	hartowane T6	290	420	6	złącza o wysokiej wytrzymałości ale najniższa odporność na korozję ¹⁾
Al Zn6 Cu Mg Zr	7050	3.4144	–	–	hartowane T73	400	500	6	złącza o wysokiej wytrzymałości ale najniższa odporność na korozję ¹⁾
Al Zn5,5 Mg Cu	7075	3.4365	AL 6	–	hartowane T73	440	510	7	złącza o wysokiej wytrzymałości ale najniższa odporność na korozję ¹⁾
Al Zn5,5 Mg Cu	7075	3.4364	(–) (–AL 6)	P65 P60	hartowane T6 hartowane T73	460 420	530 490	7 11	części łączące Bossard DIN 931, DIN 7985, DIN 975

¹⁾ Wysoka podatność na korozję naprężeniową dzięki wysokiej zawartości miedzi

²⁾ Wydłużenie przy zerwaniu A – badanie śruby z długością zaciskania 2 x d

³⁾ T6 – Wyżarzane rozpuszczająco i sztucznie starzone

T8 – Wyżarzane rozpuszczająco, obrabiane plastycznie na zimno i sztucznie starzone

T73 – Wyżarzane rozpuszczająco i przesypane (sztucznie starzone) w celu uzyskania optymalnej odporności na korozję naprężeniową

Właściwości aluminium w porównaniu

Niewiążące dane zależnie od producenta

Oznaczenie materiału	Temperatura topnienia [°C]	Gęstość ρ [kg/dm ³]	Przewodność termiczna [W/m·K]	Przewodność elektryczna [m/Ω·mm ²]	Wytrzymałość na zerwanie [N/mm ²]
Alu 7075 (AL6)	635	2,81	130	19,1	510
Al Zn5,5 Mg Cu P60 (–AL 6)	–	2,7	–	33,3	490
Al Zn5,5 Mg Cu P65 (–AL 6)	–	2,7	–	33,3	530
Stal nierdzewna 304	1450	7,9	15	1,37	700
Miedź	1080	8,94	390	57	235
Mosiądz	890	8,5	8500	14,3	370
Poliamid PA6	220	1,13	0,24	10 ⁻¹⁷	80

Własności śrub i nakrętek ze stopów miedzi

Niewiążące dane zależnie od producenta

Oznaczenie materiału	Numer materiału	oznaczenie wg EN 28839	Stan struktury $F = R_m/10$	Gęstość ρ [kg/dm ³]	Przewodność elektryczna $\left[\frac{m}{\Omega \cdot mm^2} \right]$	Współczynnik rozszerzalności cieplnej a 30/100 °C $\left[\frac{mm}{mm \cdot K} \right]$	Własności mechaniczne przy 20 °C ³⁾				Zastosowanie / przydatność
							R _{p0.2} [N/mm ²] min.	R _m [N/mm ²] min.	A ₅ ²⁾ [%] min.	Moduł sprężystości podłużnej E [N/mm ²]	
E-Cu 58 OF-Cu	2.0065 2.0040	Cu 1	F20 miękka F20 ¹⁾	8,94	58,0 56,0	17,0 · 10 ⁻⁶	150 320	200 350	40 7	110 000	części o wysokiej przewodności elektrycznej
Cu-ETP E-Cu57	2.0060	Cu 1	-	8,94	-	-	160	240	14	-	-
CuZn37 (mosiądz)	2.0321 · 10 2.0321 · 26	Cu 2	F29 miękka F37 ¹⁾	8,44	15,5	20,2 · 10 ⁻⁶	250 250	290 370	45 27	110 000	typowe złącza
CuZn37 (MS 63)	2.0321	Cu 2	-	8,44	-	-	250	370	19	-	-
CuZn39 Pb3 (MS 58)	2.0401	Cu 3	-	-	-	-	250	370	19	-	-
CuNi12 Zn24 (nowe srebro)	2.0730 · 10 2.0730 · 30	-	F34 miękka F54 miękka	8,67	4,4	18,0 · 10 ⁻⁶	290 440	330 540	40 8	125 000	bardzo wysoka odporność na korozję, kolor srebrny
CuSn6 (Resistan)	2.1020	Cu 4	-	-	-	-	200	400	33	-	-
CuNi1,5Si	2.0853 · 73	Cu 5	hartowana	8,8	> 18,0	16,0 · 10 ⁻⁶	540	590	12	140 000	złącza o wysokiej wytrzymałości i dobrej przewodności elektrycznej
CuNi3Si	2.0857 · 73	-	hartowana	8,8	> 15,0	16,0 · 10 ⁻⁶	780	830	10	144 000	
CuNi1 Si (Kuprodur)	2.0853	Cu 5	-	-	-	-	540	590	12	-	odporne na działanie wody morskiej
CuZn40 Mn1 Pb	2.0580	Cu 6	-	-	-	-	180	440	18	-	-
CuAl10 Ni5 Fe4	2.0966	Cu 7	-	-	-	-	270	640	15	-	-
CuBe2	2.124 · 75	-	hartowana	8,3	~10	16,7 · 10 ⁻⁶	1050	1200	2	125 000	złącza o wysokiej wytrzymałości, odporność na korozję, dobra przewodność elektryczna

¹⁾ Utwardzona dyspersyjnie

²⁾ Wydłużenie przy zerwaniu A₅ – badanie przetoczonego pręta testowego z długością kontrolną 5 x d

³⁾ 1 N/mm² = 1 MPa

Minimalne niszczące momenty obrotowe dla śrub do M5 według ISO 8839

Średnica nominalna gwintu R	Minimalne momenty obrotowe ¹⁾ [Nm] dla materiałów										
	CU1	CU2	CU3	CU4	CU5	AL1	AL2	AL3	AL4	AL5	AL6
M1,6	0,06	0,10	0,10	0,11	0,14	0,06	0,07	0,08	0,1	0,11	0,12
M2	0,12	0,21	0,21	0,23	0,28	0,13	0,15	0,16	0,2	0,22	0,25
M2,5	0,24	0,45	0,45	0,5	0,6	0,27	0,3	0,3	0,43	0,47	0,5
M3	0,4	0,8	0,8	0,9	1,1	0,5	0,6	0,6	0,8	0,8	0,9
M3,5	0,7	1,3	1,3	1,4	1,7	0,8	0,9	0,9	1,2	1,3	1,5
M4	1	1,9	1,9	2	2,5	1,1	1,3	1,4	1,8	1,9	2,2
M5	2,1	3,8	3,8	4,1	5,1	2,4	2,7	2,8	3,7	4	4,5

¹⁾ Badanie wytrzymałości na skręcanie należy przeprowadzić według ISO 898-7

Materiały specjalne

Oznaczenie Numer materiału	Opis oraz zakres stosowania według danych producenta
Hastelloy® B B-2 2.4617 B-3 2.4600	Stop niklowo-molibdenowy o wysokiej odporności na korozję oraz o znakomitej odporności na czynniki redukujące, w szczególności na: kwas solny o wszystkich stężeniach aż do temperatury wrzenia, wilgotne opary wody chlorowanej, kwas siarkowy i fosforowy oraz roztwory alkaliczne. Wystarczająco odporny na gazy utleniające i redukujące do 800 °C. Niezalecany dla czynnika silnie utleniającego, żelaza oraz soli miedzi (patrz Hastelloy C). Zastosowanie: Elementy konstrukcyjne narażone na silne oddziaływanie czynników chemicznych, turbosprężarki doładowujące silników odrzutowych, itd.
Hastelloy® C C-4 2.4610 C-22 2.4602 C-276 2.4819 C-2000 2.4675	Stop niklowo-chromowo-molibdenowy o szczególnie wysokiej odporności na korozję w środowiskach agresywnych, utleniających i redukujących – roztwory wybielające zawierające wolny chlor, chloryny, podchloryny, kwas siarkowy i fosforowy, kwasy organiczne jak octowy i mrówkowy, roztwory azotanów, siarczanów i siarczynów, chlorków i chloranów, chromianów oraz związków cyjanu. Zastosowanie: Elementy konstrukcyjne narażone na silne oddziaływanie czynników chemicznych, w procesach i urządzeniach chemicznych, w systemach oczyszczania gazów spalin, przy wytwarzaniu włókien i papieru, przy usuwaniu odpadów i śmieci, itd.
Hastelloy® G G-3 2.4619 G-30 2.4603	Stop niklu, chromu i żelaza o doskonałej odporności na korozję w środowiskach utleniających. Zastosowanie: W technice chemicznych procesów przetwórczych, szczególnie przy wytwarzaniu kwasu fosforowego i azotowego, urządzenia do odsiarczania, itd.
Inconel® 600 2.4816 601 2.4851 625 2.4856 718 2.4668	Stop niklowo-chromowy o dobrych właściwościach technologicznych przy wysokich temperaturach nawet powyżej 1000 °C oraz o doskonałej odporności na utlenianie. Jest odporny również na korozję wywołaną materiałami żrącymi. Zastosowanie: W technice chemicznych procesów przetwórczych, szczególnie przy wytwarzaniu kwasu fosforowego i azotowego, urządzenia do odsiarczania, itd.
Monel® 400 2.4360 K-500 2.4375	Stop niklowo-miedziowy o wysokiej wytrzymałości i ciągliwości w wysokich zakresach temperatur. Doskonała odporność na korozję w obecności stoney wody, wielu kwasów oraz roztworów alkalicznych. Jest odpowiedni również na części tłoczone i kute, itd. Zastosowanie: Zawory, pompy, elementy mocujące, elementy konstrukcyjne obciążone mechanicznie w wyniku zasilania wodą morską (np. wieniec turbiny), itd.
Nimonic® 75 2.4951 80A 2.4952 90 2.4969 105 2.4634	Materiały na bazie niklu z dodatkiem chromu są stopami o szczególnie wysokiej wytrzymałości czasowej oraz odporności na utlenianie. Stop ten nadaje się do pracy przy wysokich obciążeniach mechanicznych w temperaturach do 1000 °C. W wyniku różnych dyspersyjnych zabiegów cieplnych można sterować przebiegiem procesu relaksacji i pełzania. Zastosowanie: Wirujące elementy konstrukcyjne w wysokich temperaturach, sprężyny, elementy mocujące, elementy konstrukcji w komorach spalania, łopaty (turbiny), podkładki, wały, itd.
Titanium Gr. 1 3.7025 Gr. 2 3.7035 Gr. 3 3.7055 Gr. 4 3.7065	Materiał reaktywny o wysokiej wytrzymałości oraz niewielkiej gęstości. Doskonała odporność na korozję w środowiskach zawierających chlor oraz utleniających. Zastosowanie: Elementy konstrukcyjne o niskim ciężarze i wysokiej wytrzymałości, narażone na silne działanie utleniające szczególnie w obecności chlorków. Przemysł chemiczny, urządzenia do odsalania wody morskiej, w elektrowniach oraz w medycynie, itd.
Titanium Gr.5 3.7164/ 3.7165	Stop tytanu o wysokiej specyficznej wytrzymałości. Zastosowanie: Elementy konstrukcyjne w lotnictwie i astronautyce, urządzenia do chemicznych procesów przetwórczych, wirujące elementy konstrukcji, budowa pojazdów, itd.
Titanium Gr. 7 3.7235 Gr. 11 3.7225	Czysty tytan z dodatkiem stopowym palladu. Podwyższona odporność na korozję przede wszystkim w wilgotnym środowisku chlorków. Stopień 11 tego stopu charakteryzuje się podwyższoną podatnością na obróbkę plastyczną. Zastosowanie: Przemysł chemiczny i petrochemiczny, obudowy i korpusy, itd.

Tworzywa termoplastyczne

Orientacyjne wartości własności fizycznych według danych producenta

Własności mechaniczne

Oznaczenie skrótowe materiału DIN 7728	Gęstość [g/cm ³] DIN 53479	Wytrzymałość na zerwanie [N/mm ²] DIN 53455	Wydłużenie przy zerwaniu % DIN 53455	Moduł sprężystości podłużnej [N/mm ²] DIN 53457	Twardość kulkowa, wartość 10 sek. [N/mm ²] DIN 53456	Udarność [kJ/m ²] DIN 53453	Udarność z karbem [kJ/m ²] DIN 53453
PE-HD	0,94/0,96	18/35	100/1000	700/1400	40/65	bez pęknięcia	bez pęknięcia
PE-LD	0,914/0,928	8/23	300/1000	200/500	13/20	bez pęknięcia	bez pęknięcia
PP	0,90/0,907	21/37	20/800	1100/1300	36/70	bez pęknięcia	3/17
POM	1,41/1,42	62/70	25/70	2800/3200	150/170	100	8
PA 6	1,13	70/85	200/300	1400	75	bez pęknięcia	bez pęknięcia
PA 66	1,14	77/84	150/300	2000	100	bez pęknięcia	15/20

Własności elektryczne

Oznaczenie skrótowe materiału DIN 7728	Specyficzna rezystencja skośna [Ω cm] DIN 53482	Rezystencja powierzchniowa [Ω] DIN 53482	Stała dielektryczna DIN 53483		Współczynnik strat dielektrycznych tan δ DIN 53483		Wytrzymałość na przebicie		Odporność na prąd peizające DIN 53480	
			50 Hz	10 ⁶ Hz	50 Hz	10 ⁶ Hz	[kV/25 μm] ASTM D 149	[kV/cm] DIN 53481	KA	KB/KC
PE-HD	> 10 ¹⁷	10 ¹⁴	2,35	2,34	2,4 · 10 ⁻⁴	2,0 · 10 ⁻⁴	> 700	–	3 c	> 600
PE-LD	> 10 ¹⁷	10 ¹⁴	2,29	2,28	1,5 · 10 ⁻⁴	0,8 · 10 ⁻⁴	> 700	–	3 b	> 600
PP	> 10 ¹⁷	10 ¹⁵	2,27	2,25	< 4 · 10 ⁻⁴	< 5 · 10 ⁻⁴	800	500/650	3 c	> 600
POM	> 10 ¹⁵	10 ¹⁵	3,7	3,7	0,005	0,005	700	380/500	3 b	> 600
PA 6	10 ¹²	10 ¹⁰	3,8	3,4	0,01	0,03	350	400	3 b	> 600
PA 66	10 ¹²	10 ¹⁰	8,0	4,0	0,14	0,08	400	600	3 b	> 600

Własności cieplne

Oznaczenie skrótowe materiału DIN 7728	Temperatura użytkowa °C			Wytrzymałość cieplna °C		Liniowy współczynnik rozszerzalności ASTM D 149	Przewodność cieplna [W/mK]	Ciepło specyficzne [kJ/kg K]
	max. krótkotrwała	max. długotrwała	min. długotrwała	VSP (Vicat 5 kg) DIN 53460	ASTM D 648 1,86/0,45 [N/mm ²]			
PE-HD	90/120	70/80	–50	60/70	50	200	0,38/0,51	2,1/2,7
PE-LD	80/90	60/75	–50	–	35	250	0,32/0,40	2,1/2,5
PP	140	100	0/–30	85/100	45/120	150	0,17/0,22	2,0
POM	110/140	90/110	–60	160/173	110/170	90/110	0,25/0,30	1,46
PA 6	140/180	80/100	–30	180	80/190	80	0,29	1,7
PA 66	170/200	80/120	–30	200	105/200	80	0,23	1,7

Oznaczenie skrótowe

Znaczenie

PE-HD	polietylen o wysokiej gęstości
PE-LD	polietylen o niskiej gęstości
PP	polipropylen
POM	polioksymetylen, poliacetal
PA 6	poliamid 6
PA 66	poliamid 6.6

! Instrukcje dla śrub wykonanych z tworzywa termoplastycznych

- Własności mechaniczne i fizyczne, w szczególności wytrzymałość na rozciąganie i siła naprężenia wstępnego, a także barwa, tolerancje sekcji gwintowanej i geometria łba są podatne na warunki klimatyczne. Zapoznać się z DIN 34810 i ISO 4759-1 odnośnie wartości tolerancji, porad i montażowych momentów dociągających.
- Siła naprężenia wstępnego może spadać poprzez relaksację naprężeń. Przestrzegać instrukcji konstrukcji i budowy na podstawie VDI 2544.

Odporność na korozję wywołaną chemikaliami wywołaną chemikaliami

Oznaczenie skrótowe materiału	Woda, zimna	Woda, gorąca	Kwasy, słabe	Kwasy, mocne	Kwasy, utleniające	Kwas fluorowodorowy	Ługi, słabe	Ługi, mocne	Roztwory soli nieorganicznych	Chlorowce, suche	Węglowodory alifatyczne	Węglowodory chlorowane	Alkohol	Estry	Keton	Eter	Aldehydy	Aminy	Kwasy organiczne	Węglowodory aromatyczne	Paliwa	Oleje mineralne	Tłuszcze, oleje	Nienasycone węglowodory chlorowane	Terpentyna	Nasiąkanie wodą % ASTM D 570
PE-HD	●	●	●	●	○	●	●	●	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	< 0,01
PE-LD	●	●	●	●	○	●	●	●	●	○	●	○	●	●	●	○	●	●	●	○	○	●	○	○	○	< 0,01
PP	●	●	●	●	○	●	●	●	●	○	●	○	●	●	○	○	●	●	●	●	●	●	●	○	○	0,01 do 0,03
POM	●	●	●	○	○	○	●	●	●	○	●	●	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	0,22 do 0,25
PA 6	●	●	○	○	○	○	●	●	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	●	●	1,3 do 1,9

● odporny ● warunkowo odporny ○ nie odporny

Oznaczenie

Znaczenie

skrótowe

PE-HD polietylen o wysokiej gęstości

PE-LD polietylen o niskiej gęstości

PP polipropylen

POM polioksymetylen, poliacetal

PA 6 poliamid 6

Elastomer

Pałność

Skrócony znak materiału ISO 1629	CR	FPM	NBR	EPDM	TPE	
Oznaczenie materiału	Chloroprenowo-kauczukowe	Fluorowo-kauczukowe	Akrylonitrylowo-butadienowo-kauczukowe	Etylenowo-propylenowo-dienowo-kauczukowe	Elastomer termoplastyczny	
Pałność	UL 94 - V2	UL 94 - V2	UL 94 HB	UL 94 HB	UL 94 HB	
Zakres temperatur ¹⁾	min.	-30 °C	-20 °C	-30 °C	-30 °C	
	max. ciągle	+100 °C	+200 °C	+120 °C	+130 °C	+80 °C
	okresowy	+120 °C	+280 °C	+150 °C	+170 °C	+120 °C

¹⁾ Wartości ujemne w zakresie temperatur mają zastosowanie tylko do części w stanie odpoczynku bez naprężenia udarowego.

Odporność na korozję wywołaną chemikaliami²⁾

Skrócony znak materiału ISO 1629	CR	FPM	NBR	EPDM	TPE
Oznaczenie materiału	Chloroprenowo-kauczukowe	Fluorowo-kauczukowe	Akrylonitrylowo-butadienowo-kauczukowe	Etylenowo-propylenowo-dienowo-kauczukowe	Elastomer termoplastyczny
Alkohol	A	A	A	A	A
Benzyna	C	A	A	C	B
Olej napędowy	C	A	A	C	B
Olej mineralny	B	A	A	B	B
Tłuszcze pochodzenia roślinnego i zwierzęcego	B	A	A	B	A
Słaby rozwór zasadowy	A	B	B	A	A
Silny rozwór zasadowy	B	C	C	A	B
Słabe kwasy	B	A	B	A	A
Silne kwasy	C	A	C	A	A
Woda	C	A	C	A	A
Ozon	C	A	C	A	A

²⁾ Następujące informacje należy traktować tylko jako wskazówki. Bardziej pewne informacje mogą zostać podane wyłącznie w odniesieniu do konkretnego zastosowania. Na przykład: część precyzyjna może ulec uszkodzeniu po prostu ze względu na nieznaczną zmianę objętości albo agresywne media mogą w rzeczywistości nadawać się do użycia jako czynniki czyszczące, gdy tylko na krótko będą w kontakcie z danym materiałem.

- A Odporność na korozję wywołaną chemikaliami: bardzo dobra. Stałe działanie medium nie powoduje uszkodzenia tworzywa w okresie 30 dni. Tworzywo może pozostawać odporne przez okres kilku lat.
- B Odporność na korozję wywołaną chemikaliami: dobra do ograniczonej. Stałe działanie medium może powodować nieznaczące uszkodzenie w okresie 7 do 30 dni, uszkodzenie to jest czasami odwracalne (pęcznienie, mięknięcie, obniżenie wytrzymałości mechanicznej, odbarwienie).
- C Odporność na korozję wywołaną chemikaliami: niska. Nieodpowiedni do wystawienia na stałe działanie medium. Uszkodzenie może wystąpić natychmiast (obniżenie wytrzymałości mechanicznej, zniekształcenie, odbarwienie, pęknięcia, rozpuszczenie się).

Składniki chemiczne

Skrócony znak materiału ISO 1629	CR	FPM	NBR	EPDM	TPE
Oznaczenie materiału	Chloroprenowo-kauczukowe	Fluorowo-kauczukowe	Akrylonitrylowo-butadienowo-kauczukowe	Etylenowo-propylenowo-dienowo-kauczukowe	Elastomer termoplastyczny
bez halogenu	-	-	tak	tak	tak
bez fosforanu	tak	tak	tak	tak	tak
bez silikonu	tak	tak	tak	tak	tak