

Neželezné kovy

Vlastnosti šroubů a matic z hliníkových slitin

Nezávazné údaje v závislosti na výrobci

Tabulkové hodnoty platí pro: hustota = $2,8 \text{ kg/dm}^3$, součinitel tepelné roztažnosti = $23,6 \cdot 10^{-6} \cdot \text{K}^{-1}$, modul pružnosti = $70\,000 \text{ N/mm}^2$

Označení materiálu EN AW-	Číslo materiálu EN AW-	Označení		Údaj společ- nosti Bossard	Výrobní stav šroubů / matic ³⁾ EN 515	$R_{p0,2}$ [N/mm ²] min.	R_m [N/mm ²] min.	A ²⁾ [%] min.	Použito pro
		DIN 209-1 Číslo materiálu	EN 28839						
Al Mg5	5019	3.3555	AL 2	–	měkké zpevněno za studena	200	280–310	6	velmi dobrá odolnost proti korozi, odolnost proti mořské vodě, nízká pevnost
Al Si1 Mg Mn	6082	3.2315	AL 3	–	kaleno T6	250	310	7	velmi dobrá odolnost proti korozi, střední pevnost
Al Mg SiCu Mn	6056	–	AL 9	–	kaleno T6	360	420	8	vysoká odolnost proti korozi, maximální pevnost s dobrou tažností
Al Mg Si	6060	–	(~AL 3)	P40	kaleno T8	240	270	6	spojovací prvky Bossard
Al Mg1 Si 0,8 Cu Mn	6013	–	–	–	kaleno T8	370	400	10	ještě dobrá odolnost proti korozi, vysoká pevnost
Al Cu4 Mg Si	2017	3.1325	AL 4	–	kaleno T6	290	420	6	vysoce pevné spoje, avšak nejnižší odolnost proti korozi ¹⁾
Al Zn6 Cu Mg Zr	7050	3.4144	–	–	kaleno T 73	400	500	6	vysoce pevné spoje, avšak nejnižší odolnost proti korozi ¹⁾
Al Zn5,5 Mg Cu	7075	3.4365	AL 6	–	kaleno T 73	440	510	7	
Al Zn5,5 Mg Cu	7075	3.4364	(–) (~AL 6)	P65 P60	kaleno T6 kaleno T 73	460 420	530 490	7 11	spojovací prvky Bossard DIN 931, DIN 7985, DIN 975

¹⁾ Vzhledem k vysokému obsahu Cu citlivost na korozi od napětí způsobenou prnutím

²⁾ Prodloužení při přetržení A – zkouška šroubu se svěrnou délkou $2 \times d$

³⁾ T6 – tepelně zušlechťeno a uměle stárnu

T8 – tepelně zušlechťeno, tvářeno za studena a uměle stárnu

T73 – tepelně zušlechťeno a uměle přestárnu (uměle stárnu) k dosažení nejlepší odolnosti proti korozi od napětí

Srovnání vlastností hliníku

Nezávazné údaje v závislosti na výrobci

Označení materiálu	Bod tání [°C]	Hustota ρ [$\frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$]	Tepelná vodivost [$\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$]	Elektrická vodivost [$\frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$]	Pevnost v tahu [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
Nerezová ocel 304	1450	7,9	15	1,37	700
Měd	1080	8,94	390	57	235
Mosaz	890	8,5	8500	14,3	370
Polyamid PA6	220	1,13	0,24	10^{-17}	80

Spojovací součásti z různých materiálů

Vlastnosti šroubů a matic ze slitin mědi

Nezávazné údaje v závislosti na výrobci

Označení materiálu	Číslo materiálu	Označení dle EN 28839	Stav $F = R_m/10$	Hustota ρ [kg/dm³]	Elektrická vodivost $\left[\frac{m}{\Omega \cdot mm^2}\right]$	Součinitel tepelné roztažnosti a 30/100 °C $\left[\frac{mm}{mm \cdot K}\right]$	Mechanické vlastnosti při 20 °C ³⁾				Použití pro
							$R_{p0.2}$ [N/mm²] min.	R_m [N/mm²] min.	$A_5^{(2)}$ [%] min.	E-Modul [N/mm²]	
E-Cu 58	2.0065	Cu 1	F20 měkké	8,94	58,0	$17,0 \cdot 10^{-6}$	150	200	40	110 000	součásti s vysokou elektrickou vodivostí
OF-Cu	2.0040		F20 ¹⁾		56,0		320	350	7		
Cu-ETP E-Cu57	2.0060	Cu 1	–	8,94	–	–	160	240	14	–	–
CuZn37 (mosaz)	2.0321 · 10	Cu 2	F29 měkké	8,44	15,5	$20,2 \cdot 10^{-6}$	250	290	45	110 000	běžné spoje
	2.0321 · 26		F37 ¹⁾				250	370	27		
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 (nikl stříbro)	2.0730 · 10	–	F34 měkké	8,67	4,4	$18,0 \cdot 10^{-6}$	290	330	40	125 000	velmi dobrá odolnost proti korozi, stříbrné zabarvení
	2.0730 · 30		F54 měkké				440	540	8		
CuSn6 (Resistan)	2.1020	Cu 4	–	–	–	–	200	400	33	–	–
CuNi1,5Si	2.0853 · 73	Cu 5	kaleno	8,8	> 18,0	$16,0 \cdot 10^{-6}$	540	590	12	140 000	vysoko-pevnostní spoje, velmi dobrá elektrická vodivost
CuNi3Si	2.0857 · 73	–	kaleno	8,8	> 15,0	$16,0 \cdot 10^{-6}$	780	830	10	144 000	
CuNi1Si (Kuprodur)	2.0853	Cu 5	–	–	–	–	540	590	12	–	odolné proti mořské vodě
CuZn40 Mn1 Pb	2.0580	Cu 6	–	–	–	–	180	440	18	–	–
CuAl10 Ni5 Fe4	2.0966	Cu 7	–	–	–	–	270	640	15	–	–
CuBe2	2.124 · 75	–	kaleno	8,3	~10	$16,7 \cdot 10^{-6}$	1050	1200	2	125 000	vysoko-pevnostní spoje, odolné proti korozi, dobrá elektrická vodivost

¹⁾ Zpevněno za studena

²⁾ Prodloužení při přetržení A_5 – zkouška osoustružené zkušební tyče se zkoušenou délkou 5 x d

³⁾ 1 N/mm² = 1 MPa

Minimální krouticí moment pro šrouby do M5 podle ISO 8839

Jmenovitý Ø závitu	Minimální krouticí moment ¹⁾ [Nm] pro materiál										
	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⁾ Zkouška momentu musí být provedena podle ISO 898-7

Speciální materiály

Označení Číslo materiálu	Popis a oblast použití podle údajů výrobce
Hastelloy® B B-2 2.4617 B-3 2.4600	Nikl-molybdenová slitina vysoce odolná proti korozi s vynikající odolností proti redukujícím médiím, zejména proti kyselině solné všech koncentrací do bodu varu, vlhkému plynu chlórové vody, kyselině sírové a fosforečné, alkalickým roztokům. Dostatečně odolná při oxidujících a redukujících plynech do 800 °C. Nedoporučuje se pro silně oxidující činidla, soli železa a mědi (viz Hastelloy C). Použití: Díly vystavené silným chemickým reakcím, turbodmychadla reaktivních motorů atd.
Hastelloy® C C-4 2.4610 C-22 2.4602 C-276 2.4819 C-2000 2.4675	Nikl-chróm-molybdenová slitina vysoce odolná proti korozi, zvláště odolná proti agresivním, oxidujícím a redukujícím médiím – bělicím roztokům s obsahem volného chlóru, chloritanům, chlomanům, kyselině sírové a fosforečné, organickým kyselinám jako kyselině octové a mravenčí, roztokům dusičnanů, síranů a siřičitanů, chromitanům a chromanům a kyanovým sloučeninám. Použití: Díly vystavené silným chemickým reakcím, při chemických postupech a v chemických provozech, čistící systémy zplodin, výroba vláken a papíru, likvidace odpadu atd.
Hastelloy® G G-3 2.4619 G-30 2.4603	Nikl-chróm-železná slitina s vynikající odolností proti korozi v oxidujících médiích. Použití: V chemické provozní technice, zejména vhodná pro výrobu kyseliny fosforečné a dusičné, v odsiřovacích zařízeních atd.
Inconel® 600 2.4816 601 2.4851 625 2.4856 718 2.4668	Nikl-chrómová slitina s dobrými technologickými vlastnostmi při vyšších teplotách do i nad 1000 °C a s vynikající odolností proti oxidaci. Odolá i korozi v důsledku leptavých látek. Použití: Zařízení na tepelnou úpravu, jaderná technika, plynové turbíny, vyzdívky, ventilátory a dmychadla, chemický průmysl atd.
Monel® 400 2.4360 K-500 2.4375	Slitina niklu a mědi o vysoké pevnosti a houževnatosti ve velkém teplotním rozsahu. Vynikající odolnost proti korozi, proti slané vodě a řadě kyselin a alkalických roztoků. Vhodná i pro díly, použité v lisech a pēchovacích zařízeních. Použití: Ventily, čerpadla, upevňovací prvky, mechanicky namáhané konstrukční části vystavené mořské vodě atd.
Nimonic® 75 2.4951 80A 2.4952 90 2.4969 105 2.4634	Materiály na bázi nikl-chrómu jsou slitiny s obzvláště vysokou odolností proti únavě a odolností proti oxidaci. Pro vysoké mechanické namáhání až do 1000 °C. Vzhledem k nejruznějšímu vylučovacím tepelným zpracováním lze řídit chování při relaxaci a tečení. Použití: Rotující konstrukční části za vysokých teplot, pružiny, upevňovací prvky, konstrukční díly spalovacích komor, lopatky, kotouče, hřídele atd.
Titanium Gr. 1 3.7025 Gr. 2 3.7035 Gr. 3 3.7055 Gr. 4 3.7065	Reaktivní materiál o vysoké pevnosti vzhledem k nízké hustotě. Vynikající odolnost proti korozi v oxidujících kovech s obsahem chlóru. Použití: Díly odlehčených konstrukcí vyžadující vysokou pevnost, namáhané silnou oxidací, zejména v přítomnosti chloridů. Chemický průmysl, odsolování mořské vody, elektrárenská technika, lékařská technika atd.
Titanium Gr.5 3.7164/ 3.7165	Titanová slitina o vysoké specifické pevnosti. Použití: Konstrukční díly pro letectví a kosmonautiku, chemická provozní technika, rotující konstrukční díly, upevňovací prvky, vozidla atd.
Titanium Gr. 7 3.7235 Gr. 11 3.7225	Čistý titan legovaný palladiem. Zvýšená odolnost proti korozi zejména vůči vlhkým médiím s obsahem chlóru. Stupeň 11 má zvýšené přetvářecí vlastnosti. Použití: Chemická a petrochemická zařízení, pouzdra atd.

Termoplasty

Orientační hodnoty fyzikálních vlastností podle údajů výrobců

Mechanické vlastnosti

Materiálová zkratka DIN 7728	Hustota [g/cm³] DIN 53479	Pevnost v tahu [N/mm²] DIN 53455	Odolnost proti lomu % DIN 53455	Modul pružnosti [N/mm²] DIN 53457	Tvrdost proniknutím kuličky, 10-sec hodnota [N/mm²] DIN 53456	Rázová houževnatost [kJ/m²] DIN 53453	Vrubová houževnatost [kJ/m²] DIN 53453
PE-HD	0,94/0,96	18/35	100/1000	700/1400	40/65	bez lomu	bez lomu
PE-LD	0,914/0,928	8/23	300/1000	200/500	13/20	bez lomu	bez lomu
PP	0,90/0,907	21/37	20/800	1100/1300	36/70	bez lomu	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 lomu	bez lomu
PA 66	1,14	77/84	150/300	2000	100	bez lomu	15/20

Elektrické vlastnosti

Materiálová zkratka DIN 7728	Měrný odpor [Ω cm] DIN 53482	Povrchový odpor [Ω] DIN 53482	Permitivita DIN 53483		Dielektrický ztrátový činitel δ DIN 53483		Dielektrická pevnost		Odolnost proti plazivým proudům 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 ¹³	2,27	2,25	< 4 · 10 ⁻⁴	< 5 · 10 ⁻⁴	800	500/650	3 c	> 600
POM	> 10 ¹⁵	10 ¹³	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

Tepelné vlastnosti

Materiálová zkratka DIN 7728	Provozní teplota °C			Rozměrová stálost °C		Součinitel lineární roztažnosti	Tepelná vodivost	Měrné teplo
	max. krátkodobá	max. trvalá	min. trvalá	VSP (Vicat 5 kg) DIN 53460	ASTM D 648 1,86/0,45 [N/mm²]			
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

Zkratka	Význam
PE-HD	Polyetylen o vysoké hustotě
PE-LD	Polyetylen o nízké hustotě
PP	Polypropylén
POM	Polyoxymetylen, Polyacetal
PA 6	Polyamid 6
PA 66	Polyamid 6.6

! Instrukce pro šrouby, vyrobené z termoplastických materiál:

- Mechanické a fyzické vlastnosti, obzvláště pevnost v tahu, předpětí a barva, tolerance závitové části a geometrie hlavy závisí na klimatických podmínkách. Hodnoty tolerancí, návody a montážní momenty – viz DIN 34810 a ISO 4759-1.
- Předpětí spoje může kvůli relaxaci napětí klesnout. Instrukce pro konstrukci a návrh jsou založeny na VDI 2544.

Chemická odolnost

Materiálová zkratka	Voda, studená	Voda, horká	Kyseliny, slabé	Kyseliny, silné	Kyseliny, oxidované	Kyselina fluorovodíková	Louhy, slabé	Louhy, silné	Roztoky anorg. solí	Halogeny, suché	Alifatické uhlovodíky	Chlórované uhlovodíky	Alkoholy	Estery	Katony	Éter	Aldehydy	Aminy	Organické kyseliny	Aromatické uhlovodíky	Paliva	Minerální oleje	Tuky, oleje	Nenasycené, chlórované uhlovodíky	Terpentýn	Nasákavost % 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	

● odolný ● podmíněně odolný ○ neodolný

Zkratka	Význam
PE-HD	Polyetylen o vysoké hustotě
PE-LD	Polyetylen o nízké hustotě
PP	Polypropylén
POM	Polyoxymetylen, Polyacetal
PA 6	Polyamid 6

Elastomery

Hořlavost

Materiálová zkratka ISO 1629		CR	FPM	NBR	EPDM	TPE
Označení materiálu		Chloropren-kaučuk	Flourine-kaučuk	Akrylonitril-butadien-kaučuk	Etylén-propylén-dién-kaučuk	Termoplastický elastomer
Hořlavost		UL 94 - V2	UL 94 - V2	UL 94 HB	UL 94 HB	UL 94 HB
Rozpětí teplot ¹⁾	min.	-30 °C	-20 °C	-30 °C	-40 °C	-30 °C
	max.	+100 °C	+200 °C	+120 °C	+130 °C	+80 °C
	krátkodobá teplota	+120 °C	+280 °C	+150 °C	+170 °C	+120 °C

¹⁾ Mínusové hodnoty v tepelném rozpětí se týkají pouze dílů v klidovém stavu bez vlivu napětí.

Chemická odolnost²⁾

Materiálová zkratka ISO 1629	CR	FPM	NBR	EPDM	TPE
Označení materiálu	Chloropren-kaučuk	Flourine-kaučuk	Akrylonitril-butadien-kaučuk	Etylén-propylén-dién-kaučuk	Termoplastický elastomer
Alkohol	A	A	A	A	A
Benzín	C	A	A	C	B
Motorová nafta	C	A	A	C	B
Minerální olej	B	A	A	B	B
Živočišné a rostlinné tuky	B	A	A	B	A
Slabé alkalické roztoky	A	B	B	A	A
Silné alkalické roztoky	B	C	C	A	B
Slabé kyseliny	B	A	B	A	A
Silné kyseliny	C	A	C	A	A
Voda	C	A	C	A	A
Ozón	C	A	C	A	A

²⁾ Následující údaje je třeba považovat pouze za informativní. Jakékoliv další konkrétnější informace mohou být poskytnuty s ohledem na konkrétní aplikaci. Například přesná součást může jednoduše selhat kvůli mírné změně chemického složení, či působením agresivních médií, která mohou být použita pouze krátkodobě, jako je např. čisticí prostředek.

A Velmi dobrá chemická odolnost. Stálý účinek média nezpůsobí na plastu žádnou škodu v době 30 dnů. Plast může zůstat odolný až několik let.

B Omezená chemická odolnost. Stálý účinek média může způsobit mírné poškození v době od 7 do 30 dnů. Toto poškození se někdy stane reverzibilním (otok, změkčení, snížení mechanické vlastnosti, zbarvení).

C Nízká chemická odolnost. Nevhodné pro trvalé vystavení působení média. Může dojít okamžitě k poškození (redukce mechanické pevnosti, deformace, změna barvy, praskliny, rozpouštění).

Chemické složky

Materiálová zkratka ISO 1629	CR	FPM	NBR	EPDM	TPE
Označení materiálu	Chloropren-kaučuk	Flourine-kaučuk	Akrylonitril-butadien-kaučuk	Etylén-propylén-dién-kaučuk	Termoplastický elastomer
bez halogenů	–	–	ano	ano	ano
bez fosfátů	ano	ano	ano	ano	ano
bez silikonů	ano	ano	ano	ano	ano