

BOSSARD

Proven Productivity



Technické informace
Spojovací technika

od
stranyod
strany

Všeobecné informace

Tolerance, tabulky, normy	G.002
Tolerance, tabulky, normy	G.002
Mezinárodní soustava jednotek SI	G.002
Převodní tabulky	G.002
Převodní tabulky: metrické jednotky – USA, USA – metrické jednotky	G.004
Porovnávací tabulka tvrdosti	G.006
Označení různých národních norem	G.007

Spojovací technika

Materiály šroubů/matic	F.002
Definice mechanických vlastností šroubů	F.002
Definice mechanických vlastností šroubů	F.002
Šrouby třídy pevnosti 4.6 až 12.9/12.9	F.004
Mechanické a fyzikální vlastnosti šroubů	F.004
Minimální mezní zatížení šroubů	F.005
Zkušební zatížení šroubů	F.006
Materiály, tepelné zpracování, chemické složení	F.007
Vlastnosti při zvýšených teplotách	F.008
Vlastnosti u vyšších pevností (když $\geq 1000 \text{ N/mm}^2$)	F.008
Maticy třídy pevnosti 04 až 12	F.009
Mechanické vlastnosti matic s normálním metrickým závitem ISO	F.009
Odolnost proti stržení závitu u matic s výškou $\geq 0,5 d$, $a < 0,8 d$	F.010
Zkušební zatížení matic	F.010
Zkušební zatížení matic $0,8 d$	F.011
Chemické složení materiálu matic	F.011
Stavěcí šrouby třídy pevnosti 14H až 45H	F.012
Mechanické vlastnosti	F.012
Materiály, tepelné zpracování a chemické složení	F.012
Šrouby, svorníky, matice	F.013
Značení a mechanické vlastnosti šroubů se šestihrannou hlavou UNC/UNF	F.013
Značení a označování spojovacích dílů se sníženou zatížitelností	F.014
Značení spojovacích dílů	F.014
Značení závrtných šroubů	F.015
Značení matic podle ISO	F.015
Značení matic podle DIN	F.016
Párování šroubů a matic $\geq 0,8 d$	F.016
Šrouby a matice pro vysoké a nízké teploty	F.017
Mechanické vlastnosti a minimální hodnoty meze kluzu $0,2\%$ při zvýšených teplotách	F.017

Orientační hodnoty měrné hmotnosti a statického modulu pružnosti	F.017
Orientační hodnoty součinitele tepelné roztažnosti, tepelné vodivosti a tepelné kapacity	F.017
Tabulka materiálů pro teploty nad $+300 \text{ }^\circ\text{C}$	F.018
Tabulka materiálů pro nízké teploty od $-200 \text{ }^\circ\text{C}$ do $-10 \text{ }^\circ\text{C}$	F.018
Párování materiálů šroubů a matic	F.018
Tažnost ocelí při nízkých teplotách	F.019
Mez kluzu a pevnost v tahu u ocelí při nízkých teplotách	F.019
Pružné prodloužení svorníků s redukováním dílkem	F.020
Spojovací součásti z nerezových ocelí	F.021
Označení skupin ocelí ISO	F.021
Chemické složení austenitických nerezových ocelí	F.022
Chemické složení korozi odolných nerezových ocelí	F.022
Rozlišovací vlastnosti nerezových ocelí	F.023
Diagram čas-/teplota mezikrystalické koroze u austenitických nerezových ocelí	F.023
Chemická stabilita	F.024
Technické argumenty pro použití spojovacích dílů vyrobených z nerezových austenitických chrom-niklových ocelí A1, A2, A4	F.024
Mechanické vlastnosti spojovacích materiálů vyrobených z austenitické nerezové ocele	F.025
Minimální kritický krouticí moment $M_{B \min}$ šroubů z austenitické ocele se závity M1,6 až M16 (normální závit)	F.025
Doporučené hodnoty smluvní meze kluzu $R_{p0,2}$ při vyšších teplotách porovnáno v % s hodnotami při pokojové teplotě	F.025
Značení šroubů a matic	F.026
Spojovací součásti z různých materiálů	F.027
Neželezné kovy	F.027
Speciální materiály	F.029
Termoplasty	F.030
Elastomery	F.032
Ochrana proti korozi	F.033
Ochrana proti korozi	F.033
Galvanický proces	F.033
Tloušťky povlaků pro součásti s vnějším závitem	F.034
Další galvanicky nanášené povlaky	F.035
Další povrchové úpravy	F.036
Výklad, návrh, montáž	F.037
Volba spojovacích součástí	F.037
Přibližné určení rozměru šroubu	F.037
Odolnost proti únavě	F.038
Pevnost při dynamickém zatížení	F.038

	od strany
Hloubka zašroubování	F.039
Doporučené minimální délky zašroubování v řezaných vnitřních závitech dílů	F.039
Měrný tlak	F.040
Doporučené hodnoty přípustného měrného tlaku pro různé materiály	F.040
Měrný tlak pod hlavou šroubu se šestihrannou hlavou	F.041
Měrný tlak pod hlavou šroubu s válcovou hlavou s vnitřním šestihrannem	F.042
Měrný tlak pod hlavou	F.042
Pokyny pro používání plochých podložek u šroubů a matic	F.043
Tření a koeficienty tření	F.044
Přřazení doporučených hodnot koeficientů tření pro různé materiály, povrchové úpravy a pod- mínky mazání u šroubových spojů	F.044
Způsoby utahování, utahovací faktor α_A	F.045
Přibližné hodnoty statického koeficientu tření μ_T v dělicí rovině	F.045
Doporučené hodnoty faktoru utažení α_A a odpoví- dající montážní síly předpětí	F.045
Předpětí a utahovací momenty	F.047
Jak používat doporučené hodnoty	F.047
Orientační hodnoty pro normální metrický závit VDI 2230	F.048
Doporučené hodnoty pro metrický jemný závit VDI 2230	F.050
Závrtné šrouby se zeslabeným dřikem	F.050
Utahovací momenty pro šrouby z plastu/ Polyamid 6.6	F.051
Šrouby z austenitické nerezové ocele A1 / A2 / A4	F.051
Spojovací prvky s vnitřním tvarem pro utažení a s nízkou hlavou	F.052
Přírubové šrouby a matice	F.054
Doporučené hodnoty utahovacího momentu podložek NORD-LOCK®	F.055
Vysokopevnostní konstrukční svorníky	F.057
Bezpečné šroubové spoje	F.060
Souhrn konstrukčních opatření pro jištění šroubových spojů	F.060
Přehled účinnosti řešení pojištění šroubových spojů a řešení prevence proti uvolnění	F.061
Střížná zatížení kolíků	F.063
Hodnoty statického střížného zatížení pro spoje s pružnými kolíky	F.063
Doporučení pro konstrukci	F.064
Přímá montáž do kovu s použitím závitotvářecích šroubů	F.064
Přímé šroubování do termoplastů použitím šroubů Delta PT®	F.066
Přímé zašroubování do termoplastů pomocí šroubů PT®/ecosyn®-plast	F.069
Spojování plechů	F.071

	od strany
Minimální krouticí moment pro šrouby do plechu	F.072
Kritéria výběru samořezných závitových vložek Ensats®	F.073
Vnitřní tvary pro utahování šroubů	F.075
Montážní nástroje	F.077
Tvary pro utahování a rozměry nástrojů	F.077
Metrické závit ISO	F.079
Metrické závit ISO	F.079
Obecně	F.079
Základní pojmy a jmenovité rozměry	F.079
Systém uložení metrických závitů ISO	F.079
Toleranční pole šroubových a maticových závitů	F.079
Mezní rozměry pro normální závit	F.080
Volitelné řady pro normální závit	F.080
Mezní rozměry pro jemný závit	F.081
Volitelné řady pro jemný závit	F.081
Povolené tolerance pro plastové spojovací díly	F.081
Tolerance, tabulky, normy	F.082
Tolerance, tabulky, normy	F.082
Základní tolerance a toleranční pole	F.082

Mezinárodní soustava jednotek SI

SI je moderní systém jednotek pro měření, uznávaný a používaný na celém světě. Používá se ve všech oblastech mezinárodních norem a je běžně odkazován jako metrický systém. SI se používá ve všech oblastech vědy, techniky a obchodu a je aplikován stejným způsobem na celém světě.

SI se skládá ze: základních jednotek, doplňkových jednotek a předpon. Údaje uvedené v konverzních tabulkách jsou zaokrouhleny na 3 nebo 4 číslice.

Základní jednotky soustavy SI

Veličina	Název	Symbol
Délka	metr	m
Hmotnost	kilogram	kg
Čas	sekunda	s
Elektrický proud	ampér	A
Termodynamická teplota	kelvin	K
Svítilivost	kandela	cd
Látkové množství	mol	mol

Odvozené jednotky SI

Veličina	Název	Symbol	Vztah
Kmitočet	herz	Hz	1 Hz = $1 \text{ s}^{-1} = 1/\text{s}$
Síla	newton	N	1 N = $1 \text{ kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$
Tlak a napětí	pascal	Pa	1 Pa = $1 \text{ N}/\text{m}^2$
Práce (energie, teplo)	joule	J	1 J = $1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 \text{ W} \cdot \text{s}$
Výkon, elektrický výkon, tepelný výkon	watt	W	1 W = $1 \text{ N} \cdot \text{m}/\text{s} = \text{J}/\text{s}$
Množství elektřiny, elektrický náboj	coulomb	C	1 C = $1 \text{ A} \cdot \text{s}$
Elektrické napětí, rozdíl elektrických potenciálů	volt	V	1 V = $1 \text{ W}/\text{A}$
Elektrická kapacita	farad	F	1 F = $1 \text{ A} \cdot \text{s}/\text{V}$
Elektrický odpor	ohm	Ω	1 Ω = $1 \text{ V}/\text{A}$
Elektrická vodivost	siemens	S	1 S = $1 \Omega^{-1} = 1 \text{ A}/\text{V}$
Magnetický tok	weber	Wb	1 Wb = $1 \text{ V} \cdot \text{s}$
Magnetická indukce	tesla	T	1 T = $1 \text{ Wb}/\text{m}^2$
Indukčnost	henry	H	1 H = $1 \text{ Wb}/\text{A} = 1 \text{ V} \cdot \text{s}/\text{A}$
Světelný tok	lumen	lm	1 lm = $1 \text{ cd} \cdot \text{sr}$
Intenzita osvětlení	lux	lx	1 lx = $1 \text{ lm}/\text{m}^2$
Rovinný úhel	radián	rad	1 rad = $1 \text{ m}/\text{m} = 1 = 180^\circ/\pi$
Prostorový úhel	steradián	sr	1 sr = $1 \text{ m}^2/\text{m}^2 = 1$

Převodní tabulky

Převodní tabulka jednotek síly

	N	p	kp	dyn
1 Newton = 1 N	1	102	0,102	10^5
1 pond = 1 p	$9,81 \cdot 10^{-3}$	1	10^{-3}	981
1 Kilopond = kp	9,81	1 000	1	$9,81 \cdot 10^5$
1 dyn	10^{-5}	$1,02 \cdot 10^{-3}$	$1,02 \cdot 10^{-6}$	1

Převodní tabulka jednotek napětí

	Pa	N/mm ²	kp/cm ²	kp/mm ²
1 Pa = $1 \text{ N}/\text{m}^2 = 10 \text{ N}/\text{cm}^2$	1	10^{-6}	$1,02 \cdot 10^{-5}$	$1,02 \cdot 10^{-7}$
1 N/mm ² = 1 MPa	10^6	1	10,2	0,102
1 kp/cm ² = 1 at	$9,81 \cdot 10^4$	$9,81 \cdot 10^{-2}$	1	10^{-2}
1 kp/mm ²	$9,81 \cdot 10^6$	9,81	100	1

Převodní tabulka jednotek práce, energie a tepla

	J	kJ	kWh	kcal	kpm
1 J = 1 N · m = 1 W · s	1	10 ⁻³	2,78 · 10 ⁻⁷	2,39 · 10 ⁻⁴	0,102
1 kJ	1000	1	2,78 · 10 ⁻⁴	0,239	102
1 kWh	3,6 · 10 ⁶	3,6 · 10 ³	1	860	3,67 · 10 ⁵
1 kcal	4,19 · 10 ³	4,19	1,16 · 10 ⁻³	1	427
1 kpm	9,81	9,81 · 10 ⁻³	2,72 · 10 ⁻⁶	2,34 · 10 ⁻³	1

Převodní tabulka jednotek výkonu a tepelného výkonu

	W	kW	kcal/s	kcal/h	kpm/s
1 W = 1 N · m/s = 1 J/s	1	10 ⁻³	2,39 · 10 ⁻⁴	0,860	0,102
1 kW	1000	1	0,239	860	102
1 kcal/s	4,9 · 10 ³	4,19	1	3,6 · 10 ³	427
1 kcal/h	1,16	1,6 · 10 ⁻³	2,78 · 10 ⁻⁴	1	0,119
1 kpm/s	9,81	9,81 · 10 ⁻³	2,34 · 10 ⁻³	8,34	1

Převodní tabulka jednotek tlaku plynů, par a kapalin

	Pa	bar	kp/m ²	at	Torr
1 Pa = 1 N/m ²	1	10 ⁻⁵	0,102	1,02 · 10 ⁻⁵	7,5 · 10 ⁻³
1 bar = 0,1 MPa = 0,1 N/mm ²	10 ⁵	1	1,02 · 10 ⁴	1,02	750
1 kp/m ²	9,81	9,81 · 10 ⁻⁵	1	10 ⁻⁴	7,36 · 10 ⁻²
1 at = 1 kp/cm ²	9,81 · 10 ⁴	0,981	10 ⁴	1	736
1 Torr = 1/760 atm	133	1,33 · 10 ⁻³	13,6	1,36 · 10 ⁻³	1

Převody jednotek na jednotky SI

Veličina	Dosavadní jednotka	Symbol	Nová jednotka	Symbol	Vztah
Délka	Ångström	Å	metr	m	1 Å = 10 ⁻¹⁰ m
Tlak	mm rtuti	mm Hg	pascal	Pa	1 mm Hg = 133,3 Pa
Energie	Erg	erg	joule	J	1 erg = 10 ⁻⁷ J
Síla	koňská síla	PS	watt	W	1 PS = 735,5 W
Dynamická viskozita	Poise	P	pascalova sekunda	Pa · s	1 P = 0,1 Pa · s / 1 cP = 1 mPa · s
Kinematická viskozita	Stokes	St	cm ² /s	–	1 St = 1 cm ² /s = 10 ⁻⁴ m ² /s
Vrbová houževnatost	kpm/cm ²	–	J/cm ²	–	1 kpm/cm ² = 9,087 J/cm ²
Tepelná kapacita	kcal/°C	–	J/K	–	1 kcal/°C = 4,187 · 10 ³ J/K
Tepelná vodivost	kcal/m · h · °C	–	W/K · m	–	1 kcal/m · h · °C = 1,163 W/K · m
Měrné teplo	kcal/kg · °C	–	J/kg · K	–	1 kcal/kg · °C = 4,187 · 10 ³ J/kg · K
Intenzita magnetického pole	Oersted	Oe	ampér / metr	A / m	1 Oe = 79,6 A/m
Magnetická indukce	Gauss	G	tesla	T	1 G = 10 ⁻⁴ T
Magnetický tok	Maxwell	M	weber	Wb	1 M = 10 ⁻⁸ Wb
Svitivost	Kandela	IK	kandela	cd	1 IK = 1,019 cd
Jas	Stilb	sb	cd/m ²	–	1 sb = 10 ⁴ cd/m ²
Absorbovaná dávka	Rem	rem	J/kg	–	1 rem = 0,01 J/kg
Iontová dávka	Röntgen	R	C/kg	–	1 R = 2,58 · 10 ⁻⁴ C/kg

Přepočty dílčích množství

Příklad: jedna kostka cukru rozpuštěná v

1 ppm (part per million) je 1 díl z 1 miliónu dílů	1 miligram z kilogramu	0,001 g/kg (10 ⁻⁶)	 2 700 litrů
1 ppb (part per billion) je 1 díl z 1 miliardy dílů (b = bilión, US název pro miliardu)	1 mikrogram na kilogram	0,000 001 g/kg (10 ⁻⁹)	 2,7 miliónů litrů
1 ppt (part per trillion) je 1 díl z 1 biliónu dílů (t = trillion, US název pro bilión)	1 nanogram na kilogram	0,000 000 001 g/kg (10 ⁻¹²)	 2,7 miliardy litrů
1 ppq (part per quadrillion) je 1 díl z 1 biliardy dílů (q = quadrillion, US název pro biliardu)	1 pikogram na kilogram	0,000 000 000 001 g/kg (10 ⁻¹⁵)	 2,7 biliardy litrů

Převodní tabulky: metrické jednotky – USA, USA – metrické jednotky

Délkové míry

metrická jednotka	USA		
1 milimeter	mm	0,03937	palce pa.
1 centimeter	cm	0,39370	palce pa.
1 metr	m	39,3700	palce pa.
		3,2808	stopa st.
		1,0936	yardy yd.
1 kilometr	km	0,62137	míle m.

USA	metrická jednotka	
1 palec	25,400	mm
	2,540	cm
1 stopa	304,800	mm
	30,480	cm
	0,3048	m
1 yard	91,4400	cm
	0,9144	m
1 míle	1 609,35	m
	1,609	km

Plošné míry

metrická jednotka	USA		
1 mm ²	0,00155	čtvereční palec	čt.pa.
1 cm ²	0,1550	čtvereční palec	čt.pa.
1 m ²	10,7640	čtvereční stopa	čt.st.
	1,196	čtvereční yardy	čt.yd.
1 km ²	0,38614	čtvereční míle	čt.m.

USA	metrické jednotky	
1 čtvereční palec	645,16	mm ²
	6,4516	cm ²
1 čtvereční stopa	929,00	cm ²
	0,0929	m ²
1 čtvereční yard	0,836	m ²
1 čtvereční míle	2,5889	km ²

Duté míry

metrická jednotka	USA		
1 mililitr	ml	0,27	tekutý dram tek. dr.
1 centilitr	cl	0,338	tekutá unce tek. un.
1 decilitr	dl	0,0528	pinta pt.
1 litr	l	1,0567	kvant kv.
		0,26	galon gal.
1 hektolitr	hl	26,417	galon gal.

USA	metrické jednotky	
1 tekutá unce	2,957	cl
1 pinta	4,732	dl
	0,4732	l
1 kvant	0,9463	l
1 galon	3,7853	l
1 barel (bl)	119,237	l
	1,192	hl

Hmotnost

metrické jednotky		USA		
1 gram	gr.	15,432	grain	gr.
1 kilogram	kg	2,2046	libra	lb.
1 cent		220,46	libra	lb.
1 tuna	t	2204,6	libra	lb.
		1,102	shortton	sh.

USA	metrické jednotky	
1 grain	64,7989	mg
1 unce	28,35	g
1 libra	0,4536	kg
1 short	907,200	kg
	9,072	dz.
	0,9072	t

Různé

metrické jednotky	USA		
1 N/mm² = 1 MPa = 10 bar	145,14		psi
1 Nm	8,85		in lb
	0,74		ft lb

USA	metric	
1 psi	0,00689	N/mm²
1 in lb	0,113	Nm
1 ft lb	1,35	Nm

Teplota

Přepočet Celsia na Fahrenheita:
vynásobit číslem 1,8; k výsledku přičíst 32

°F	°C	°F	°C
212	100	100	37,8
200	93,3	90	32,2
194	90	86	30
190	87,8	80	26,7
180	82,8	70	21,1
176	80	68	20
170	76,7	60	15
160	71,1	50	10
158	70	40	4,4
150	65,6	–	–
140	60	32	0
130	54,4	30	–1,1
122	50	20	–6,7
120	48,9	14	–10
110	43,3	10	–12,2
104	40	0	–17,8

Přepočet Fahrenheita na Celsia:
odečíst 32; výsledek podělit číslem 1,8

°C	°F	°C	°F
100	212	35	95
95	203	30	86
90	194	25	77
85	182	20	68
80	176	15	59
75	167	10	50
70	158	5	41
65	149	–	–
60	140	0	32
55	131	–5	23
50	122	–10	14
45	113	–15	5
40	104	–17,8	0

Porovnávací tabulka tvrdosti

podle ISO 18265

Níže uvedená porovnávací tabulka platí pouze pro uhlíkové ocele, nízkolegované ocele a ocelolitiny tvářené za tepla, tepelně zpracované podle ISO 18365.

Pevnost v tahu [N/mm ²]	Tvrdost podle Vickerse [F ≥ 98 N]	Tvrdost podle Brinella ¹⁾ HB	Tvrdost podle Rockwella		
			HRB	HRC	HRA
255	80	76	–	–	–
270	85	80,7	41	–	–
285	90	85,5	48	–	–
305	95	90,2	52	–	–
320	100	95	56,2	–	–
335	105	99,8	–	–	–
350	110	105	62,3	–	–
370	115	109	–	–	–
385	120	114	66,7	–	–
400	125	119	–	–	–
415	130	124	71,2	–	–
430	135	128	–	–	–
450	140	133	75	–	–
465	145	138	–	–	–
480	150	143	78,7	–	–
495	155	147	–	–	–
510	160	152	81,7	–	–
530	165	156	–	–	–
545	170	162	85	–	–
560	175	166	–	–	–
575	180	171	87,1	–	–
595	185	176	–	–	–
610	190	181	89,5	–	–
625	195	185	–	–	–
640	200	190	91,5	–	–
660	205	195	92,5	–	–
675	210	199	93,5	–	–
690	215	204	94	–	–
705	220	209	95	–	–
720	225	214	96	–	–
740	230	219	96,7	–	–
755	235	223	–	–	–
770	240	228	98,1	20,3	60,7
785	245	233	–	21,3	61,2
800	250	238	99,5	22,2	61,6
820	255	242	(101)	23,1	62
835	260	247	–	24	62,4
850	265	252	(102)	24,8	62,7
865	270	257	–	25,6	63,1
880	275	261	(104)	26,4	63,5
900	280	266	–	27,1	63,8
915	285	271	(105)	27,8	64,2
930	290	276	–	28,5	64,5
950	295	280	–	29,2	64,8
965	300	285	–	29,8	65,2
995	310	295	–	31	65,8
1 030	320	304	–	32,2	66,4
1 060	330	314	–	33,3	67
1 095	340	323	–	34,3	67,6
1 125	350	333	–	35,5	68,1

U vysokolegovaných ocelí a / nebo ocelí zpevněných za studena (např. 6.8, A2, A4) je třeba počítat s podstatnými odchylkami.

Pevnost v tahu [N/mm ²]	Tvrdost podle Vickerse [F ≥ 98 N]	Tvrdost podle Brinella ¹⁾ HB	Tvrdost podle Rockwella		
			HRB	HRC	HRA
1 155	360	342	–	36,6	68,7
1 190	370	352	–	37,7	69,2
1 220	380	361	–	38,8	69,8
1 255	390	371	–	39,8	70,3
1 290	400	380	–	40,8	70,8
1 320	410	390	–	41,8	71,4
1 350	420	399	–	42,7	71,8
1 385	430	409	–	43,6	72,3
1 420	440	418	–	44,5	72,8
1 455	450	428	–	45,3	73,3
1 485	460	437	–	46,1	73,6
1 520	470	447	–	46,9	74,1
1 555	480	(465)	–	47,7	74,5
1 595	490	(466)	–	48,4	74,9
1 630	500	(475)	–	49,1	75,3
1 665	510	(485)	–	49,8	75,7
1 700	520	(494)	–	50,5	76,1
1 740	530	(504)	–	51,1	76,4
1 775	540	(513)	–	51,7	76,7
1 810	550	(523)	–	52,3	77
1 845	560	(532)	–	53	77,4
1 880	570	(542)	–	53,6	77,8
1 920	580	(551)	–	54,1	78
1 955	590	(561)	–	54,7	78,4
1 995	600	(570)	–	55,2	78,6
2 030	610	(580)	–	55,7	78,9
2 070	620	(589)	–	56,3	79,2
2 105	630	(599)	–	56,8	79,5
2 145	640	(608)	–	57,3	79,8
2 180	650	(618)	–	57,8	80
–	660	–	–	58,3	80,3
–	670	–	–	58,8	80,6
–	680	–	–	59,2	80,8
–	690	–	–	58,7	81,1
–	700	–	–	60,1	81,3
–	720	–	–	61	81,8
–	740	–	–	61,8	82,2
–	760	–	–	62,5	82,6
–	780	–	–	63,3	83
–	800	–	–	64	83,4
–	820	–	–	64,7	83,8
–	840	–	–	65,3	84,1
–	860	–	–	65,9	84,4
–	880	–	–	66,4	84,7
–	900	–	–	67	85
–	920	–	–	67,5	85,3
–	940	–	–	68	85,6

Čísla v závorkách jsou hodnoty tvrdosti, které se nacházejí mimo definovaný rozsah normalizovaných zkoušek tvrdosti, avšak v praxi se často používají jako přibližné hodnoty. Mimo to platí hodnoty tvrdosti podle Brinell v závorkách pouze pokud byly měřeny kuličkou z tvrdkovu.

¹⁾ Počítáno s: HB = 0,95 · HV

Zkouška podle Vickers je použitelná pro velký rozsah tvrdostí. V DIN ISO 898-1 je tento postup určen jako rozhodující.

Zkouška podle Rockwell C je určen pro kalené ocele, podle Rockwell A pro tvrdokovy a podle Rockwell B pro měkké ocele, slitiny mědi, atd.

Zkouška podle Brinell rovněž pokrývá velký rozsah tvrdostí.

Označení různých národních norem

Podle ISO

Země	Zkratka
Alžír	IANOR
Argentina	IRAM
Austrálie	SAI
Rakousko	ON
Bangladéš	BSTI
Belgie	IBN
Brazílie	ABNT
Bulharsko	BDS
Kanada	SCC
Chile	INN
Čína	CSBTS
Kolumbie	ICONTEC
Kuba	NC
Kypr	CYS
Česká republika	CSNI
Dánsko	DS
Egypt	EOS
Etiopie	QSAE
Evropa	EN
Finsko	SFS
Francie	AFNOR
Německo	DIN
Ghana	GSB
Řecko	ELOT
Maďarsko	MSZT
Indie	BIS
Indonésie	BSN
Mezinárodní	ISO
Irán	ISIRI
Irsko	NSAI
Israel	SII
Itálie	UNI
Jamaika	JBS
Japonsko	JISC

Země	Zkratka
Keňa	KEBS
Korea, Lidová republika	CSK
Korea	KATS
Libie	LNCSM
Malaysie	DSM
Mexiko	DGN
Mongolsko	MNCSM
Maroko	SNIMA
Holandsko	NEN
Nový Zéland	SNZ
Nigérie	SON
Norsko	NSF
Pákistán	PSI
Filipíny	BPS
Polsko	PKN
Portugalsko	IPQ
Rumunsko	ASRO
Rusko	GOST
Saudská Arábie	SASO
Singapur	PSB
Jihoafrická republika	SABS
Španělsko	AENOR
Sri Lanka	SLSI
Švédsko	SIS
Švýcarsko	SNV
Sýrie	SASMO
Tanzánie	TBS
Tajsko	TISI
Trinidad a Tobago	TTBS
Turecko	TSE
Spojené království	BSI
USA	ANSI
Uzbekistán	UZGOST
Venezuela	FONDONORMA
Vietnam	TCVN

Definice mechanických vlastností šroubů

Pevnost v tahu R_m [N/mm²]

Určuje, jaké napětí musí šroub vydržet, aniž by došlo k jeho přetržení. Při zkoušce šroubů s plným dříkem lze zjistit mez kluzu pouze přibližně. Přesnou mez kluzu a tažnost lze zjistit podle ISO 898 část 1 použitím vzorků s redukovaným dříkem, přičemž výjimku tvoří šrouby z nerezových ocelí A1 až A4 (ISO 3506).

Pevnost při přetržení v závitě:

$$R_m = \frac{\text{síla v tahu } F}{\text{průřez}} \quad \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

▶ Průřez závitu A_s [mm²]
Strany F.041, F.042

Pevnost v tahu při lomu ve válcovém dříku:

$$R_m = \frac{\text{max. síla v tahu } F}{\text{výchozí průřez vzorku}} \quad \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

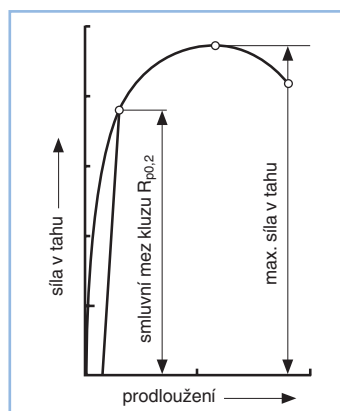
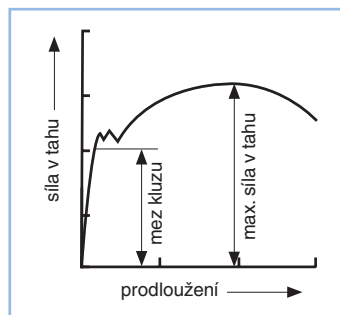
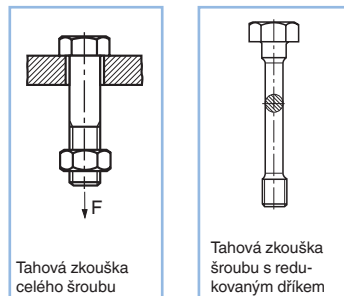
$$1 \text{ N/mm}^2 = 1 \text{ MPa} = 145.03 \text{ psi}$$

Mez kluzu R_{eL} [N/mm²]

Mez kluzu je hodnota odolnosti materiálu do plastické deformace. Obecně mez průtažnosti určuje, jaké zatížení musí šroub (vzorek) vydržet, aniž by došlo k trvalému prodloužení. Uvedená definice se týká relativně měkkých materiálů.

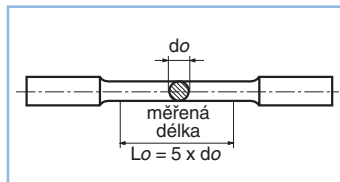
Smluvní mez kluzu $R_{p0,2}$ [N/mm²]

Vysokopevnostní materiály nemají výraznou mez kluzu, proto se definuje tzv. smluvní mez kluzu $R_{p0,2}$, která odpovídá napětí při 0,2% plastické deformaci (tj. podíl síly v tahu F ku trvalému prodloužení o 0,2% původní délky).

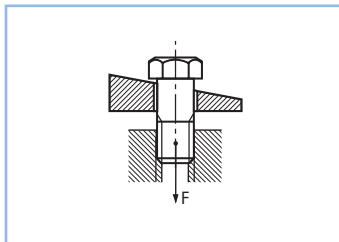


Tažnost při přetržení A [%]

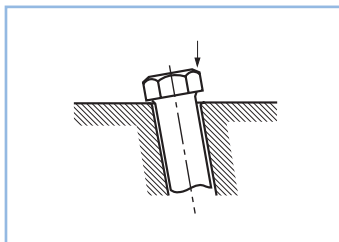
Je trvalé prodloužení měřené na přetrženém vzorku ve vztahu k původní délce. Výjimka: šrouby A1 až A4, kde se toto měření provádí na celých šroubech (ISO 3506).

**Pevnost v tahu při zkoušce na šikmé podložce**

Pevnost v tahu se zjišťuje na celých šroubech a současně při šikmém uložení je zkoušena i pevnost hlavy. Při zatížení se musí šroub přetrhnout v závitě nebo dřívku. Ke zlomení nesmí dojít v přechodu hlava / dřík. Účelem zkoušky je posouzení houževnatosti a integrity hlavy šroubu.

**Rázová houževnatost hlavy**

Hlava šroubu musí vydržet několik úderů kladivem. Po ohnutí hlavy o určitý úhel nesmí v přechodu hlava / dřík vzniknout žádné trhliny. Podrobnosti – viz ISO 898, část 1.

**Tvrlost**

Tvrlost je obecně odpor, který klade materiál průniku zkušebního tělesa při definovaném zatížení. Výhodou zkoušky tvrdosti dle Vickers je pokrytí celého rozsahu tvrdosti. Detaily – viz ISO 898, část 1.

Tvrlost HV podle Vickers: ISO 6507

Vtisk jehlanu
(zahrnuje celý rozsah tvrdosti, obvyklý u šroubů).

Tvrlost HB podle Brinell: ISO 6506

Vtisk kuličky

Tvrlost HRC podle Rockwell: ISO 6508

Vtisk kužele

► Srovnávací tabulky tvrdosti
Strana G.006

Vrubová houževnatost [Joule] ISO 83

Určuje vrubovou houževnatost ocele posouzením absorbované energie v případě úderu kyvadlového zkušebního zařízení do zkušební vzorku. Vzorek je zlomen po dopadu kyvadla jedním rázem. Lom poskytuje informace o mikrostruktuře, o procesu výroby ocele, o začlenění obsahu, atd. Hodnoty nelze použít pro výpočty.

Povrchové vady

Povrchové vady jsou struskové vměstky, materiálové přeložky a stopy po tažení, pocházející z výchozího polotovaru. Zatímco trhliny jsou krystalické lomy bez začleňování cizích materiálů. Podrobnosti viz EN 493 a ISO 6157.

Oduhličení

Povrchové oduhličení je obecně snížení obsahu uhlíku v povrchové vrstvě železných materiálů (oceli). Detaily – viz ISO 898, část 1.

Mechanické a fyzikální vlastnosti šroubů

podle ISO 898, část 1

Mechanické vlastnosti šroubů platí pro zkoušky při pokojové teplotě.

Číslo	Mechanická nebo fyzická vlastnost		Třída pevnosti									
			4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8 d ≤ 16 mm ^a	d > 16 mm ^b	9.8 d ≤ 16 mm	10.9	12.9/ 12.9
1	Pevnost v tahu, R _m , MPa, [N/mm ²]	jmen. ^c min.	400 400	400 420	500 500	500 520	600 600	800 800	800 830	900 900	1 000 1 040	1 200 1 220
2	Spodní mez kluzu, R _{el} ^d , MPa, [N/mm ²]	jmen. ^c min.	240 240	– –	300 300	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –
3	Smluvní mez kluzu R _{p0,2} , MPa, [N/mm ²]	jmen. ^c min.	– –	– –	– –	– –	– –	640 640	640 660	720 720	900 940	1 080 1 100
4	Napětí při 0,0048 d neproporcionálním prodloužení u šroubů s celým závitem R _{pl} ^e , MPa, [N/mm ²]	jmen. ^c min.	– –	320 340 ^g	– –	400 420 ^g	480 480 ^g	– –	– –	– –	– –	– –
5	Napětí při zkušebním zatížení, S _p ^f , MPa, [N/mm ²]	jmen.	225	310	280	380	440	580	600	650	830	970
	S _{p, nom} /R _{el min} nebo S _{p, nom} /R _{p0,2 min} nebo S _{p, nom} /R _{pl min}		0,94	0,91	0,93	0,90	0,92	0,91	0,91	0,90	0,88	0,88
6	Procentuální prodloužení po přetržení u obrobených zkušebních kusů A, %	min.	22	–	20	–	–	12	12	10	9	8
7	Procentuální zúžení v oblasti přetržení u obrobených zkušebních kusů Z, %	min.	–	–	–	–	–	52	52	48	48	44
8	Prodloužení po přetržení u šroubů s celým závitem, Af (rovněž viz ISO 898-1 Dodatek C)	min.	–	0,24	–	0,22	0,20	–	–	–	–	–
9	Rázová houževnatost		bez lomu									
10	Tvrdost Vickers, HV F ≥ 98 N	min. max.	120 220 ^g	130 220 ^g	155 220 ^g	160 220 ^g	190 250	250 320	255 335	290 360	320 380	385 435
	Tvrdost Brinell, HBW F = 30 D ²	min. max.	114 209 ^g	124 209 ^g	147 209 ^g	152 209 ^g	181 238	238 304	242 318	276 342	304 361	366 414
12	Tvrdost Rockwell, HRB	min. max.	67 95,0 ^g	71 95,0 ^g	79 95,0 ^g	82 95,0 ^g	89 99,5	– –	– –	– –	– –	– –
	Tvrdost Rockwell, HRC	min. max.	– –	– –	– –	– –	– 32	22 34	23 37	28 39	32 39	39 44
	13	Tvrdost povrchu, HV 0,3	max.	–	–	–	–	–	h	h	h	h,i
14	Výška neoduhlčené vrstvy závitu, E, mm	min.	–	–	–	–	–	1/2 H ₁	1/2 H ₁	1/2 H ₁	2/3 H ₁	3/4 H ₁
	Hloubka celkového oduhličení v závitu, G, mm	max.	–	–	–	–	–	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
15	Snížení tvrdosti po opětovném popouštění, HV	max.	–	–	–	–	–	20	20	20	20	20
16	Krouticí moment, M _B Nm	min.	–	–	–	–	–	podle ISO 898-7				
17	Rázová práce K _V ^{k-1} , J	min.	–	–	27	–	–	27	27	27	27	m
18	Neporušenost povrchu dle		ISO 6157-1 ⁿ									
			ISO 6157-3									

^a Hodnoty se netýkají konstrukčních spojů.

^b Pro konstrukční spoje d ≥ M12.

^c Jmenovité hodnoty jsou uvedeny pouze pro účely označení tříd pevnosti. Viz článek 5.

^d V případě kdy dolní mez kluzu R_{eL} není zjistitelná, je povoleno měřit napětí při 0,2 % neproporcionálním prodloužení $R_{p0.2}$.

^e Pro třídy pevnosti 4.8, 5.8 a 6.8 jsou hodnoty pro $R_{pf,min}$ ve stavu ověřování. Uvedené hodnoty slouží pouze jako podklady pro výpočet poměru napětí. Nejsou zkušebními hodnotami.

^f Hodnoty zkušebnímu zatížení jsou uvedeny v tabulkách na straně F.006.

^g Hodnota tvrdosti na konci šroubu smí být maximálně 250 HV, 238 HB nebo 99,5 HRB.

^h Tvrdost povrchu nesmí být vyšší o více než 30 Vickersových bodů oproti tvrdosti jádra při zjišťování obou tvrdostí při HV 0,3.

ⁱ Jakékoliv zvýšení tvrdosti na povrchu, které překračuje povrchovou tvrdost 390 HV, není akceptováno.

^j Jakékoliv zvýšení tvrdosti na povrchu, které překračuje povrchovou tvrdost 435 HV, není akceptováno.

^k Hodnoty jsou zjištěny při zkušební teplotě –20 °C.

^l Týká se d ≥ 16 mm.

^m Hodnoty pro K_V jsou ve stavu ověřování.

ⁿ ISO 6157-3 je možno použít místo ISO 6157-1 na základě souhlasu mezi výrobcem a zákazníkem.

Minimální mezní zatížení šroubů

podle ISO 898, část 1

Minimální mezní zatížení – metrický závit ISO s normální roztečí

Závit ¹⁾ d	Jmenovitý průřez $A_{s, \text{nom}}$ [mm ²]	Minimální mezní zatížení $F_{m \text{ min}} (A_{s, \text{nom}} \times R_{m, \text{min}})$ [N]								
		Třída pevnosti								
		4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9/12.9
M3	5,03	2 010	2 110	2 510	2 620	3 020	4 020	4 530	5 230	6 140
M3,5	6,78	2 710	2 850	3 390	3 530	4 070	5 420	6 100	7 050	8 270
M4	8,78	3 510	3 690	4 390	4 570	5 270	7 020	7 900	9 130	10 700
M5	14,2	5 680	5 960	7 100	7 380	8 520	11 350	12 800	14 800	17 300
M6	20,1	8 040	8 440	10 000	10 400	12 100	16 100	18 100	20 900	24 500
M7	28,9	11 600	12 100	14 400	15 000	17 300	23 100	26 000	30 100	35 300
M8	36,6	14 600 ²⁾	15 400	18 300 ²⁾	19 000	22 000	29 200 ²⁾	32 900	38 100 ²⁾	44 600
M10	58,0	23 200 ²⁾	24 400	29 000 ²⁾	30 200	34 800	46 400 ²⁾	52 200	60 300 ²⁾	70 800
M12	84,3	33 700	35 400	42 200	43 800	50 600	67 400 ³⁾	75 900	87 700	103 000
M14	115	46 000	48 300	57 500	59 800	69 000	92 000 ³⁾	104 000	120 000	140 000
M16	157	62 800	65 900	78 500	81 600	94 000	125 000 ³⁾	141 000	163 000	192 000
M18	192	76 800	80 600	96 000	99 800	115 000	159 000	–	200 000	234 000
M20	245	98 000	103 000	122 000	127 000	147 000	203 000	–	255 000	299 000
M22	303	121 000	127 000	152 000	158 000	182 000	252 000	–	315 000	370 000
M24	353	141 000	148 000	176 000	184 000	212 000	293 000	–	367 000	431 000
M27	459	184 000	193 000	230 000	239 000	275 000	381 000	–	477 000	560 000
M30	561	224 000	236 000	280 000	292 000	337 000	466 000	–	583 000	684 000
M33	694	278 000	292 000	347 000	361 000	416 000	576 000	–	722 000	847 000
M36	817	327 000	343 000	408 000	425 000	490 000	678 000	–	850 000	997 000
M39	976	390 000	410 000	488 000	508 000	586 000	810 000	–	1 020 000	1 200 000

¹⁾ Pokud není uvedena rozteč závitu, jedná se o závit s normální roztečí.²⁾ Pro spojovací díly s tolerancí závitu 6az dle ISO 965-4, určené pro žárové zinkování, platí snížené hodnoty dle ISO 10684.³⁾ Pro konstrukční spoje 70 000 N (pro M12), 95 500 N (pro M14) a 130 000 N (pro M16).

 Výpočet jmenovitého průřezu $A_{s, \text{nom}}$
Strana F.041

Minimální mezní zatížení – jemný metrický závit ISO

Závit d x P	Jmenovitý průřez $A_{s, \text{nom}}$ [mm ²]	Minimální mezní zatížení $F_{m \text{ min}} (A_{s, \text{nom}} \times R_{m, \text{min}})$ [N]								
		Třída pevnosti								
		4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9/12.9
M8 x 1	39,2	15 700	16 500	19 600	20 400	23 500	31 360	35 300	40 800	47 800
M10 x 1	64,5	25 800	27 100	32 300	33 500	38 700	51 600	58 100	67 100	78 700
M10 x 1,25	61,2	24 500	25 700	30 600	31 800	36 700	49 000	55 100	63 600	74 700
M12 x 1,25	92,1	36 800	38 700	46 100	47 900	55 300	73 700	82 900	95 800	112 000
M12 x 1,5	88,1	35 200	37 000	44 100	45 800	52 900	70 500	79 300	91 600	107 000
M14 x 1,5	125	50 000	52 500	62 500	65 000	75 000	100 000	112 000	130 000	152 000
M16 x 1,5	167	66 800	70 100	83 500	86 800	100 000	134 000	150 000	174 000	204 000
M18 x 1,5	216	86 400	90 700	108 000	112 000	130 000	179 000	–	225 000	264 000
M20 x 1,5	272	109 000	114 000	136 000	141 000	163 000	226 000	–	283 000	332 000
M22 x 1,5	333	133 000	140 000	166 000	173 000	200 000	276 000	–	346 000	406 000
M24 x 2	384	154 000	161 000	192 000	200 000	230 000	319 000	–	399 000	469 000
M27 x 2	496	198 000	208 000	248 000	258 000	298 000	412 000	–	516 000	605 000
M30 x 2	621	248 000	261 000	310 000	323 000	373 000	515 000	–	646 000	758 000
M33 x 2	761	304 000	320 000	380 000	396 000	457 000	632 000	–	791 000	928 000
M36 x 3	865	346 000	363 000	432 000	450 000	519 000	718 000	–	900 000	1 055 000
M39 x 3	1 030	412 000	433 000	515 000	536 000	618 000	855 000	–	1 070 000	1 260 000

Zkušební zatížení šroubů

podle ISO 898, část 1

Zkušební zatížení – metrický závit ISO s normální roztečí

Závit ¹⁾ d	Jmenovitý průřez $A_{s, \text{nom}}$ [mm ²]	Zkušební zatížení $F_p (A_{s, \text{nom}} \times S_{p, \text{nom}})$ [N]								
		Třída pevnosti								
		4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9/12.9
M3	5,03	1 130	1 560	1 410	1 910	2 210	2 920	3 270	4 180	4 880
M3,5	6,78	1 530	2 100	1 900	2 580	2 980	3 940	4 410	5 630	6 580
M4	8,78	1 980	2 720	2 460	3 340	3 860	5 100	5 710	7 290	8 520
M5	14,2	3 200	4 400	3 980	5 400	6 250	8 230	9 230	11 800	13 800
M6	20,1	4 520	6 230	5 630	7 640	8 840	11 600	13 100	16 700	19 500
M7	28,9	6 500	8 960	8 090	11 000	12 700	16 800	18 800	24 000	28 000
M8	36,6	8 240 ²⁾	11 400	10 200 ²⁾	13 900	16 100	21 200 ²⁾	23 800	30 400 ²⁾	35 500
M10	58,0	13 000 ²⁾	18 000	16 200 ²⁾	22 000	25 500	33 700 ²⁾	37 700	48 100 ²⁾	56 300
M12	84,3	19 000	26 100	23 600	32 000	37 100	48 900 ³⁾	54 800	70 000	81 800
M14	115	25 900	35 600	32 200	43 700	50 600	66 700 ³⁾	74 800	95 500	112 000
M16	157	35 300	48 700	44 000	59 700	69 100	91 000 ³⁾	102 000	130 000	152 000
M18	192	43 200	59 500	53 800	73 000	84 500	115 000	–	159 000	186 000
M20	245	55 100	76 000	68 600	93 100	108 000	147 000	–	203 000	238 000
M22	303	68 200	93 900	84 800	115 000	133 000	182 000	–	252 000	294 000
M24	353	79 400	109 000	98 800	134 000	155 000	212 000	–	293 000	342 000
M27	459	103 000	142 000	128 000	174 000	202 000	275 000	–	381 000	445 000
M30	561	126 000	174 000	157 000	213 000	247 000	337 000	–	466 000	544 000
M33	694	156 000	215 000	194 000	264 000	305 000	416 000	–	576 000	673 000
M36	817	184 000	253 000	229 000	310 000	359 000	490 000	–	678 000	792 000
M39	976	220 000	303 000	273 000	371 000	429 000	586 000	–	810 000	947 000

¹⁾ Pokud není uvedena rozteč závitu, jedná se o závit s normální roztečí.²⁾ Pro spojovací díly s tolerancí závitu 6az dle ISO 965-4 určené pro žárové zinkování platí snížené hodnoty dle ISO 10684.³⁾ Pro konstrukční spoje 50 700 N (pro M12), 68 800 N (pro M14) a 94 500 N (pro M16).

▶ Výpočet jmenovitého průřezu area $A_{s, \text{nom}}$
Strana F.041

Zkušební zatížení – metrický jemný závit ISO

Závit d x P	Jmenovitý průřez $A_{s, \text{nom}}$ [mm ²]	Zkušební zatížení $F_p (A_{s, \text{nom}} \times S_{p, \text{nom}})$ [N]								
		Třída pevnosti								
		4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9/12.9
M8 x 1	39,2	8 820	12 200	11 000	14 900	17 200	22 700	25 500	32 500	38 000
M10 x 1,25	61,2	13 800	19 000	17 100	23 300	26 900	35 500	39 800	50 800	59 400
M10 x 1	64,5	14 500	20 000	18 100	24 500	28 400	37 400	41 900	53 500	62 700
M12 x 1,25	92,1	20 700	28 600	25 800	35 000	40 500	53 400	59 900	76 400	89 300
M12 x 1,5	88,1	19 800	27 300	24 700	33 500	38 800	51 100	57 300	73 100	85 500
M14 x 1,5	125	28 100	38 800	35 000	47 500	55 000	72 500	81 200	104 000	121 000
M16 x 1,5	167	37 600	51 800	46 800	63 500	73 500	96 900	109 000	139 000	162 000
M18 x 1,5	216	48 600	67 000	60 500	82 100	95 000	130 000	–	179 000	210 000
M20 x 1,5	272	61 200	84 300	76 200	103 000	120 000	163 000	–	226 000	264 000
M22 x 1,5	333	74 900	103 000	93 200	126 000	146 000	200 000	–	276 000	323 000
M24 x 2	384	86 400	119 000	108 000	146 000	169 000	230 000	–	319 000	372 000
M27 x 2	496	112 000	154 000	139 000	188 000	218 000	298 000	–	412 000	481 000
M30 x 2	621	140 000	192 000	174 000	236 000	273 000	373 000	–	515 000	602 000
M33 x 2	761	171 000	236 000	213 000	289 000	335 000	457 000	–	632 000	738 000
M36 x 3	865	195 000	268 000	242 000	329 000	381 000	519 000	–	718 000	839 000
M39 x 3	1 030	232 000	319 000	288 000	391 000	453 000	618 000	–	855 000	999 000

Materiály, tepelné zpracování, chemické složení

podle ISO 898, část 1

Ocele

Třída pevnosti	Materiál a tepelné zpracování	Mezní hodnoty chemického složení (analýzy tavby %) ¹⁾					Popouštěcí teplota °C
		C		P	S	B ²⁾	
		min.	max.	max.	max.	max.	
4.6 ^{3), 4)}	Uhlíková ocel nebo uhlíková ocel s přísadami	–	0,55	0,05	0,06	nespecifikováno	–
4.8 ⁴⁾							
5.6 ³⁾		0,13	0,55	0,05	0,06		
5.8 ⁴⁾		–	0,55	0,05	0,06		
6.8 ⁴⁾		0,15	0,55	0,05	0,06		
8.8 ⁶⁾	Uhlíková ocel s přísadami (např. Bór, Mn nebo Cr), kalená a popuštěná	0,15 ⁵⁾	0,40	0,025	0,025	0,003	425
	nebo uhlíková ocel, kalená a popuštěná	0,25	0,55	0,025	0,025		
	nebo legovaná ocel, kalená a popuštěná ⁷⁾	0,20	0,55	0,025	0,025		
9.8 ⁶⁾	Uhlíková ocel s přísadami (např. Bór, Mn nebo Cr nebo Molybden), kalená a popuštěná	0,15 ⁵⁾	0,40	0,025	0,025	0,003	425
	nebo uhlíková ocel, kalená a popuštěná	0,25	0,55	0,025	0,025		
	nebo legovaná ocel, kalená a popuštěná ⁷⁾	0,20	0,55	0,025	0,025		
10.9 ⁶⁾	Uhlíková ocel s přísadami (např. Bór, Mn nebo Cr), kalená a popuštěná	0,20 ⁵⁾	0,55	0,025	0,025	0,003	425
	nebo uhlíková ocel, kalená a popuštěná	0,25	0,55	0,025	0,025		
	nebo legovaná ocel, kalená a popuštěná ⁷⁾	0,20	0,55	0,025	0,025		
12.9 ^{6), 8), 9)}	legovaná ocel, kalená a popuštěná ⁷⁾	0,30	0,50	0,025	0,025	0,003	425
12.9 ^{6), 8), 9)}	Uhlíková ocel s přísadami (např. Bór, Mn nebo Cr nebo Molybden), kalená a popuštěná	0,28	0,50	0,025	0,025	0,003	380

¹⁾ V případě pochybností se provádí výrobová analýza.²⁾ Obsah bóru smí dosáhnout 0,005 % za předpokladu, že neúčinný bór je kontrolován přísadami titanu a/nebo hliníku.³⁾ U spojovacích součástí třídy pevnosti 4.6 a 5.6 vyráběných tvářením za studena, může být provedeno nezbytné tepelné zpracování výchozího materiálu k dosažení požadované tažnosti.⁴⁾ Pro tyto třídy pevnosti je přípustná automatová ocel s následujícími maximálními obsahy fosforu, síry a olova: síra: 0,34 %; fosfor: 0,11 %; olovo: 0,35 %.⁵⁾ U uhlíkové oceli s přísadou bóru a obsahem uhlíku nižším než 0,25 % (analýza tavby) musí být u třídy pevnosti 8.8 obsah manganu nejméně 0,6 % a u třídy pevnosti 9.8 a 10.9 nejméně 0,7 %.⁶⁾ Materiál pro tyto třídy pevnosti musí být dostatečně kalitelný, pro zajištění podílu martenzitu ve struktuře jádra závitové části přibližně 90 % v kaleném stavu před popuštěním.⁷⁾ Legovaná ocel musí obsahovat nejméně jeden z prvků v uvedeném minimálním množství: chrom 0,3 %, nikl 0,3 % molybden 0,2 %, vanad 0,1 %. Jsou-li zjištěny dva, tři nebo čtyři prvky v kombinaci a mají nižší legující podíly než jak je uvedeno, pak je mezní hodnota použita pro klasifikaci třídy, 70 % součtu výše uvedených jednotlivých mezních hodnot pro dotyčné dva, tři nebo čtyři prvky.⁸⁾ U třídy pevnosti 12.9/12.9 není přípustná metalograficky zjištělná, bílým fosforem obohacená vrstva. Ta musí být zjištěna vhodnou zkušební metodou.⁹⁾ Při úvaze o použití třídy pevnosti 12.9/12.9 se doporučuje opatrnost. Musí být bráno v úvahu: schopnost výrobce, provozní podmínky a způsoby utahování. Prostředí může být příčinou trhlin způsobených korozí od napětí stejně jako u povlakovaných dílů.

Vlastnosti při zvýšených teplotách

podle ISO 898, část 1

Vliv zvýšených teplot na mechanické vlastnosti spojovacích materiálů

Zvýšené teploty mohou způsobit změny mechanických vlastností spojovacích materiálů a jejich funkcí.

Až do typických provozních teplot 150 °C nejsou známy žádné změny mechanických vlastností. Při teplotách nad 150 °C a až do maximální teploty 300 °C musí být funkce spojovacích dílů pečlivě ověřena.

Se zvýšením teplot lze očekávat progresivní:

- snížení dolní meze kluzu nebo napětí při 0,2 % neproporcionálním prodloužení nebo napětí při 0,0048 d neproporcionálním prodloužení u hotových spojovacích dílů a
- snížení pevnosti v tahu. Nepřetržitý provoz spojovacích dílů při zvýšených provozních teplotách může vést k relaxaci napětí, které se s vyššími teplotami zvyšuje. Relaxaci napětí doprovází ztráta svěrné síly.

Spojovací materiály zpevněné tvářením (třídy pevnosti 4.8, 5.8, 6.8) jsou v porovnání s kalenými a popouštěnými spojovacími díly více citlivé na relaxaci napětí.

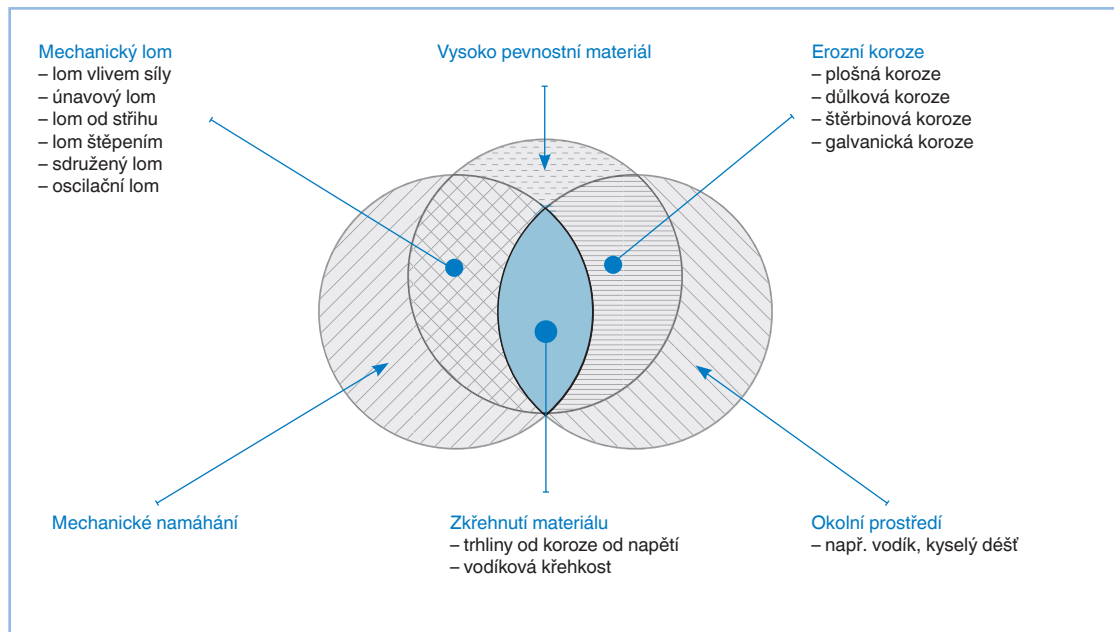
V případě, kdy je hodnota provozní teploty v rozsahu teploty bodu tavení olova je nutno brát v úvahu riziko tekutého zkřehnutí kovu (LME).

Informace, v EN 10269 a v ASTM F2281.

Vlastnosti u vyšších pevností (když $\geq 1\,000\text{ N/mm}^2$)

Vliv vyšší třídy pevnosti šroubu při mechanickém namáhání a vlivu prostředí.

► Riziko vodíkové křehkosti
Strana F.033



Mechanické vlastnosti matic s normálním metrickým závitem ISO

podle ISO 898, část 2

Třída pevnosti			Závít Ø				
			až M4	> M4 až M7	> M7 až M10	> M10 až M16	> M16 až M39
04	Napětí při zkušebním zatížení, S _p , [N/mm²] Tvrdost Vickers HV		380	380	380	380	380
		min.	188	188	188	188	188
		max.	302	302	302	302	302
05	Napětí při zkušebním zatížení, S _p , [N/mm²] Tvrdost Vickers HV		500	500	500	500	500
		min.	272	272	272	272	272
		max.	353	353	353	353	353
4	Napětí při zkušebním zatížení, S _p , [N/mm²] Tvrdost Vickers HV		–	–	–	–	510
		min.	–	–	–	–	117
		max.	–	–	–	–	302
5	Napětí při zkušebním zatížení, S _p , [N/mm²] Tvrdost Vickers HV		520	580	590	610	630
		min.	130	130	130	130	146
		max.	302	302	302	302	302
6	Napětí při zkušebním zatížení, S _p , [N/mm²] Tvrdost Vickers HV		600	670	680	700	720
		min.	150	150	150	150	170
		max.	302	302	302	302	302
8 ³⁾	Napětí při zkušebním zatížení, S _p , [N/mm²] Tvrdost Vickers HV		800	855	870	880	920
		min.	180	200	200	200	233
		max.	302	302	302	302	353
9	Napětí při zkušebním zatížení, S _p , [N/mm²] Tvrdost Vickers HV		900	915	940	950	920
		min.	170	188	188	188	188
		max.	302	302	302	302	302
10	Napětí při zkušebním zatížení, S _p , [N/mm²] Tvrdost Vickers HV		1 040	1 040	1 040	1 050	1 060
		min.	272	272	272	272	272
		max.	353	353	353	353	353
12 ¹⁾	Napětí při zkušebním zatížení, S _p , [N/mm²] Tvrdost Vickers HV		1 140	1 140	1 140	1 170	–
		min.	295	295	295	295	–
		max.	353	353	353	353	–
12 ²⁾	Napětí při zkušebním zatížení, S _p , [N/mm²] Tvrdost Vickers HV		1 150	1 150	1 160	1 190	1 200
		min.	272	272	272	272	272
		max.	353	353	353	353	353

¹⁾ Matice typ 1 (ISO 4032) ≈ 0,9 d matice²⁾ Matice typ 2 (ISO 4033) ≈ 1,0 d matice³⁾ Třída 8 ≤ M16 pouze typ 1 (tepelně nezušlechtěné)

> M16 typ 1 (kalené a popouštěné) a typ 2 (tepelně nezušlechtěné)

Poznámky

- Hodnoty minimálních tvrdostí jsou závazné pouze pro matice, u nichž nelze provést zkoušku zkušebním zatížením a u tepelně zušlechtěných matic. Pro všechny ostatní matice platí minimální tvrdost pouze jako doporučená hodnota.
- Hodnoty minimálních tvrdostí u matic s jmenovitými průměry závitu nad 39 a do 100 mm jsou pouze informativními hodnotami.

Uvedené mechanické vlastnosti se vztahují k tepelně zpracovaným maticím:

Třída pevnosti	Matice	Závít
05 až 8	Typ1	metrický závít ISO > M16
05 až 8	Typ1	jenná rozteč závitu
10 a 12	–	metrický závít ISO jenná rozteč závitu

Odolnost proti stržení závitu u matic s výškou $\geq 0,5 d$, $a < 0,8 d$

podle ISO 898, část 2

Ke stržení závitu šroubu dojde při párování nízkopevnostních šroubů s maticemi vyšších pevností. Ke stržení závitu matic dojde při párování vysokopevnostních šroubů s maticemi nižších pevností.

Třída pevnosti matic	Zkušební napětí matice [N/mm ²]	Minimální napětí v jádru šroubu před stržením při kombinaci se šrouby třídy pevnosti [N/mm ²]			
		6.8	8.8	10.9	12.9
04	380	260	300	330	350
05	500	290	370	410	480

Zkušební zatížení matic

podle ISO 898, část 2

Závít ¹⁾	Jmenovitý průřez materiálu A _S [mm ²]	Zkušební zatížení (A _S x S _p), [N]									
		Třída pevnosti									
		04	05	4	5	6	8	9	10	12	
		–	–	Typ 1	Typ 1	Typ 1	Typ 1	Typ 2	Typ 2	Typ 2	Typ 2
M3	5,03	1 910	2 500	–	2 600	3 000	4 000	–	4 500	5 200	5 800
M3,5	6,78	2 580	3 400	–	3 550	4 050	5 400	–	6 100	7 050	7 800
M4	8,78	3 340	4 400	–	4 550	5 250	7 000	–	7 900	9 150	10 100
M5	14,2	5 400	7 100	–	8 250	9 500	12 140	–	13 000	14 800	16 300
M6	20,1	7 640	10 000	–	11 700	13 500	17 200	–	18 400	20 900	23 100
M7	28,9	11 000	14 500	–	16 800	19 400	24 700	–	26 400	30 100	32 900
M8	36,6	13 900	18 300	–	21 600	24 900	31 800	–	34 400	38 100	42 500
M10	58,0	22 000	29 000	–	34 200	39 400	50 500	–	54 500	60 300	66 100
M12	84,3	32 000	42 200	–	51 400	59 000	74 200	–	80 100	88 500	100 300
M14	115	43 700	57 500	–	70 200	80 500	101 200	–	109 300	120 800	134 600
M16	157	59 700	78 500	–	95 800	109 900	138 200	–	149 200	164 900	183 700
M18	192	73 000	96 000	97 900	121 000	138 200	176 600	170 900	176 600	203 500	–
M20	245	93 100	122 500	125 000	154 000	176 400	225 400	218 100	225 400	259 700	–
M22	303	115 100	151 500	154 500	190 900	218 200	278 800	269 700	278 800	321 200	–
M24	353	134 100	176 500	180 000	222 400	254 200	324 800	314 200	324 800	374 200	–
M27	459	174 400	229 500	234 100	289 200	330 500	422 300	408 500	422 300	486 500	–
M30	561	213 200	280 500	286 100	353 400	403 900	516 100	499 300	516 100	594 700	–
M33	694	263 700	347 000	353 900	437 200	499 700	638 500	617 700	638 500	735 600	–
M36	817	310 500	408 500	416 700	514 700	588 200	751 600	727 100	751 600	866 000	–
M39	976	370 900	488 000	497 800	614 900	702 700	897 900	868 600	897 900	1 035 000	–

¹⁾ Není-li v označení závitu uvedeno stoupání, jedná se o normální závít (viz ISO 261 a ISO 262).

Zkušební zatížení matic 0,8 d

podle DIN 267, část 4

Matice se zkušebními zatíženími nad 350 000 N (hodnoty v modrých polích) lze ze zkoušky zkušebním zatížením vyloučit. Pro tyto matice je třeba sjednat hodnotu minimální tvrdosti mezi výrobcem a zákazníkem.

Závit ¹⁾	Jmenovitý průřez materiálu A _S [mm ²]	Zkušební zatížení (A _S x S _p), [N]					
		Třída pevnosti (kódové číslo)					
		4	5	6	8	10	12
M3	5,03	–	2 500	3 000	4 000	5 000	6 000
M3,5	6,78	–	3 400	4 050	5 400	6 800	8 150
M4	8,78	–	4 400	5 250	7 000	8 750	10 500
M5	14,2	–	7 100	8 500	11 400	14 200	17 000
M6	20,1	–	10 000	12 000	16 000	20 000	24 000
M7	28,9	–	14 500	17 300	23 000	29 000	34 700
M8	36,6	–	18 300	22 000	29 000	36 500	43 000
M10	58,0	–	29 000	35 000	46 000	58 000	69 500
M12	84,3	–	42 100	50 500	67 000	84 000	100 000
M14	115	–	57 500	69 000	92 000	115 000	138 000
M16	157	–	78 500	94 000	126 000	157 000	188 000
M18	192	76 800	96 000	115 000	154 000	192 000	230 000
M20	245	98 000	122 000	147 000	196 000	245 000	294 000
M22	303	121 000	151 000	182 000	242 000	303 000	364 000
M24	353	141 000	176 000	212 000	282 000	353 000	423 000
M27	459	184 000	230 000	276 000	367 000	459 000	550 000
M30	561	224 000	280 000	336 000	448 000	561 000	673 000
M33	694	277 000	347 000	416 000	555 000	694 000	833 000
M36	817	327 000	408 000	490 000	653 000	817 000	980 000
M39	976	390 000	488 000	585 000	780 000	976 000	1 170 000

¹⁾ Není-li v označení závitů uvedeno stoupání, jedná se o normální závit (viz DIN 13).

Chemické složení materiálu matic

podle ISO 898, část 2

Třída pevnosti		Chemické složení jako hmotnost v % (zkušební analýzy)			
		C	Mn	P	S
		max.	min.	max.	max.
4 ¹⁾ , 5 ¹⁾ , 6 ¹⁾	–	0,50	–	0,060	0,150
8, 9	04 ¹⁾	0,58	0,25	0,060	0,150
10 ²⁾	05 ²⁾	0,58	0,30	0,048	0,058
12 ²⁾	–	0,58	0,45	0,048	0,058

¹⁾ Nedohodne-li se objednavatel s dodavatelem jinak, mohou být matice těchto tříd pevnosti vyrobeny z automatové ocele. Při použití automatové ocele jsou povoleny tyto nejvyšší podíly síry, fosforu a olova:
síra 0,34 %
fosfor 0,11 %
olovo 0,35 %

²⁾ U těchto tříd pevnosti musí být pro dosažení mechanických vlastností přidány podle potřeby legující prvky.

! Poznámka

Matice tříd pevnosti 05, 8 (typ 1 nad M16 nebo typ 1 s jemným závitem), 10 a 12 musí být kaleny a popuštěny.

Mechanické vlastnosti

podle ISO 898, část 5

Uvedené mechanické vlastnosti platí pro stavěcí šrouby a podobné díly které nejsou zatěžovány tahovou silou, se závitem o průměru od 1,6 do 39 mm, vyrobené z nelegované nebo legované ocele.

Další údaje o mechanických vlastnostech stavěcích šroubů viz ISO 898, část 5.

Mechanické vlastnosti		Třída pevnosti ¹⁾			
		14 H	22 H	33 H	45 H
Tvrdost Vickers HV	min.	140	220	330	450
	max.	290	300	440	560
Tvrdost Brinell HB, F = 30 D ²	min.	133	209	314	428
	max.	276	285	418	532
Tvrdost Rockwell HRC	min.	75	95	–	–
	max.	105	–	–	–
Tvrdost Rockwell HRC	min.	–	–	33	45
	max.	–	30	44	53
Tvrdost povrchu HV 0,3	min.	–	320	450	580
	max.	–	–	–	–

¹⁾ Třídy pevnosti 14 H, 22 H a 33 H nejsou pro stavěcí šrouby s vnitřním šestihranem

Materiály, tepelné zpracování a chemické složení

podle ISO 898, část 5

Třída pevnosti	Materiál	Tepelné zpracování	Chemické složení hmotnosti v % (náhodné analýzy)			
			C		P	S
			min.	max.	max.	max.
14 H	Ocel s vysokým obsahem uhlíku ^{1) 2)}	–	–	0,50	0,11	0,15
22 H	Ocel s vysokým obsahem uhlíku ³⁾	kaleno a popuštěno	–	0,50	0,05	0,05
33 H	Ocel s vysokým obsahem uhlíku ³⁾	kaleno a popuštěno	–	0,50	0,05	0,05
45 H	Legovaná ocel ^{3) 4) 5) 6)}	kaleno a popuštěno	0,19	0,50	0,05	0,05

¹⁾ Je přípustná automatová ocel s těmito maximálními obsahy olova, fosforu a síry: Pb = 0,35 %, P = 0,11 %, S = 0,34 %.

²⁾ Pro stavěcí šrouby se čtyřhrannou hlavou je přípustné kalení po cementování.

³⁾ Povolena ocel s max. Pb = 0,35 %.

⁴⁾ Legovaná ocel musí obsahovat některý legující prvek nebo několik legujících prvků, jako chrom, nikl, molybden, vanad nebo bór.

⁵⁾ Pro stavěcí šrouby s třídou pevnosti 45H mohou být použity jiné ocele pokud vyhovují podmínkám zkoušky dle ISO 898-5. Ocele legované bórem musí mít obsah bóru mezi 0,0008 a 0,005%. Pokud legující prvky mají obsah alespoň 50% obsahu dle ISO 898-1, je povolena tvrdá ocel s min. obsahem uhlíku 0,45%.

⁶⁾ Bórem legované uhlíkové ocele obsahují až do M16 min. 0,35%C.

Značení a mechanické vlastnosti šroubů se šestihrannou hlavou UNC/UNF

podle SAE J429

Identifikační značka třídy jakosti (Grade)	Specifikace	Materiál	Jmenovitý rozsah [in.]	Mechanické vlastnosti		
				Zkušební zatížení [psi/MPa]	Mez kluzu [psi/MPa]	Pevnost v tahu [psi/MPa]
 Bez označení	SAE J429 Grade 1	Ocel s nízkým nebo středním obsahem uhlíku	$\frac{1}{4} - 1\frac{1}{2}$	33 000 / 227,53	36 000 / 248,21	60 000 / 413,69
	SAE J429 Grade 2		$\frac{1}{4} - \frac{3}{4}$ $> \frac{3}{4} - 1\frac{1}{2}$	55 000 / 379,21 33 000 / 227,53	57 000 / 393,00 36 000 / 248,21	74 000 / 510,21 60 000 / 413,69
	SAE J429 Grade 5	Zušlechťená ocel se středním obsahem uhlíku	$\frac{1}{4} - 1$ $> 1 - 1\frac{1}{2}$	85 000 / 586,05 74 000 / 510,21	92 000 / 634,32 81 000 / 558,48	120 000 / 827,37 105 000 / 723,95
	SAE J429 Grade 5.2	Zušlechťená martenzitická ocel s nízkým obsahem uhlíku	$\frac{1}{4} - 1$	85 000 / 586,05	92 000 / 634,32	120 000 / 827,37
	SAE J429 Grade 8	Legovaná zušlechťená ocel se středním obsahem uhlíku	$\frac{1}{4} - 1\frac{1}{2}$	120 000 / 827,37	130 000 / 896,32	150 000 / 1034,20

1 ksi = 1 000 psi = 6,8948 MPa = 6,8948 N/mm²

ksi = kilopondy na čtvereční palec

psi = pondy na čtvereční palec

Značení a označování spojovacích dílů se sníženou zatížitelností

podle ISO 898, část 1

V dubnu 2009 byla novelizována norma pro svorníky, šrouby a závrtné šrouby se specifickými třídami pevností – normální a jemné závity.

Spojovací díly podle výrobních norem se sníženou zatížitelností musí být značeny třídou pevnosti s předcházející číslicí «0». Takové označení jako nezbytná bezpečnostní informace je důležitá pro správnou montáž. V katalogu Bossard jsou doplňující informace. Tato úprava značení na hlavě šroubu je v souladu s revidovanou normou.

! Posouzení změny uživatelem:

- ve srovnání s revidovanou normou nemají spojovací díly, které jsou vyráběny podle původní normy, žádné funkční rozdíly,
- spojovací díly podle zmíněné specifikace ISO 898-1 mají sníženou zatížitelnost kvůli geometrii hlavy – tzn. že utahovací momenty musí být v této souvislosti rovněž zohledněny.

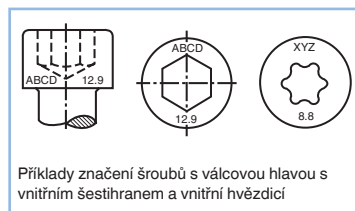
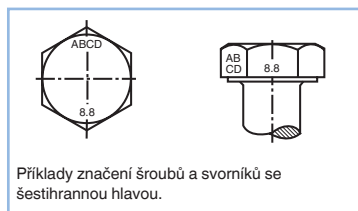
Značení spojovacích dílů

podle ISO 898, část 1

Symboly značení	Třída pevnosti									
	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9	12.9
Symbol pro spojovací díly s plnou zatížitelností ¹⁾	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9	12.9
Symbol pro spojovací díly se sníženou zatížitelností ¹⁾	04.6	04.8	05.6	05.8	06.8	08.8	09.8	010.9	012.9	012.9

¹⁾ Tečka smí být v symbolu vynechána.

Označení značkou výrobce a třídou pevnosti je předepsáno pro šrouby se šestihrannou hlavou 4.6 až 12.9 a pro šrouby s válcovou hlavou s vnitřním šestihranem a vnitřní hvězdíci třídy 8.8 až 12.9 s průměrem závitu $d \geq 5$ mm tam, kde tvar hlavy značení umožňuje. (Značení svorníků a šroubů má být přednostně na hlavě).



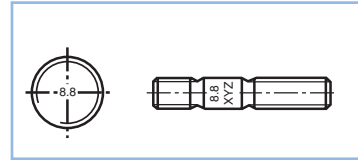
Značení závrtných šroubů

podle ISO 898, část 1

Pro třídy pevnosti vyšší než 5.6 je značení povinné a přednostně má být na horní části konce šroubu. U závrtných šroubů se závitem s pevným uložením na závrtném konci musí být označení třídy pevnosti umístěno na maticovém konci.

U závrtných šroubů je značení předepsáno pro jmenovitý průměr závitu větší než 5 mm.

V tabulce vpravo jsou rovněž zobrazeny uznané symboly pro značení třídy pevnosti.

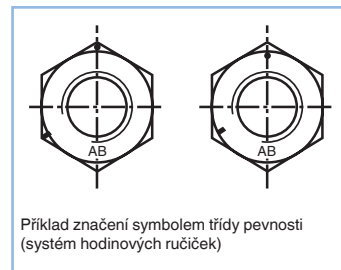
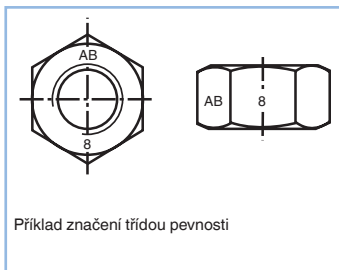


Třída pevnosti	5.6	8.8	9.8	10.9	12.9
Symbol	—	○	+	□	△

Značení matic podle ISO

podle ISO 898, část 2

Značení značkou výrobce a třídy pevnosti je předepsáno pro šestihranné matice o průměru závitu $d \geq 5$ mm. Značení šestihranných matic se provádí na dosedací ploše nebo na ploše pro nasazení klíče prohloubením nebo na zkosené hraně vyvýšeným písmem. Vystouplé značení nesmí přesahovat přes dosedací plochu matice.

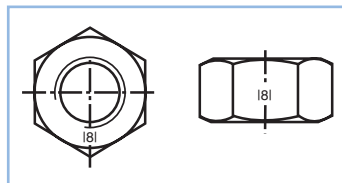


Značení matic podle DIN

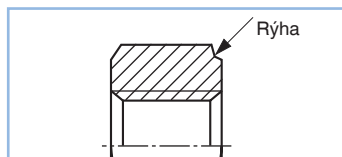
podle DIN 267, část 4

	Třída pevnosti					
Charakteristické číslo	4	5	6	8	10	12
Identifikační značka	4	5	6	8	10	12

Šestihranné matice o jmenovitém průměru závitu $d \geq 5$ mm musí být označeny značkou třídy pevnosti na dosedací ploše nebo na ploše pro nasazení klíče. Vystouplé značení nesmí přesahovat přes dosedací plochu matice.



Šestihranné matice s jmenovitým průměrem závitu $d \geq 5$ mm podle DIN 934 a DIN 935, vyrobené z automatové ocele je navíc třeba označit rýhou na zkosené hraně (do třídy pevnosti 6).

**Párování šroubů a matic $\geq 0,8 d$**

podle ISO 898, část 2

Přirazování možných tříd pevnosti šroubů a matic

Párování šrouby		Matice			
Třída pevnosti	Rozsah průměrů	Třída pevnosti	Rozsah průměrů		
			Typ 1	Typ 2	Typ 0,5 d
3.6 až 12.9 snížená zatížitelnost	$\leq M39$	04	–	–	$< M39$
		05	–	–	$< M39^{1)}$
3.6, 4.6, 4.8	$> M16$	4	$> M16$	–	–
3.6, 4.6, 4.8	$\leq M16$	5	$\leq M16$	–	–
5.6, 5.8	$\leq M39$		$> M16 \leq M39$	–	–
6.8	$\leq M39$	6	$\leq M39$	–	–
08.8 snížená zatížitelnost	$\leq M39$	8	$\leq M16$	$> M16 \leq M39$	–
			$> M16 \leq M39^{1)}$		
8.8	$\leq M39$	8	$\leq M16$	$> M16 \leq M39$	–
			$> M16 \leq M39^{1)}$		
9.8	$\leq M16$	9	–	$\leq M16$	–
10.9	$\leq M39$	10	$\leq M39^{1)}$	–	–
12.9	$\leq M39$	12	$\leq M16^{1)}$	$\leq M39^{1)}$	–

¹⁾ Tepelně zušlechťený materiál**! Poznámka:**

Všeobecně lze říci, že použití matic s vyšší třídou pevnosti je vhodnější než matic s nižší třídou pevnosti. Tato aplikace je vhodná především u spojů namáhaných nad mez kluzu či s napětím nižším, než je zkušební napětí.

Mechanické vlastnosti a minimální hodnoty meze kluzu 0,2 % při zvýšených teplotách

podle DIN EN 10269 (stará norma DIN 17240)

Materiálová zkratka		Rozsah průměrů	Pevnost v tahu	Tažnost	Hodnota nárazové práce	Hodnoty smluvní meze kluzu kluzu $R_{p0,2}$ [N/mm ²] při teplotě [°C]						
Název	Číslo materiálu	d [mm]	R_m [N/mm ²]	A_{min} [%]	K_{Vmin} [J]	20	100	200	300	400	500	600
kalené a popouštěné ocele												
C35E	1.1181	$d \leq 60$	500 až 650	22	55	300	270	229	192	173		
35B2	1.5511	$d \leq 60$	500 až 650	22	55	300	270	229	192	173		
25CrMo4	1.7218	$d \leq 100$	600 až 750	18	60	440	428	412	363	304	235	
42CrMo4	1.7225	$d \leq 60$	860 až 1 060	14	50	730	702	640	562	475	375	
40CrMoV4-7	1.7711	$d \leq 100$	850 až 1 000	14	30	700	670	631	593	554	470	293
X22CrMoV12-1	1.4923	$d \leq 160$	800 až 950	14	27	600	560	530	480	420	335	
X19CrMoNbVN11-1	1.4913	$d \leq 160$	900 až 1 050	12	20	750	701	651	627	577	495	305
austenitické ocele zpevněné tvářením												
X5CrNi18-10	1.4301	$d \leq 35$	700 až 850	20	80	350	155	127	110	98	92	
X5CrNiMo17-12-2	1.4401	$d \leq 35$	700 až 850	20	80	350	175	145	127	115	110	
X5NiCrTi26-5	1.4980	$d \leq 160$	900 až 1 150	15	50	600	580	560	540	520	490	430

Orientační hodnoty měrné hmotnosti a statického modulu pružnosti

podle DIN EN 10269 (stará norma DIN 17240)

Materiálová zkratka		Měrná hmotnost ρ	Statický modul pružnosti E v [kN/mm ²] při teplotě [°C]						
Název	Číslo materiálu	ρ [kg/dm ³]	20	100	200	300	400	500	600
kalené a popouštěné ocele									
C35E	1.1181	7,85	211	204	196	186	177	164	127
40CrMoV4-7	1.7711								
X19CrMoNbVN11-1	1.4913	7,7	216	209	200	190	179	167	127
X22 CrMoV12-1	1.4923								
austenitické ocele zpevněné tvářením									
X5CrNi18-10	1.4301	7,9	200	194	186	179	172	165	–
X5CrNiMo17-12-2	1.4401	8,0							
X5NiCrTi26-15	1.4980	8,0	211 ¹⁾	206 ¹⁾	200 ¹⁾	192 ¹⁾	183 ¹⁾	173 ¹⁾	162 ¹⁾

¹⁾ Dynamický modul pružnosti**Orientační hodnoty součinitele tepelné roztažnosti, tepelné vodivosti a tepelné kapacity**

Výtah z DIN EN 10269 (stará norma DIN 17240)

Materiálová zkratka		Součinitel tepelné roztažnosti v 10^{-6} / K mezi 20 °C a						Tepelná vodivost při 20 °C	Specifická tepelná vodivost při 20 °C
Název	Číslo materiálu	100 °C	200 °C	300 °C	400 °C	500 °C	600 °C	$\left[\frac{W}{m \cdot K} \right]$	$[J/(kg \cdot K)]$
kalené a popouštěné ocele									
C35E	1.1181	11,1	12,1	12,9	13,5	13,9	14,1	42	460
40CrMoV4-7	1.7711							33	
austenitické ocele zpevněné tvářením									
X5CrNi18-10	1.4301	16,0	16,5	17,0	17,5	18,0	n. a.	15	500
X5CrNiMo17-12-2	1.4401								
X5NiCrTi26-15	1.4980	17,0	17,5	17,7	18,0	18,2	n. a.	n. a.	n. a.

n. a. = žádné dostupné údaje

Šrouby a matice pro vysoké a nízké teploty

Tabulka materiálů pro teploty nad +300 °C

podle DIN 267, část 13

Materiálová zkratka			
Název	Číslo materiálu	Značení	Hranice teplot použití
C35E (N) ¹⁾	1.1181	Y	+350 °C
C35E (QT)	1.1181	YK	+350 °C ²⁾
35B2	1.5511	YB	+350 °C ²⁾
24CrMo5	1.7258	G	+400 °C
25CrMo4	1.7218	KG	+400 °C
42CrMo4	1.7225	GC	+500 °C
21CrMoV5-7	1.7709	GA	+540 °C
40CrMoV4-6	1.7711	GB	+520 °C
X22CrMoV12-1	1.4923	V ³⁾ , VH ⁴⁾	+580 °C
X19CrMoNbVN11-1	1.4913	VW	+580 °C
X7CrNiMoBNb16-16	1.4986	S	+650 °C
X6NiCrTiMoVB25-15-2	1.4980	SD	+650 °C
NiCr20TiAl	2.4952	SB	+700 °C

¹⁾ Týká se jen matic²⁾ U matic jsou tyto obvyklé horní hranice provozních teplot vyšší asi o 50 °C.³⁾ Symbol V pro materiál se smluvní mezí kluzu $R_{p0,2} \geq 600 \text{ N/mm}^2$ ⁴⁾ Symbol VH pro materiál se smluvní mezí kluzu $R_{p0,2} \geq 700 \text{ N/mm}^2$ **Tabulka materiálů pro nízké teploty od -200 °C do -10 °C**

podle DIN 267, část 13

Materiálová zkratka				
Název	Číslo materiálu	Značení	Šrouby	Hranice teplot použití
25CrMo4	1.7218	KG		-60 °C
X12Ni5	1.5680	KB		-120 °C
X5CrNi18-10	1.4301	A2 ¹⁾		-200 °C
X4CrNi18-12	1.4303	A2 ¹⁾		-200 °C
X2CrNi18-9	1.4307	A2L ¹⁾		-200 °C
X6CrNiMoTi-17-12-2	1.4571	A5 ¹⁾	s hlavou ²⁾ bez hlavy ²⁾	-60 °C -200 °C
X2CrNi17-12-2	1.4404	A4L ¹⁾	s hlavou ²⁾ bez hlavy ²⁾	-60 °C -200 °C

¹⁾ U austenitické ocele musí být k označení uvedena jakost ocele, např. A2-70.

Aplicační teploty až do -200 °C pro šrouby třídy pevnosti 70 a 80, matice třídy 80. Nižší pevnost až do -60 °C.

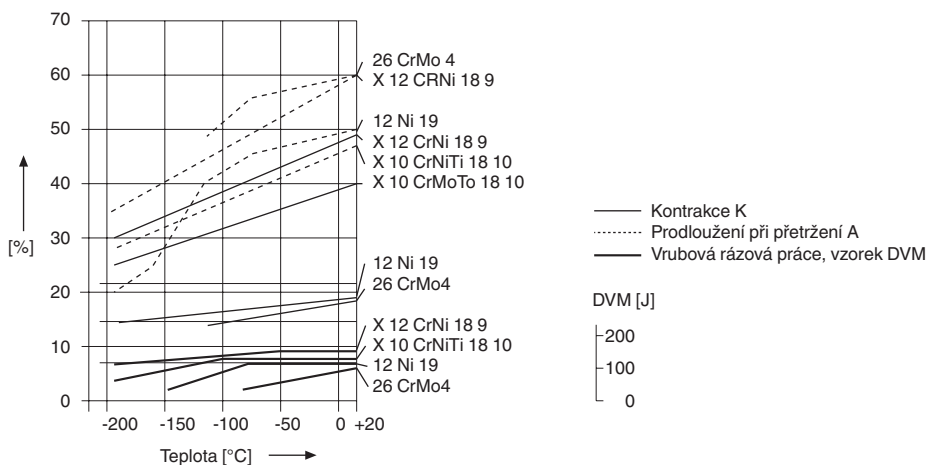
²⁾ Vzhledem k obsahu molybdenu již nelze při nižší než uvedené teplotě počítat s homogenní austenitickou mikrostrukturou.**! Poznámka**U nižších hodnot provozní teploty v tabulce musí být rázová práce (K_V) alespoň 40 Joulů.**Párování materiálů šroubů a matic**

podle DIN 267, část 13

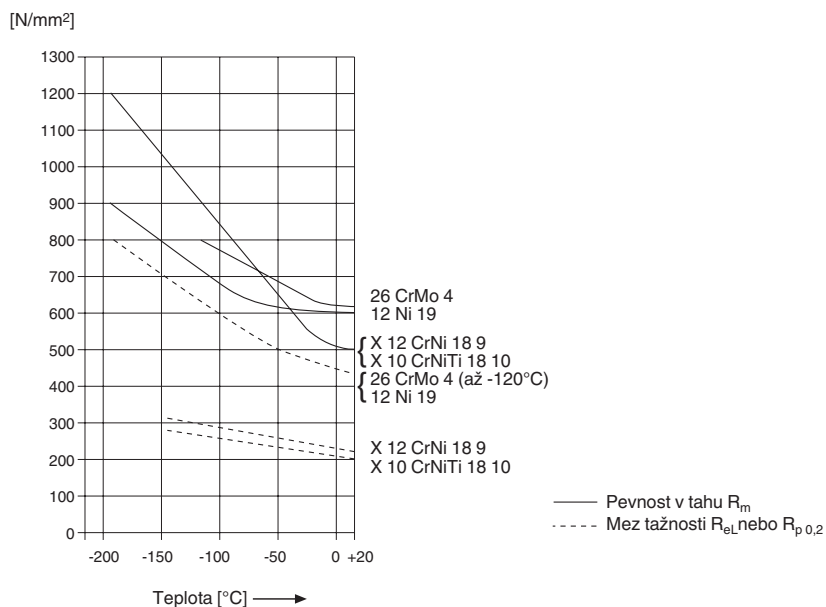
Materiál šroubu	Materiál matice
C35E (QT), 35B2	C35E (N), C35E (QT), 35B2
25CrMo4, 24CrMo5	C35E (QT), 35B2, 25CrMo4
21CrMoV5-7	25CrMo4, 21CrMoV5-7
40CrMoV47, 42CrMo4	21CrMoV5-7, 42CrMo4
X22CrMoV12-1	X22CrMoV12-1
X19CrMoNbVN11-1	X22CrMoV12-1
X7CrNiMoBNb16-16	X7CrNiMoBNb16-16
X6NiCrTiMoVB25-15-2	X6NiCrTiMoVB25-15-2
NiCr20TiAl	NiCr20TiAl

Tažnost ocelí při nízkých teplotách

podle údajů výrobců

**Mez kluzu a pevnost v tahu u ocelí při nízkých teplotách**

podle údajů výrobců



Pružné prodloužení svorníků s redukováným dříkem

podle DIN 2510

► Přehled materiálů
Strana F.018

Materiály	Pružné prodloužení λ [mm] při předpětí na cca 70 % meze kluzu při pokojové teplotě							
L [mm]	YK	G	GA	GB	V	VW	S	SB
E [10^5 N/mm ²]	211	211	211	211	216	216	196	216
60	0,056	0,088	0,109	0,139	0,116	0,152	0,107	0,116
70	0,065	0,102	0,127	0,162	0,136	0,177	0,125	0,136
80	0,074	0,117	0,146	0,186	0,155	0,202	0,143	0,155
90	0,084	0,131	0,164	0,209	0,175	0,228	0,161	0,175
100	0,093	0,146	0,182	0,232	0,194	0,253	0,179	0,194
110	0,102	0,161	0,200	0,255	0,213	0,278	0,197	0,213
120	0,112	0,175	0,218	0,278	0,233	0,304	0,215	0,233
130	0,121	0,190	0,237	0,302	0,252	0,329	0,233	0,252
140	0,130	0,204	0,255	0,325	0,272	0,354	0,251	0,272
150	0,140	0,291	0,273	0,348	0,291	0,280	0,269	0,291
160	0,149	0,234	0,291	0,371	0,310	0,405	0,286	0,310
170	0,158	0,248	0,309	0,394	0,330	0,430	0,304	0,330
180	0,167	0,263	0,328	0,418	0,349	0,455	0,322	0,349
190	0,177	0,277	0,346	0,441	0,369	0,481	0,340	0,369
200	0,186	0,292	0,364	0,464	0,388	0,506	0,358	0,388
210	0,195	0,307	0,382	0,487	0,407	0,531	0,376	0,407
220	0,205	0,321	0,400	0,510	0,427	0,557	0,394	0,427
230	0,214	0,336	0,419	0,534	0,446	0,582	0,412	0,446
240	0,223	0,350	0,437	0,557	0,466	0,607	0,430	0,466
250	0,233	0,365	0,455	0,580	0,485	0,633	0,448	0,485
260	0,242	0,380	0,473	0,603	0,504	0,658	0,465	0,504
270	0,251	0,394	0,491	0,626	0,524	0,683	0,483	0,524
280	0,260	0,409	0,510	0,650	0,543	0,708	0,501	0,543
290	0,270	0,423	0,528	0,673	0,563	0,734	0,519	0,563
300	0,279	0,438	0,546	0,696	0,582	0,759	0,537	0,582

Výpočet

$$\lambda = \frac{F_V \cdot L}{E \cdot A} \text{ [mm]}$$

λ [mm] = pružné prodloužení
při předpětí F_V

F_V [N] = předpětí šroubu

E [N/mm²] = modul pružnosti

A [mm²] = plocha průřezu redukováného dříku

L [mm] = délka redukováného dříku

přičemž:

$$0,7 \cdot \frac{F_V}{A} = 70 \% R_{p0,2}$$

Příklad

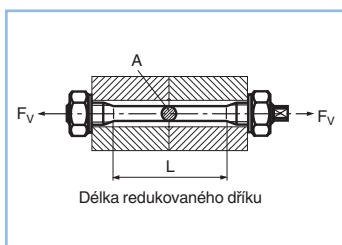
X8CrNiMoBNb16-16 = [S]
 $R_{p0,2}$ = 500 N/mm²
 délka redukováného dříku $L = 220$ mm

Pružné prodloužení

$$\lambda = 0,7 \cdot 500 \cdot \frac{220}{196000} = 0,394 \text{ mm}$$

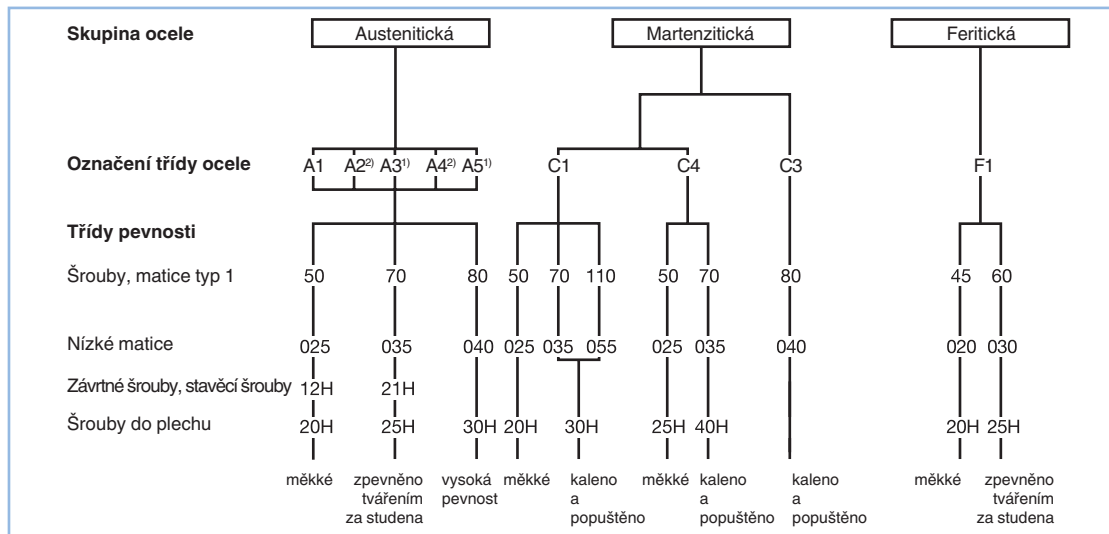
viz tabulka:

slopec S pro L = 220 mm

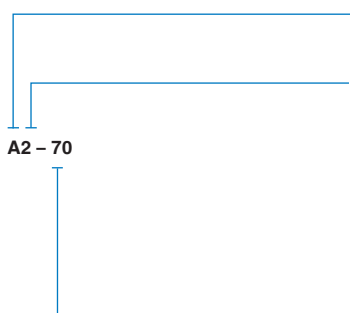


Označení skupin ocelí ISO

podle ISO 3506

¹⁾ Stabilizováno proti mezikrystalické korozi titanem, případně niobem nebo tantalum.²⁾ Nízko-uhlíkové austenitické ocele s obsahem uhlíku max. 0,03% mohou být dodatečně značeny písmenem «L», např. A4L-80.

Význam označení kombinací písmena a čísla:

**Zkratka materiálové skupiny:****A** = austenitická chrom-niklová ocel**Zkratka chemického složení:**

- 1** = automatová ocel s přísadou síry
- 2** = ocel tvářená za studena, legovaná chromem a niklem
- 3** = ocel tvářená za studena, legovaná chromem a niklem, stabilizovaná Ti, Nb, Ta
- 4** = ocel tvářená za studena, legovaná chromem, niklem a molybdenem
- 5** = ocel tvářená za studena, legovaná chromem, niklem a molybdenem, stabilizovaná Ti, Nb, Ta

Zkratka třídy pevnosti:**50** = 1/10 pevnosti v tahu (min. 500 N/mm²)**70** = 1/10 pevnosti v tahu (min. 700 N/mm²)**80** = 1/10 pevnosti v tahu (min. 800 N/mm²)**Nízké matice:****025** = zkušební zatížení min. 250 N/mm²**035** = zkušební zatížení min. 350 N/mm²**040** = zkušební zatížení min. 400 N/mm²

Označení stupně ocele (první skupina) se skládá z písmen:

- **A** pro austenitickou ocel
- **C** pro martenzitickou ocel
- **F** pro feritickou ocel

Příklad: **A2-70** označuje: austenitická ocel, zpevněná za studena, pevnost v tahu min. 700 N/mm²
C4-70 označuje: martenzitická ocel, kalená a popuštěná, pevnost v tahu min. 700 N/mm²
 Třída pevnosti je dána dvěma číslicemi, označujícími 1/10 pevnosti v tahu, resp. 1/10 zkušebního zatížení matic.

Pokud jsou spojovací prvky klasifikovány tvrdostí, pak je třída tvrdosti uvedena ve Vickers dvěma číslicemi, označujícími 1/10 minimální hodnoty tvrdosti. Písmeno H znamená tvrdost.

Příklad označení minimální tvrdosti 250HV: **A4 25 H, austenitická ocel, zpevněná za studena**

Chemické složení austenitických nerezových ocelí

podle ISO 3506

Více než 97 % všech spojovacích prvků z oceli odolné proti korozi se vyrábí z této skupiny ocele. Jsou charakterizovány vynikající odolností proti korozi a vynikajícími mechanickými vlastnostmi.

Austenitické oceli se dělí do 5 hlavních skupin s následujícím chemickým složením:

Skupina ocele	Chemické složení v % (maximální hodnoty není-li uvedeno jinak)									Poznámky
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu	
A1	0,12	1,0	6,5	0,200	0,15–0,35	16–19	0,7	5–10	1,75–2,25	2) 3) 4)
A2	0,10	1,0	2,0	0,050	0,03	15–20	–	8–19	4	5) 6)
A3	0,08	1,0	2,0	0,045	0,03	17–19	–	9–12	1	1) 7)
A4	0,08	1,0	2,0	0,045	0,03	16–18,5	2–3	10–15	4	6) 8)
A5	0,08	1,0	2,0	0,045	0,03	16–18,5	2–3	10,5–14	1	1) 7) 8)

1) Stabilizováno proti mezikrystalické korozi titanem, případně niobem nebo tantalem.

2) Síra může být nahrazena selenem.

3) Pokud je obsah niklu pod 8 %, pak min. obsah manganu musí být 5 %.

4) Minimální obsah mědi není stanoven za předpokladu, že obsah niklu je větší než 8 %.

5) Pokud je obsah chromu pod 17 %, pak min. obsah niklu musí být 12 %.

6) U austenitických nerezových ocelí, které mají max. obsah uhlíku 0,03 %, může být obsah dusíku max. 0,022 %.

7) Pro stabilizaci musí být obsah litania $\geq 5 \times C$ až do 0,8 % a musí být příslušně označeno tak, jak je uvedeno v tabulce nebo musí být obsah niobu (columbia) a/nebo tantalu $\geq 10 \times C$ až do 1 % max. pro stabilizaci a musí být příslušně označeno tak, jak je uvedeno v tabulce.

8) Podle uvážení výrobce může být obsah uhlíku vyšší tam, kde je to vyžadováno za účelem získání specifických mechanických vlastností u velkých průměrů, ale u austenitických ocelí nesmí překročit 0,12 %.

Chemické složení korozi odolných nerezových ocelí

Číslo materiálu	Chemické složení, hmotnostní podíl v %								
	C	Si max.	Mn max.	P max.	S max.	Cr	Mo	Ni	Ostatní
Martenzitické ocele									
1.4006	0,08 až 0,15	1,0	1,5	0,04	0,030	11,0 až 13,5		max. 0,75	
1.4034	0,43 až 0,50	1,0	1,0	0,04	0,030	12,5 až 14,5			
1.4105	max. 0,08	1,0	1,5	0,04	0,035	16,0 až 18,0	0,20 až 0,60		
1.4110	0,48 až 0,60	1,0	1,0	0,04	0,015	13,0 až 15,0	0,50 až 0,80		V max. 0,15
1.4116	0,45 až 0,55	1,0	1,0	0,04	0,030	14,0 až 15,0	0,50 až 0,80		V 0,10 až 0,20
1.4122	0,33 až 0,45	1,0	1,5	0,04	0,030	15,5 až 17,5	0,80 až 1,30	max. 1,0	
Austenitické ocele									
1.4301	max. 0,07	1,0	2,0	0,045	0,030	17,0 až 19,5		8,0 až 10,5	N max. 0,11
1.4305	max. 0,10	1,0	2,0	0,045	0,15 až 0,35	17,0 až 19,0		8,0 až 10,0	Cu max. 1,00 / N max. 0,11
1.4310	0,05 až 0,15	2,0	2,0	0,045	0,015	16,0 až 19,0	max. 0,80	6,0 až 9,5	N max. 0,11
1.4401	max. 0,07	1,0	2,0	0,045	0,030	16,5 až 18,5	2,00 až 2,50	10,0 až 13,0	
1.4435	max. 0,03	1,0	2,0	0,045	0,030	17,0 až 19,0	2,50 až 3,00	12,5 až 15,0	N max. 0,11
1.4439 ¹⁾	max. 0,03	1,0	2,0	0,045	0,025	16,5 až 18,5	4,00 až 5,00	12,5 až 14,5	N 0,12 až 0,22
1.4529 ¹⁾	max. 0,02	0,5	1,0	0,030	0,010	19,0 až 21,0	6,00 až 7,00	24,0 až 26,0	N 0,15 až 0,25 / Cu 0,5 až 1,5
1.4539 ¹⁾	max. 0,02	0,7	2,0	0,030	0,010	19,0 až 21,0	4,00 až 5,00	24,0 až 26,0	N max. 0,15 / Cu 1,2 až 2,0
1.4462 ¹⁾	max. 0,03	1,0	2,0	0,035	0,015	21,0 až 23,0	2,50 až 3,50	4,5 až 6,5	N 0,10 až 0,22
1.4568	max. 0,09	0,7	1,0	0,040	0,015	16,0 až 18,0		6,5 až 7,8	Al 0,70 až 1,50
1.4571	max. 0,08	1,0	2,0	0,045	0,030	16,5 až 18,5	2,00 až 2,50	10,5 až 13,5	Ti 5xC $\leq$ 0,70

¹⁾ Austenitická nerezová ocel s částečnou odolností proti korozi od napětí indukovaným chlodem.

Riziko prasknutí svorníků, šroubů a závitných šroubů z důvodu koroze od napětí indukovaným chlodem (např. v krytých plaveckých bazénech) může být sníženo použitím materiálů uvedených v tabulce.

Rozlišovací vlastnosti nerezových ocelí

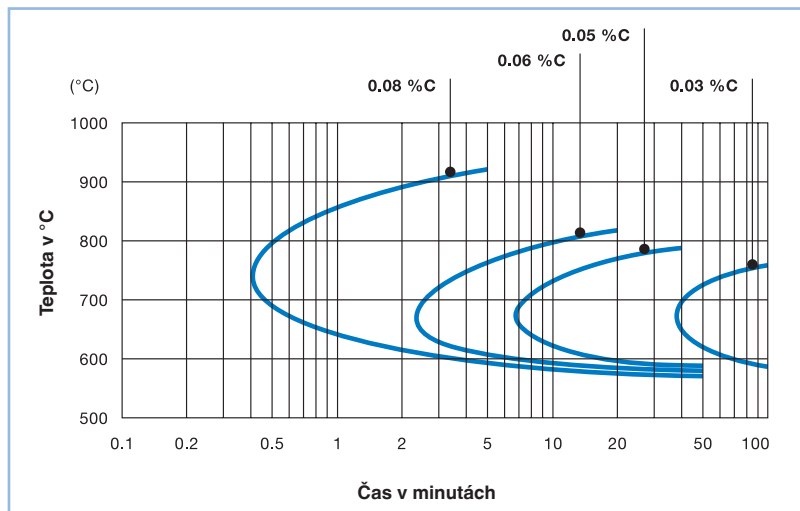
Označení materiálu	A1	A2	A3	A4	A5
Číslo materiálu	1.4300	1.4301	1.4541	1.4401	1.4436
	1.4305	1.4303	1.4590	1.4435	1.4571
		1.4306	1.4550	1.4439	1.4580
Vlastnosti	pro obrábění – odolná proti korozi do určité míry – odolná proti kyselinám do určité míry – svařitelná do určité míry	Standardní kvalita – odolná proti korozi – odolná proti kyselinám – svařitelná do určité míry		Nejvyšší odolnost proti korozi – odolná proti korozi – vysoce odolná proti kyselinám – dobře svařitelná	
A3, A5 jako A2, A4, avšak stabilizovaná proti mezikystalové korozi po svařování, po žhání nebo při používání za vysokých teplot.					

➤ Další údaje o chemické stabilitě, odolnosti proti korozi a kyselinám viz
Strana F.024

Diagram čas-teplota mezikystalické koroze u austenitických nerezových ocelí

Hodnoty udávají přibližný čas pro austenitické nerezové ocele, jakost A2 (18/8 ocele), s různými obsahy uhlíku v oblasti teplot mezi 550 °C a 925 °C do doby rizika výskytu mezikystalické koroze.

i Poznámka:
Čím nižší obsah uhlíku, tím vyšší odolnost proti mezikystalické korozi.



Chemická stabilita

na základě informací poskytnutých výrobcí

Austenitické ocele A1, A2 a A4 získávají svou odolnost proti korozi díky ochranné povrchové vrstvě oxidu. V případě poškození se za pomoci atmosférického kyslíku sama zregeneruje. Pokud je přístup k atmosférickému kyslíku blokován z důvodu nevhodné konstrukce nebo kvůli nečistotám, pak budou i tyto ocele koro-dovat!

Obecná pravidla

použití:

- A2 nad vodou, vnitrozemské klima
A4 pod vodou, pobřežní klima
A1 tato ocel obsahuje malé procento síry pro dobrou obrobitelnost. Její odolnost proti korozi je nižší než u A2.

Prosíme, vyvarujte se: štěrbinám, styčným plochám, kapsám s vodou, nedostatečnému větrání, vrstvám nečistot

Odolnost proti korozi se snižuje při přítomnosti povlaku (brání styku se vzduchem) nebo chemickým černěním nebo zdrsněním povrchu.

Media obsahující chlór mohou za určitých podmínek vést k nebezpečí vzniku mezikrystalické koroze. Tato koroze je často velmi obtížně zjistitelná a může vést k náhlému lomu ocelového dílu.

Norma ISO 3506 definuje korozi a kyselinám odolné ocele. Rovněž obsahuje podrobnosti o jejich mechanických vlastnostech, chemickém složení a množství poznámek k výběru správné ocele pro použití při vysokých a nízkých teplotách.

i Referenční údaje s ohledem na odolnost proti korozi

Údaje o odolnosti proti korozi jsou přednostně získány z laboratorních a praktických zkoušek! Informace si můžete vyžádat v rámci naší služby «Bossard Analysis».

! Upozornění

- Martenzitické chromové ocele (např. 1.4110, 1.4116, 1.4112) jsou běžně používány u nerezových pojistných kroužků a podložek. Korozi odolnost těchto ocelí je nižší než u austenitických chrom-niklových ocelí.
- Nedávné zkušenosti ukazují, že existuje riziko trhlin kvůli trhlinám od koroze od napětí. Za účelem snížení rizika může být hloubka drážky navržena tak, aby nebyly kroužky vystaveny napětí. Tím se jejich kapacita zatížení sníží

Technické argumenty pro použití spojových dílů vyrobených z nerezových austenitických chrom-niklových ocelí A1, A2, A4

Výhody	Vyhnutí se potenciálním problémům
Lesklý povrch, pěkný vzhled	Korodující šrouby vytváří špatný dojem. Zákazník ztrácí v produkt důvěru.
Bezpečnost	Koroze snižuje pevnost a provozní spolehlivost spojovacích dílů. Stanou se z nich slabá místa.
Žádné stopy po červené korozi	Červená koroze může obarvit bílé plastové komponenty a učinit je nepoužitelnými.
Žádné riziko pro zdraví	Poranění korodujícími součástmi může vést k otravě krve.
Vhodné pro potravinářství	Díly z pozinkované ocele nesmí přijít do kontaktu s potravinami.
Odolný proti olíznutí	Malé děti nesmí olízovat pozinkované nebo kadmiované díly.
Snadné čištění a hygienické	Na holých nebo na pozinkovaných plochách se mohou vyskytnout prokvétání koroze nebo jiné produkty koroze, které se špatně odstraňují.
Austenitická chrom-niklová ocel je téměř zcela nemagnetická	Magnetické spojovací díly používané v konstrukcích některých zařízení nebo u měřících přístrojů mohou vést k rušení. Magnetické díly přitahují železné piliny. To vede k dalším problémům a korozím.
Dobrá odolnost proti teplotám	Při teplotách nad 80 °C je chromátování u pozinkovaných a pochromovaných dílů zničeno. Klesá odolnost proti korozi.
Šrouby a matice jsou lesklé a vždy znovu opoužitelné	Překročením tloušťky vrstvy galvanického povlaku může vést k zadření spojovaných dílů.
Bezproblémová údržba	Rezávé šrouby nebo matice nelze demontovat. Aby bylo možno jednotku rozebrat, musí být spojovací díly zničeny a to představuje značné náklady. Často se jedná o nevratné poškození dílů.
Ekologicky orientované použití šroubových austenitických prvků do dřeva.	Vlivem prostředí dochází k chemické reakci pozinkovaných šroubů s taninem, který obsahuje dřevo. Nelze vyloučit šedočerné zbarvení, které proniká do dřeva. S ohledem na časově omezenou ochranu proti korozi a možného rizika koroze od napětí se použití martenzitické ocele nedoporučuje. U všech spojů dřeva, kdy hrozí nebezpečí koroze, se doporučuje použít austenitické ocele.

Mechanické vlastnosti spojovacích materiálů vyrobených z austenitické nerezové ocele

podle ISO 3506

Šrouby

Skupina ocele	Jakost ocele	Třída pevnosti	Rozsah průměru závitu	Pevnost v tahu $R_{m, min}^{1)}$ [N/mm ²]	Smluvní mez kluzu $R_{p0,2, min}^{1)}$ [N/mm ²]	Prodloužení po přetržení $A_{min}^{2)}$ [%]
Austenitická	A1, A2	50	≤ M39	500	210	0,6 d
	A3, A4	70	≤ M39 ³⁾	700	450	0,4 d
	A5	80	≤ M39 ³⁾	800	600	0,3 d

¹⁾ Všechny hodnoty jsou výpočtovými hodnotami a vztahují se na průřez závitu.²⁾ Tažnost je třeba stanovit na celých šroubech a ne na na vzorcích s redukovaným dílkem.³⁾ Pevnost šroubu je označena na hlavě a definována příslušnou výrobkovou normou.**Matic**

Skupina ocele	Jakost ocele	Třída pevnosti		Rozsah průměru závitu d [mm]	Napětí při zkušebním zatížení $S_{p, min}$ [N/mm ²]	
		Matic typ 1 m ≥ 0,8 d	nízké matice 0,5 d ≤ m < 0,8 d		Matic typ 1 m ≥ 0,8 d	nízké matice 0,5 d ≤ m < 0,8 d
Austenitická	A1, A2	50	025	≤ M39	500	250
	A3, A4	70	035	≤ M39 ³⁾	700	350
	A5	80	040	≤ M39 ³⁾	800	400

m = výška matice

d = jmenovitý průměr závitu

Obchodní kvalitou jakosti ocele A2 a A4 je třída pevnosti 70 (pevnost v tahu 700 N/mm²). Pevnost šroubu je označena na hlavě a definována příslušnou výrobkovou normou.

Z našeho skladu můžeme nabídnout široký sortiment výrobků.

Hospodárné používání šroubů třídy pevnosti 80 má smysl pouze v případě jsou-li spojované díly zhotoveny z nerezové ocele (o vysoké pevnosti).

Minimální kritický krouticí moment $M_{B, min}$ šroubů z austenitické ocele se závity M1,6 až M16 (normální závit)

podle ISO 3506

Závit	Minimální kritický krouticí moment $M_{B, min}$ [Nm]		
	Třída pevnosti	70	80
M1,6	0,15	0,2	0,24
M2	0,3	0,4	0,48
M2,5	0,6	0,9	0,96
M3	1,1	1,6	1,8
M4	2,7	3,8	4,3
M5	5,5	7,8	8,8
M6	9,3	13	15
M8	23	32	37
M10	46	65	74
M12	80	110	130
M16	210	290	330

Doporučené hodnoty smluvní meze kluzu $R_{p0,2}$ při vyšších teplotách porovnáno v % s hodnotami při pokojové teplotě

podle ISO 3506

Jakost ocele ¹⁾	0,2 % $R_{p0,2}$			
	+100 °C	+200 °C	+300 °C	+400 °C
A2, A4	85 %	80 %	75 %	70 %

¹⁾ Platí pro třídy pevnosti 70 a 80

► Použitelnost při nízkých teplotách viz
Strana F.018

Značení šroubů a matic

podle ISO 3506

Požadavek

Šrouby a matice z nerezových austenitických ocelí musí být značeny.

! Upozornění

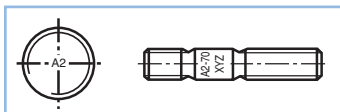
Pouze spojovací prvky správně označené podle normy splňují stanovené požadavky. Výrobky neoznačené podle normy často odpovídají pouze třídám pevnosti A2-50 nebo A4-50.

Šrouby

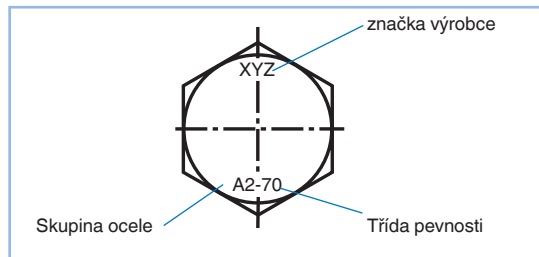
Šrouby se šestihrannou hlavou a s vnitřním šestihranem nebo s vnitřní hvězdicí musí být značeny od jmenovitého průměru závitu M5. Označení musí obsahovat jakost ocele, třídu pevnosti a značku výrobce. Pojistné šrouby musí být značeny na dráčku nebo na čele dráčky se závitem.

Závrtné šrouby

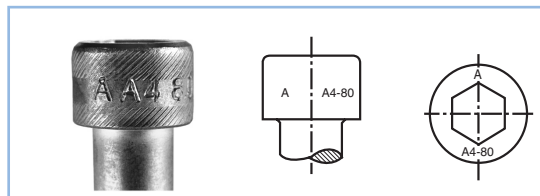
Závrtné šrouby od jmenovitého průměru M6 musí být na části bez závitu nebo na čele šroubu označeny jakostí ocele, třídou pevnosti a značkou výrobce.



Šrouby se šestihrannou hlavou

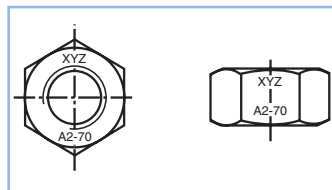


Šrouby s válcovou hlavou s vnitřním šestihranem



Matice

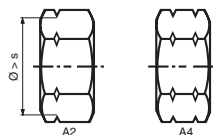
Matice od závitu M5 musí být označeny jakostí ocele, třídou pevnosti a značkou výrobce.



Pokud se označení provede drážkou a není uvedena třída pevnosti, pak se jedná o třídy 50 nebo 025.

Je možné, že určité matice nesplňují požadavky zkušebního zatížení kvůli jemnému závitu nebo geometrii matice. Takové matice smí být označeny jakostí ocele, ale třída pevnosti nesmí být uvedena.

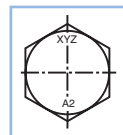
Alternativní označení drážkou
(pouze pro ocel jakosti A2 a A4)



Jiné značení

Ostatní typy svorníků a šroubů mohou být značeny stejným způsobem a pokud je to proveditelné, pouze na hlavě šroubu. Je povoleno dodatečné značení za předpokladu, že nebude matoucí.

Spojovací díly, které nesplňují pevnostní nebo momentové požadavky kvůli geometrii, smí být značeny jakostí ocele, ale nesmí být značeny třídou pevnosti.



i Poznámka

V příští revizi ISO 3506-1 se zvažuje zahrnutí analogového značení k ISO 898-1, které používá «doplňkovou 0» (např. A2-070).

Neželezné kovy

Vlastnosti šroubů a matic z hliníkových slitin

Nezávazné údaje v závislosti na výrobci

Tabulkové hodnoty platí pro: hustota = 2,8 kg/dm³, součinitel tepelné roztažnosti = 23,6 · 10⁻⁶ · K⁻¹, modul pružnosti = 70 000 N/mm²

Označení materiálu EN AW-	Číslo materiálu EN AW-	Označení		Údaj spo- lečnosti 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 studená	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 T73	400	500	6	vysoce pevné spoje, avšak nejnižší odolnost proti korozi ¹⁾
Al Zn5,5 Mg Cu	7075	3.4365	AL 6	–	kaleno T73	440	510	7	
Al Zn5,5 Mg Cu	7075	3.4364	(–) (~AL 6)	P65 P60	kaleno T6 kaleno T73	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 prutím

²⁾ Prodloužení při přetržení A – zkouška šroubu se svěrnou délkou 2 × 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	240
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/dm ³]	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/mm ²] min.	R_m [N/mm ²] min.	$A_5^{(2)}$ [%] min.	E-Modul [N/mm ²]	
E-Cu 58 OF-Cu	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
	2.0040		F20 ¹⁾				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	odolné proti mořské vodě
CuNi1Si (Kuprodur)	2.0853	Cu 5	–	–	–	–	540	590	12	–	–
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 silné 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 pýchovacích 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-chróm jsou slitiny s obzvláště vysokou odolností proti únavě a odolností proti oxidaci. Pro vysoké mechanické namáhání až do 1000 °C. Vzhledem k nejrůznějším 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/cm ³] DIN 53479	Pevnost v tahu [N/mm ²] DIN 53455	Odolnost proti lomu % DIN 53455	Modul pružnosti [N/mm ²] DIN 53457	Tvrdost proniknutím kuličky, 10-sec hodnota [N/mm ²] DIN 53456	Rázová houževnatost [kJ/m ²] DIN 53453	Vrubová houževnatost [kJ/m ²] DIN 53453
HD-PE	0,94/0,96	18/35	100/1 000	700/1 400	40/65	bez lomu	bez lomu
LD-PE	0,914/0,928	8/23	300/1 000	200/500	13/20	bez lomu	bez lomu
PP	0,90/0,907	21/37	20/800	1 100/1 300	36/70	bez lomu	3/17
POM	1,41/1,42	62/70	25/70	2 800/3 200	150/170	100	8
PA 6	1,13	70/85	200/300	1 400	75	bez lomu	bez lomu
PA 66	1,14	77/84	150/300	2 000	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
HD-PE	> 10 ¹⁷	10 ¹⁴	2,35	2,34	2,4 · 10 ⁻⁴	2,0 · 10 ⁻⁴	> 700	–	3 c	> 600
LD-PE	> 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/mm ²]			
HD-PE	90/120	70/80	–50	60/70	50	200	0,38/0,51	2,1/2,7
LD-PE	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

HD-PE (PE-HD) Polyetylen o vysoké hustotě

LD-PE (PE-LD) Polyetylen o nízké hustotě

PP Polypropylén

POM Polyoxymetylen, Polyacetal

PA 6 Polyamid 6

PA 66 Polyamid 6.6

Význam

! 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	Chlорованé uhlovodíky	Alkoholy	Estery	Ketony	Éter	Aldehydy	Aminy	Organické kyseliny	Aromatické uhlovodíky	Paliva	Minerální oleje	Tuky, oleje	Nenasycené, chlорованé uhlovodíky	Terpentýn	Nasákavost % ASTM D 570
HD-PE	●	●	●	●	○	●	●	●	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	< 0,01
LD-PE	●	●	●	●	○	●	●	●	●	○	●	○	●	●	●	○	●	●	●	○	○	●	●	○	○	< 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

HD-PE (PE-HD)

Význam

Polyetylen o vysoké hustotě

LD-PE (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.	stálá teplota	+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

Galvanický proces

Spojovací díly s galvanickými povlaky podle ISO 4042

Galvanické pokovení – pasivace. Galvanické pokovení s následnou pasivací je postup, který se z hlediska vzhledu a odolnosti proti korozi velmi dobře osvědčil. Z našeho skladu můžeme nabídnout s touto povrchovou úpravou široký sortiment.

Dodatečná úprava – chromátování, resp. pasivace. Jedná se o proces, při kterém se pomocí roztoku vytvoří chromátový a/nebo pasivační povlak, obsahující složku šestimocného chromu (chromátování) nebo složku třímocného chromu (pasivace). Tato dodatečná úprava se provádí bezprostředně po galvanickém zinkování krátkým ponořením do roztoků kyseliny chromové. Proces chromátování nebo pasivace zvyšuje korozní odolnost a zamezuje znečištění a zbarvování zinkové vrstvy. Ochranný účinek chromátové vrstvy se liší podle různých typů procesu (viz tabulka!).

Typy postupů použitých pro pasivaci galvanických zinkových povlaků

Ochranný účinek zinkových povlaků s pasivací za podmínek zkoušky v solné mlze podle ISO 9227 (DIN 50021 SS).

Typy procesů	Označení pasivace	Barva vlastní chromátové vrstvy	Jmenovitá tloušťka vrstvy μm	První výskyt	
				bílé koroze v hod. h	červené koroze v hod. h
Bezbarvá pasivace	A	transparentní	3 5 8	2 6 6	12 24 48
Modrá pasivace	B	transparentní s modrým odstínem (standardní)	3 5 8	6 12 24	12 36 72
Žlutý chromát	C	nažloutle lesklá až žlutohnědá iridescentní	3 5 8	24 48 72	24 72 120
Olivový chromát	D	olivovězelená až olivověhnědá (zřídka)	3 5 8	24 72 96	24 96 144
Černý chromát ¹⁾	BK	hnědočerná až černá (dekorační)	3 5 8	– 12 24	– – 72

¹⁾ Na hranách, na okrajích křížové drážky atd. je vzhledem k bubnové metodě prakticky vždy třeba počítat s oděrem černé chromátové vrstvy a místním prosvětlením spodní světlé zinkové vrstvy.

! Snížení rizika vodíkové křehkosti (ISO 4042)

U galvanicky pokovených spojovacích dílů z oceli o pevnosti v tahu $R_m \geq 1\,000\text{ N/mm}^2$, úměrně tomu s tvrdostí $\geq 320\text{ HV}$, namáhaných napětím v tahu, hrozí nebezpečí selhání v důsledku vodíkové křehkosti.

Tepelné zpracování (temperování) dílů, např. po kyselém moření nebo po pokovení, snižuje nebezpečí lomu. Úplnou eliminaci nebezpečí vodíkové křehkosti však nelze zcela zaručit. Pokud je potřeba nebezpečí vodíkové křehkosti snížit, měly by být zváženy jiné postupy povlakování.

Pro díly, které jsou důležité pro bezpečnost, by se proto měly zvolit jiné postupy ochrany proti korozi nebo povlakování jako jenapř. anorganické zinkové povlakování, mechanické zinkování nebo použití ocelí odolných proti korozi a kyselinám.

Kde to umožňuje technologie, jsou poskytnuty spojovací díly tříd ≥ 10.9 ($\geq \text{HV}320$) s anorganickým pozinkováním nebo mechanicky pozinkované. Uživatel spojovacích prvků zná aplikaci i požadavky na použité spojovací díly, a musí příslušný typ povrchové úpravy specifikovat!

Tloušťky povlaků pro součásti s vnějším závitem

podle ISO 4042

Stoupání závitu P	Jmenovitý průměr závitu ¹⁾ d1	Vnitřní závit		Vnější závit						Toleranční pole f				Toleranční pole e					
		Toleranční pole G		Toleranční pole g						Toleranční pole f				Toleranční pole e					
		Základní úchylna	Tloušťka vrstvy	Základní úchylna	Jmenovitá tloušťka vrstvy				Základní úchylna	Jmenovitá tloušťka vrstvy				Základní úchylna	Jmenovitá tloušťka vrstvy				
					max. ²⁾	max. ³⁾	Po celé délce	Jmenovitá délka l		max. ²⁾	max. ³⁾	Po celé délce	Jmenovitá délka l		max. ²⁾	max. ³⁾	Po celé délce	Jmenovitá délka l	
																			≤ 5d
[mm]	[mm]	[μm]	max. [μm]	[μm]	[μm]	[μm]	[μm]	[μm]	[μm]	[μm]	[μm]	[μm]	[μm]	[μm]	[μm]	[μm]	[μm]	[μm]	[μm]
0,2	–	+17	3	–17	3	3	3	3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0,25	1; 1,2	+18	3	–18	3	3	3	3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0,3	1,4	+18	3	–18	3	3	3	3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0,35	1,6 (1,8)	+19	3	–19	3	3	3	3	–34	8	8	5	5	–	–	–	–	–	–
0,4	2	+19	3	–19	3	3	3	3	–34	8	8	5	5	–	–	–	–	–	–
0,45	2,5 (2,2)	+20	5	–20	5	5	3	3	–35	8	8	5	5	–	–	–	–	–	–
0,5	3	+20	5	–20	5	5	3	3	–36	8	8	5	5	–50	12	12	10	8	8
0,6	3,5	+21	5	–21	5	5	3	3	–36	8	8	5	5	–53	12	12	10	8	8
0,7	4	+22	5	–22	5	5	3	3	–38	8	8	5	5	–56	12	12	10	8	8
0,75	4,5	+22	5	–22	5	5	3	3	–38	8	8	5	5	–56	12	12	10	8	8
0,8	5	+24	5	–24	5	5	3	3	–38	8	8	5	5	–60	15	15	12	10	10
1	6 (7)	+26	5	–26	5	5	3	3	–40	10	10	8	5	–60	15	15	12	10	10
1,25	8	+28	5	–28	5	5	3	3	–42	10	10	8	5	–63	15	15	12	10	10
1,5	10	+32	8	–32	8	8	5	5	–45	10	10	8	5	–67	15	15	12	10	10
1,75	12	+34	8	–34	8	8	5	5	–48	12	12	8	8	–71	15	15	12	10	10
2	16 (14)	+38	8	–38	8	8	5	5	–52	12	12	10	8	–71	15	15	12	10	10
2,5	20 (18; 22)	+42	10	–42	10	10	8	5	–58	12	12	10	8	–80	20	20	15	12	12
3	24 (27)	+48	12	–48	12	12	8	8	–63	15	15	12	10	–85	20	20	15	12	12
3,5	30 (33)	+53	12	–53	12	12	10	8	–70	15	15	12	10	–90	20	20	15	15	15
4	36 (39)	+60	15	–60	15	15	12	10	–75	15	15	15	12	–95	20	20	15	15	15
4,5	42 (45)	+63	15	–63	15	15	12	10	–80	20	20	15	12	–100	25	25	20	15	15
5	48 (52)	+71	15	–71	15	15	12	10	–85	20	20	15	12	–106	25	25	20	15	15
5,5	56 (60)	+75	15	–75	15	15	15	12	–90	20	20	15	15	–112	25	25	20	15	15
6	64	+80	20	–80	20	20	15	12	–95	20	20	15	15	–118	25	25	20	15	15

¹⁾ Údaj o závitech s normálním stoupáním je pouze informativní. Rozhodující veličinou je stoupání závitu.

²⁾ Maximální hodnoty jmenovité tloušťky povlaku, pokud bylo dohodnuto měření místní tloušťky vrstvy.

³⁾ Maximální hodnoty jmenovité tloušťky povlaku, pokud bylo dohodnuto měření střední tloušťky vrstvy dávky.

Neuveďte-li objednavatel požadovanou tloušťku vrstvy, platí nejnižší tloušťka vrstvy. Ta je současně standardní tloušťkou vrstvy.

U velmi dlouhých dílů nebo u malých rozměrů (≤ M4) může vzniknout nepravidelná vrstva povlaku. Toto může způsobit problémy při montáži. Možné řešení: použití chemického poniklování nebo použití šroubů z ocele odolné proti korozi A2 nebo A4.

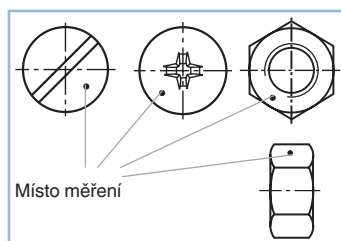
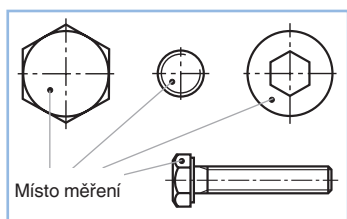
i Závity šroubů jsou běžně vyráběny v tolerančním poli 6g.

Toleranční pole e a f jsou neobvyklé a vyžadují speciální způsob výroby. Z hlediska minimálních množství, dodacích lhůt a vyšších cen pak nemusí být jejich používání hospodárné. Alternativa: díly z oceli odolné proti korozi A2. Vnitřní závity mají z technických důvodů podstatně tenčí vrstvy. Z praktického hlediska to však nemá žádný význam, neboť při montáži jsou vnitřní závity chráněny šrouby s vnějšími závity.

Možná přizpůsobení tolerancí závitů povrchových úprav dle ISO 10684 (žárové zinkování)

Výrobek	Závit	Tolerance	Příklad značení na hlavě
Závit šroubu	podřezaný	6 az	8.8 U
Závit matice	přeřezaný	6 AZ	8 Z

Místa měření tloušťky vrstvy



Další galvanicky nanášené povlaky

Procesy	Detaily
Niklování	Slouží jak k dekoracím účelům, tak k ochraně proti korozi. Tvrdý povlak používaný u elektrických aplikací a v telekomunikačním průmyslu. Speciálně u šroubů nedochází k oděru povlaku. Následnou impregnací se zvyšuje odolnost proti korozi – viz následující tabulka.
Verzalizace (silnostěnné niklování)	Jedná se o galvanické (elektrochemické) nanášení vrstvy niklu. Ideálně se hodí pro silně namáhané díly. -> Vytvoření houževnaté, avšak nikoli tvrdé niklové vrstvy.
Chromování	Většinou po niklování, tloušťka vrstvy cca 0,5–1,0 µm. Chrom je dekorativní, zvyšuje odolnost poniklovaných částí proti ztrátě lesku a zlepšuje ochranu proti korozi. Lesklé chromování: vysoký lesk. Matné chromování: matný lesk (hedvábný lesk). Chromování v bubnu není možné.
Pomosazení	Mosazné povlaky se používají hlavně pro dekorativní účely. Mimo to se pomosazují ocelové díly ke zlepšení přilnavosti gumy.
Pomédění	V případě potřeby jako základový povlak před niklováním, chromováním a stříbřením. Používán pro dekorativní účely.
Postříbření	Stříbrné povlaky se používají pro dekorativní a technické účely.
Cínování	Cínování se provádí hlavně k dosažení příp. zlepšení pájitelnosti (měkká pájka). Slouží současně jako ochrana proti korozi. Tepelná konečná úprava není možná.
Eloxování	Anodovou oxidací se u hliníku vytvoří ochranná vrstva, která účinkuje jako ochrana proti korozi a zabraňuje tvorbě skvrn. K dekorativním účelům lze v rámci následného barvení dosáhnout prakticky libovolného odstínu.

Další povrchové úpravy

Procesy	Detaily
Žárové zinkování	Ponoření do zinkové lázně s teplotou cca 440 °C až 470 °C. Tloušťka vrstvy min. 40 µm. Povrch matný a drsný. Možná změna barvy po určité době. Velmi dobrá ochrana proti korozi. Může být použito pro díly se závitem od M8. Kvůli správnému párování musí být závity buď podřezány nebo přeřezány.
Zinkové vložky Geomet® Delta-Tone®/Delta-Protekt®	Zinkové vložky jsou vynikající pro vysokopevnostní komponenty s pevností v tahu $R_m \geq 1000 \text{ N/mm}^2$ (Třída pevnosti ≥ 10.9 , tvrdost $\geq 320 \text{ HV}$). Tento proces prakticky vylučuje možnost vzniku vodíkové křehkosti. Teplotně odolné do 300 °C. Použitelné pro závit $\geq M4$ a větší.
Mechanické pokovení	Mechanicko / chemický proces. Odmaštěné díly se společně se speciální směsí skleněných kuliček a práškového zinku vloží do nanášecího bubnu. Skleněné kuličky působí jako nosiče zrnk zinkového prášku a nanášejí jej na povrch dílu.
Černění nerezí	Chemický proces v horkém roztoku hydroxidu. K dekorativním účelům.
Brynění (černění)	Chemický proces, teplota lázně ca 140 °C. K dekorativním účelům, jen dočasná antikorozi ochrana.
Fosfátování (bonderizování, parkerizace, atramentování)	Pouze lehká ochrana proti korozi. Dobrý podklad pro barvení. Vzhled šedý až šedočerný. Následné naolejování zlepšuje ochranu proti korozi.
Impregnace / pečetění	Zejména u poniklovaných dílů mohou být konečnou úpravou v odvodňovací kapalině s přísadou vosku ucpány mikropóry voskem. Podstatné zlepšení odolnosti proti korozi. Voskový film je suchý, neviditelný.
Temperování	Po galvanickém pokovení nebo odmoření mohou spojové ocelové díly namáhané tahem (od $R_m \geq 1000 \text{ N/mm}^2$, odpovídá $\geq 320 \text{ HV}$) zkřehnout kvůli absorbování vodíku (vodíková křehkost). Toto zkřehnoutí je vyšší u dílů s malým průřezem. Část vodíku lze eliminovat temperováním při 180 °C až 230 °C (pod popouštěcí teplotou). Zkušenosti ukazují, že 100% odstranění rizika vodíkové křehkosti nelze zaručit. Tepelné zpracování >4 hod. musí být provedeno po odmoření a po galvanickém povlakování před chromátováním.
Pečetění	Pečetění se provádí ponorem součástí po galvanizačních a pasivačních procesech. Pečetění zvyšuje odolnost proti korozi.
Tribologický povlak ¹⁾	Tyto povlaky poskytují film odolný proti opotřebení a zároveň snižují součinitel tření. Snižují též náchylnost k otěru. Podstatné zlepšení odolnosti proti korozi. Voskový film je suchý, neviditelný.
Voskování	Kluzná vrstva snižuje moment šroubování u závitotvářecích šroubů.

¹⁾ Bossard ecosyn®-lubric

Bossard ecosyn®-lubric je tribologický tenkovrstvý suchý povlak ne-elektrolyticky nanesený, s integrovanou mazací schopností a s přídavnou korozi ochranou. Povlak je tvořen kompozicí fluoropolymerů a částicemi organických submikroskopických pevných maziv, které jsou rozptýleny v pečlivě vybraných syntetických pryskyřicích a rozpouštědlech. Povlak AFC (anti-tření vrstva) vytváří hladký film, který vyrovnává všechny nerovnosti povrchu a tím optimalizuje tření při extrémních zatíženích a provozních podmínkách. Syntetická pryskyřice pak zajišťuje lepší antikorozi ochranu.

Přibližné určení rozměru šroubu

podle směrnice VDI 2230¹⁾

Následující postup umožňuje hrubý odhad potřebných rozměrů šroubů šroubového spojení při teplotě kolem 20 °C podle údajů VDI 2230. Výsledek je v každém případě třeba překontrolovat výpočtem.

Postup:

- A** Ve sloupci 1 vyberte nejbližší vyšší sílu k provozní síle $F_{A,Q}$ působící na šroubový spoj
- B** Potřebnou minimální sílu předpětí $F_{M \min}$ dostaneme, jestliže budeme vycházet od této zvolené síly:

plus 4 kroky (posun dolů o 4 řádky v tabulce) pro statickou nebo dynamickou příčnou (střížnou) sílu	nebo plus 2 kroky pro dynamickou a excentricky působící axiální sílu
nebo plus 1 krok pro buď dynamicky a entricky nebo staticky a excentricky působící axiální sílu	nebo plus 0 kroků pro statickou, centricky působící axiální sílu

- C** Potřebnou maximální sílu předpětí $F_{M \max}$ dostaneme, jestliže od této síly $F_{M \min}$ postoupíme dolů v tabulce o:

2 kroky pro dotahování šroubu elektrickým/pneumatickým utahovacím nástrojem, nastaveným na určitý utahovací moment	
nebo 1 krok pro dotahování momentovým klíčem nebo přesným utahovacím nástrojem, nastaveným a kontrolovaným dynamickým měřením utahovacího momentu nebo měřením prodloužení šroubu	nebo 0 kroků pro dotahování metodou kontroly úhlu natočení matice nebo pomocí kontroly meze pružnosti.

- D** Po přibližném určení předpětí (síly) je ve sloupci 2 až 4 potřebný rozměr šroubu v mm pro zvolenou třídu pevnosti.

Příklad:

Spojení je namáháno dynamicky a excentricky axiální silou $F_A = 8500$ N. Šroub třídy pevnosti 12.9 má být utažen pomocí ručního momentového klíče.

- A** nejbližší vyšší síla vůči F_A ve sloupci 1 je 10 000 N
 $\Rightarrow F_{M \min} = 25\,000$ N
- B** 2 kroky pro «excentrickou a dynamickou axiální sílu»
 $\Rightarrow F_{M \max} = 40\,000$ N
- D** Pro $F_{M \max} = 40\,000$ N najdeme závit **M10** ve sloupci 2 (třída pevnosti 12.9)

1	2	3	4
Síla v [N]	Jmenovitý průměr [mm]		
	Třída pevnosti		
	12.9	10.9	8.8
250	–	–	–
400	–	–	–
630	–	–	–
1 000	M3	M3	M3
1 600	M3	M3	M3
2 500	M3	M3	M4
4 000	M4	M4	M5
6 300	M4	M5	M6
10 000	M5	M6	M8
16 000	M6	M8	M10
25 000	M8	M10	M12
40 000	M10	M12	M14
63 000	M12	M14	M16
100 000	M16	M18	M20
160 000	M20	M22	M24
250 000	M24	M27	M30
400 000	M30	M33	M36
630 000	M36	M39	–

¹⁾ VDI = Verein Deutscher Ingenieure (Asociace německých inženýrů)

Pevnost při dynamickém zatížení

podle VDI 2230

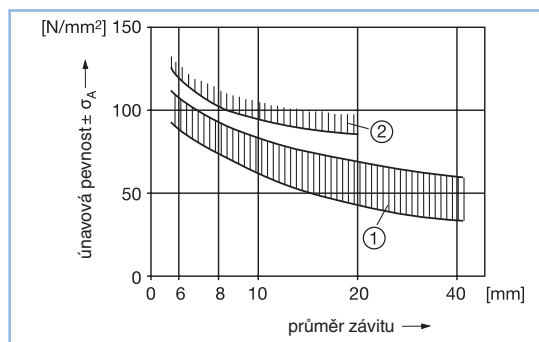
Šrouby mají závit a jedná se tedy o konstrukční díly s vruby. Při proměnlivé zátěži může u šroubů vzniknout únavový lom, který v 90 % případů vzniká v oblasti první nosné části závitu na vstupu do závitu matice. Při návrhu spoje musí být zohledněna únavová pevnost $\pm \sigma_A$ šroubů, která je **nezávislá** na statickém zatěžování a činí pouze zlomek pevnosti v tahu!

Odolnost proti únavě u jemných závitů klesá s rostoucí pevností a jemností závitu. U spojů třídy pevnosti 12.9 může být až o 30 % nižší než u normálních závitů.

U žárově zinkovaných šroubů je odolnost proti únavě o cca 20 % nižší než u šroubů s konečnou operací kalení a popuštění.

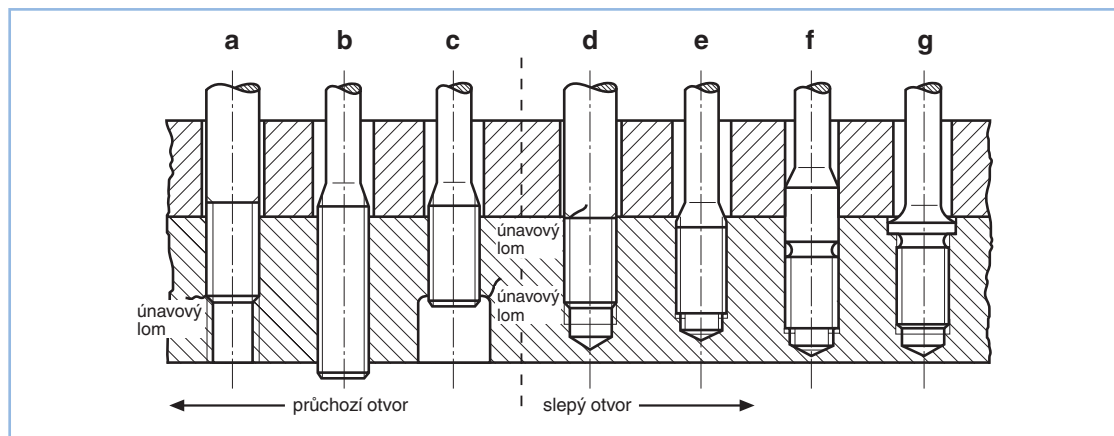
Další konstrukční opatření ke zvýšení odolnosti proti únavě:

V zásadě jsou ke zvýšení odolnosti proti únavě šroubových spojů vhodná všechna opatření, která snižují účinné špičky prnutí nebo brání kombinovanému namáhání (v několika osách). Dlouhé šrouby místo krátkých, pružné šrouby s redukováným dílkem místo s plným, kovové kolíky nebo lícované šrouby k zachycení střizných sil, dostatečné a zejména kontrolované předpětí šroubů.



Graficky: VDI 2230, vydání 1986

- ① Závit válcován, pak kaleno a popuštěno (běžné provedení)
② Kaleno a popuštěno, pak válcován závit



a Nebezpečí únavového lomu i ve vnitřním závitu

b Snižování nebezpečí únavového lomu

- u vnitřního závitu překrytím závity šroubu
- u prvního nosného závitu pružným odlehčením dílku

c Snižování nebezpečí únavového lomu u vnitřního závitu zaoblením zahloubením a překrytím závity šroubu.

d Nebezpečí únavového lomu v sevřeném výběhu závitu šroubu.

e Snižování nebezpečí únavového lomu ve srovnání s (d) pružným spojením, překrytím vnitřních závitů a vyztužením šroubu osazením.

f Jako (e), ale zde středové osazení slouží ke snížení ohybových prnutí v závitu šroubu.

g Snižuje riziko únavového lomu napětím na opěrné ploše nákrůžku a odlehčením namáhání závitů šroubu na ohyb.

Doporučené minimální délky zašroubování v řezaných vnitřních závitech dílů

podle údajů výrobců, na základě zkušebních hodnot M6 až M16

Mají-li být šrouby zašroubovány do dílů s vnitřním závitem kde je vyžadována plná únosnost, musí být stanovena minimální délka zašroubování v závislosti na pevnosti materiálu, ze kterého je díl vyroben.

Tento druh spoje je méně pružný oproti běžným maticím, tudíž se není potřeba obávat při utahování jakéhokoliv výsledného rozšíření, které může znamenat, že závit nebude pevně utažen.

Naopak, díly s vnitřním závitem mají při použití šroubů stejné třídy pevnosti oproti běžným maticím méně pevné závity.

Aby byla zajištěna dostatečná trvanlivost šroubového spojení musí být věnována zvláštní pozornost minimální požadované svérné délce.

Následující doporučené hodnoty byly stanoveny praktickými zkouškami.

Materiál konstrukčního dílu s řezaným vnitřním závitem, tolerance 6g/6H	R_m v [N/mm ²]	Doporučená minimální délka zašroubování bez zahloubení pro třídy pevnosti šroubů					
		8.8 normální závit	jemný závit	10.9 normální závit	jemný závit	12.9 normální závit	
S235 (St37-2) 2C15 N (C15)	> 360 (feriticko / perlitická struktura)	1,0 · d [1,5 · d] ¹⁾	1,25 · d	1,25 · d [1,8 · d] ¹⁾	1,4 · d	1,4 · d [2,1 · d] ¹⁾	
E 285 (St50-2) S 355 (St52-3) 2C35 N (C35 N)	> 500 (feriticko / perlitická struktura)	0,9 · d [1,3 · d] ¹⁾	1,0 · d	1,0 · d [1,6 · d] ¹⁾	1,2 · d	1,2 · d [1,8 · d] ¹⁾	
C45 V 35Cr4 V 34CrMo4 V 42CrMo4 V	> 800 (struktura tepelného zpracování)	0,8 · d [0,9 · d] ¹⁾	0,8 · d	0,9 · d [1,1 · d] ¹⁾	0,9 · d	1,0 · d [1,2 · d] ¹⁾	
GJL 250 (GG-25)	> 220	1,0 · d [1,3 · d] ¹⁾	1,25 · d	1,25 · d [1,6 · d] ¹⁾	1,4 · d	1,4 · d [1,8 · d] ¹⁾	
Al 99,5	> 180	–	–	2,0 · d	2,5 · d	–	
AlMg3 F18	> 180	2 · d [3 · d] ¹⁾	2 · d [3 · d] ¹⁾	–	–	–	
AlMgSi1 F32	> 330	1,4 · d	1,4 · d	1,6 · d	2,0 · d	–	
AlMg4,5Mn F28	> 330	1,4 · d	1,4 · d	1,6 · d	2,0 · d	–	
AluMg1 F40 1	> 550	1,1 · d	–	–	–	–	
AlZn MgCu 0,5 F50	> 550	1,0 · d	–	–	–	–	
GMgAl9 Zn1	> 230	1,4 · d	1,4 · d	1,6 · d	2,0 · d	–	

¹⁾ Hodnoty v závorkách na základě vzorců podle VDI 2230 (teoretické hodnoty)

Tabulkové doporučené hodnoty minimální délky zašroubování s tolerancemi závitů 6g/6H vyžadují dostatečnou tloušťku stěny maticového závitu. Přesné hodnoty je třeba vypočítat podle VDI 2230.

Minimální délka zašroubování znamená efektivní účinné překrytí závitů, vyjma zapuštění v konstrukčním dílu a bez výběhu závitu na konci šroubu.

! U délek zašroubování nad 1,5 d mohou extrémní tolerance vést k zakousnutí závitů.

ISO 965-1 definuje tolerance pro vnější a vnitřní závity, jejichž dodržení zajišťuje bezproblémovou montáž šroubovaných spojovacích dílů.

Označení hloubek zašroubování dle ISO 965-1

S malá
N normální
L velká

Doporučené hodnoty přípustného měrného tlaku pro různé materiály

Mezní tlak na jednotku plochy nesmí být při dotahování šroubů nebo matic překročen, jinak by se mohlo šroubové spojení uvolnit v důsledku sesedání.

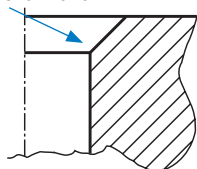
Podle VDI 2230, vydání 1986, s ověřenými mezními hodnotami

Uvedené hodnoty platí pro otvory bez sražených hran a o dostatečně velkém vnějším průměru smontovaných částí při pokojové teplotě.

Materiál jisticích dílů	Pevnost v tahu R_m [N/mm ²]	Mezní měrný tlak ⁴⁾ P_G [N/mm ²]
St 37	370	260
St 50	500	420
C 45	800	700
42 CrMo 4	1 000	850
30 CrNiMo 8	1 200	750
X 5 CrNiMo 18 10	500 až 700	210
X 10 CrNiMo 18 9	500 až 750	220
Titan, nelegovaný	390 až 540	300
GG 15	150	600
GG 25	250	800
GG 35	350	900
GG 40	400	1 100
GGG 35,5	350	480
DG MgAl 9	300	220
GK MgAl 9	200	140
AlZnMg Cu 0,5	450	370

⁴⁾ Podmínky ovlivňující mezní měrný tlak

Sražená hrana



Sražením hrany u otvoru (styčná plocha ke spojovacímu prvku) lze u oceli dosáhnout až o 25 % vyššího tlaku než je hodnota povoleného měrného tlaku (opěrný účinek).

Strojní utahovací nástroj



Při utahování motorovým nástrojem může být povolená mezní hodnota povrchového tlaku až o 25 % nižší!

Podle VDI 2230, vydání 2003, s experimentálně zjištěnými referenčními hodnotami

Materiálová zkratka, označení podle EN	Číslo materiálu	Pevnost v tahu $R_{m \min}$ [N/mm ²]	Mezní měrný tlak ^{1) 4)} P_G [N/mm ²]
USt 37-2 (S235 JRG1)	1.0036	340	490
St 50-2 (E295)	1.0050	470	710
St 52-3U (S355 JO)	1.0553	510	760
Cq 45	1.1192	700	630 ²⁾
34 CrMo 4	1.7720	1 000	870 ²⁾
34 CrNiMo 6	1.6582	1 200	1 080 ²⁾
38 MnSi-VS 5-BY	1.5231	900	810 ²⁾
16 MnCr 5	1.7131	1 000	900 ²⁾
X5 CrNi 18 12	1.4303	500	630
X5 CrNiMo 17 12 2	1.4401	510	460 ²⁾
X5 NiCrTi 26 15	1.4980	960	860 ²⁾
NiCr20TiAl	2.4952	1 000	700
GG-25 (GJL-250)	0.6020	250	850 ^{2) 3)}
GGG-40 (GJS-400)	0.7040	400	600 ^{2) 3)}
GGG-50 (GJS-500)	0.7050	500	750 ^{2) 3)}
GGG-60 (GJS-600)	0.7060	600	900 ^{2) 3)}
AlMgSi 1 F31 (AW-6082)	3.2315.62	290	260 ²⁾
AlMgSi 1 F28	3.2315.61	260	230 ²⁾
AlMg4.5Mn F27 (AW-5083)	3.3547.08	260	230 ²⁾
AlZnMgCu 1.5 (AW-7075)	3.4365.71	540	410 ²⁾
GK-AlSi9Cu3	3.2163.02	180	220 ²⁾
GD-AlSi9Cu3	3.2163.05	240	290 ²⁾
GK-AlSi7Mg wa	3.2371.62	250	380 ²⁾
AZ 91	(3.5812)	310	280 ²⁾
TiAl6V4	3.7165.10	890	890 ²⁾

¹⁾ Způsob utahování, podpůrné účinky nebo chování anizotropních materiálů může často znamenat povolení výrazně vyšší hodnoty tlaku než dané mezní hodnoty konkrétního materiálu.

Tyto vyšší mezní povrchové tlaky jsou na základě zkušeností získaných v praxi a pro každou specifickou aplikaci musí být ověřeny.

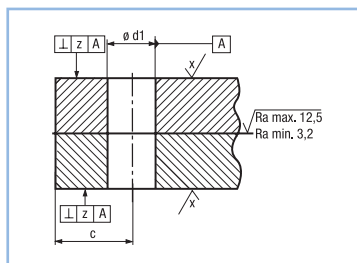
²⁾ Hodnoty uvedené kurzívou dosud nebyly zkontrolovány podle nových výsledků z výzkumu a praxe (TU Darmstadt).

³⁾ Mezní povrchový tlak zjištěný při trvalém axiálním zatížení při pokojové teplotě.

Orientační hodnoty stavu povrchu v oblasti kontaktních ploch

Drsnost, tvar a tolerance polohy

Závit	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20
Dopor. minimální vzdálenost od okraje c [mm]	6	7,5	9	12	15	18	24	30
Maximální odchylka kolmosti z [mm]	0,04	0,08	0,08	0,09	0,11	0,13	0,17	0,21
Maximální drsnost Ra x [μm]	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	6,3

**Srovnávací tabulka možných symbolů, tříd a hodnot Rz pro drsnost povrchu podle DIN 4768**

(ISO 4288, Geometrické požadavky na výrobky – Struktura povrchu: Pravidla a postupy pro posuzování struktury povrchu.

Označení	Měřené rozpětí					Jednotky
max. Rz hodnota ($\approx R_z$)	40	25	25	16	10	μm
max. Ra hodnota	6,3	3,2	2	1,6	1,6	μm
Třídy drsnosti	N9	N8	N8	N7	N7	–
Staré symboly	▽▽	▽▽	▽▽	▽▽	▽▽▽	–

Měrný tlak pod hlavou šroubu se šestihrannou hlavou

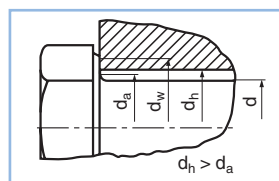
Podle DIN 931/933 (ISO 4014/4017) s normálním závitem

Jmenovitý Ø závitu	Velikost klíče	Ø kruhového osazení	Průchozí otvor (ISO 273) střední H13	Dosedací plocha	Průřez šroubu	Měrný tlak pod hlavou ¹⁾ [N/mm²]		
d	S _{max} [mm]	d _w min [mm]	d _h [mm]	A _p [mm²]	A _s nom [mm²]	Třída pevnosti		
						8.8	10.9	12.9
M4	7	5,9	4,5	11,4	8,78	385	568	665
M5	8	6,9	5,5	13,6	14,2	528	777	909
M6	10	8,9	6,6	28	20,1	364	532	625
M8	13	11,6	9	42,1	36,6	442	649	761
M10	16	14,63	11	73,1	58	405	594	695
M10	17	15,6	11	96,1	58	308	452	529
M12	18	16,63	13,5	74,1	84,3	580	853	999
M12	19	17,4	13,5	94,6	84,3	454	668	782
M14	21	19,64	15,5	114,3	115	517	759	888
M14	22	20,5	15,5	141,4	115	418	613	718
M16	24	22,5	17,5	157,1	157	515	756	885
M18	27	25,3	20	188,6	192	541	769	901
M20	30	28,2	22	244,4	245	532	761	888
M22	34	31,71	24	337,3	303	480	685	803
M22	32	30	24	254,5	303	637	908	1 065
M24	36	33,6	26	355,8	353	528	750	880
M27	41	38	30	427,3	459	576	821	960
M30	46	42,7	33	576,7	561	520	740	865

¹⁾ Hodnoty měrného tlaku v tabulkách se vztahují k 90 %-nímu využití meze kluzu šroubu $R_{p0,2}$ a $\mu_G = 0,12$ (odkaz: VDI 2230:2003).

$$A_{s\text{ jmen}} = \pi/4 \cdot ((d_2 + d_3)/2)^2$$

d_2 = základní střední průměr
vnějšího závitu dle ISO 724
 d_3 = malý průměr vnějšího závitu

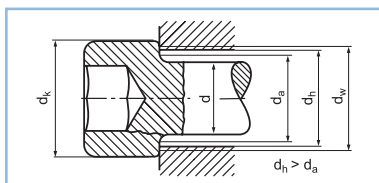


Měrný tlak pod hlavou šroubu s válcovou hlavou s vnitřním šestihranem

podle DIN 912 (ISO 4762) s normálním závitem

Jmenovitý Ø závitu d	Ø hlavy d _K [mm]	Ø kruhového osazení d _{w min} [mm]	Průchozí otvor (ISO 273) střední H13 d _h [mm]	Dosedací plocha A _p [mm ²]	Průřez šroubu A _{s nom} [mm ²]	Měrný tlak pod hlavou ¹⁾ [N/mm ²]		
						Třída pevnosti		
						8.8	10.9	12.9
M4	7	6,53	4,5	17,6	8,78	250	370	432
M5	8,5	8,03	5,5	26,9	14,2	268	394	461
M6	10	9,38	6,6	34,9	20,1	292	427	502
M8	13	12,33	9	55,8	36,6	333	489	574
M10	16	15,33	11	89,5	58	331	485	567
M12	18	17,23	13,5	90	84,3	478	702	822
M14	21	20,17	15,5	130,8	115	452	663	776
M16	24	23,17	17,5	181,1	157	447	656	767
M18	27	25,87	20	211,5	192	482	686	804
M20	30	28,87	22	274,5	245	474	678	791
M22	33	31,81	24	342,3	303	473	675	792
M24	36	34,81	26	420,8	353	447	635	744
M27	40	38,61	30	464	459	530	756	884
M30	45	43,61	33	638,4	561	470	669	782

¹⁾ Hodnoty měrného tlaku v tabulkách se vztahují k 90 %-nímu využití meze kluzu šroubu $R_{p0,2}$ a $\mu_G = 0,12$ (odkaz: VDI 2230:2003).

**Měrný tlak pod hlavou**

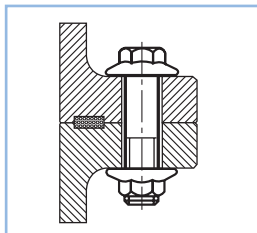
Povolený měrný tlak nelze pro daný materiál konstrukčního dílu přesně definovat. Rozhodující roli zde hrají vlivy jako výrobní postup, provedení sražení otvoru, zušlechtní povrchu a teplotní změny.

Měrný tlak lze snížit těmito opatřeními:

- použití přírubových šroubů a přírubových matic
- použití otvorů se sraženými hranami; z praktických zkoušek vyplývá až 20 %-ní zvýšení povoleného měrného tlaku
- zvolení průchozí díry podle ISO 273 – zvolit jemné provedení

Výhody přírubových šroubů a přírubových matic

- menší hodnoty sesedání.
- montážní svěrná síla zůstává ve spoji vesměs stabilní.
- přírubové produkty jsou racionálnější než velké podložky pod normálními šrouby a maticemi (méně spojovacích prvků a rychlejší montáž).
- přírubové šrouby a matice umožňují větší, hospodárnější tolerance otvorů.
- přírubové matice mají oproti běžným šroubům a maticím lepší odolnost proti vibracím.

Typické použití

Pokyny pro používání plochých podložek u šroubů a matic

podle ISO 887

Přehled vhodných kombinací plochých podložek u šroubů a matic se zřetelem na třídy pevnosti (třídy tvrdosti).

Při výběru je třeba přiměřeně zohlednit krajní podmínky jako jsou pevnost konstrukčního dílu, strukturu povrchu, výrobní postup, provedení sražení otvoru a provozní teploty.

Šrouby Třída pevnosti	Matice Třída pevnosti	Použití podložek s odpovídající tvrdostí povoleno		
		Podložky – třída tvrdosti a přiřazená pevnost v tahu [N/mm ²] podle ISO 18265		
		100 HV 320	200 HV 640	300 HV 965
		Povolené orientační hodnoty tlaku na jednotku plochy [N/mm ²]		
		200–300	300–500	500–800
Závitotvářecí šrouby kalené po cementování		ano	ano	ano
Šrouby a matice z nerezové ocele		–	ano	–
≤6.8	≤6	ano	ano	ano
8.8	8	ne	ano	ano
9.8	9	ne	ne	ano
10.9	10	ne	ne	ano
12.9	12	ne	ne	ne

Přiřazení doporučených hodnot koeficientů tření pro různé materiály, povrchové úpravy a podmínky mazání u šroubových spojů

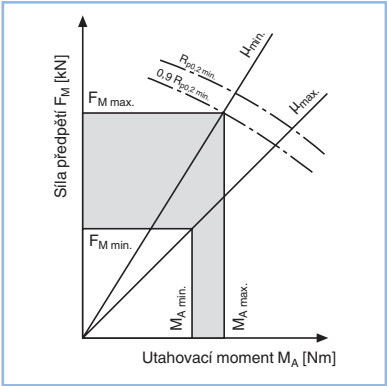
podle VDI 2230

U hodnot tření μ_G , μ_K se vyskytuje rozptyl, protože tyto hodnoty závisí na mnoha faktorech jako jsou kombinace materiálů, jakost povrchu (výška nerovností), povrchová úprava (lesklý, černěný, galvanicky pozinkovaný, zinkové vločky, atd.) a druhu mazání (s/ bez oleje, sirník molybdeničitý, pasta Molykote, anti-třecí povlak atd.)! V následujících tabulkách jsou uvedeny hodnoty koeficientu tření pro závit a dosedací plochy.

Údaje v tabulce platí při pokojové teplotě.

Třída koeficientu tření	Rozsah pro μ_G and μ_K	Typické příklady pro: Materiál / povrchy	Maziva
A	0,04–0,10	kovové, leskle leštěné zušlechtěné, černěné fosfátováno galvanické povlaky jako Zn, Zn/Fe, Zn/Ni zinko-lamelové povlaky	pevná maziva jako MoS ₂ , grafit, PTFE, PA, PE, PI v kluzných lacích jako Top-Coats nebo v pastách voskové taveniny, voskové disperze
B	0,08–0,16	kovové, leskle leštěné zušlechtěné, černěné fosfátováno galvanické povlaky jako Zn, Zn/Fe, Zn/Ni zinko-lamelové povlaky slitiny Al a Mg	pevná maziva jako MoS ₂ , grafit, PTFE, PA, PE, PI v kluzných lacích jako Top-Coats nebo v pastách, voskové taveniny, voskové disperze, tuky, oleje, stav při dodání
		žárově pozinkováno	MoS ₂ , grafit, voskové disperze
		organické povlaky	s integrovaným mazadlem nebo voskové disperze
		austenitická ocel	integrovaná mazadla nebo vosky; pasty
C	0,14–0,24	austenitická ocel	voskové disperze, pasty
		kovové, leskle leštěné fosfátováno	stav při dodání (mírně naolejováno)
		galvanické povlaky jako Zn, Zn/Fe, Zn/Ni ne-galvanicky nanášený zinek	bez
		lepidlo	
D	0,20–0,35	austenitická ocel	olej
		galvanické povlaky jako Zn, Zn/Fe žárově pozinkováno	bez
E	≥ 0,30	galvanické povlaky jako Zn/Fe, Zn/Ni austenitická ocel slitiny Al, Mg	bez

Pro bezpečnou montáž je důležité přesně definovat podmínky tření a udržovat jejich rozptyl co možná nejmenší. Při větším rozptylu bude dosažená síla předepnutí silně kolísat. Běžná tolerance utahovacího momentu má naproti tomu jen malý vliv.



Přibližné hodnoty statického koeficientu tření μ_T v dělicí rovině

podle VDI 2230

Kombinace materiálů	Statický koeficient tření ve stavu	
	suchém	naolejovaném
ocel – ocel / ocelo-litina	0,1 až 0,23	0,07 až 0,12
ocel – šedá litina	0,12 až 0,24	0,06 až 0,1
šedá litina – šedá litina	0,15 až 0,3	0,2
bronz – ocel	0,12 až 0,28	0,18
šedá litina – bronz	0,28	0,15 až 0,2
ocel – slitina mědi	0,07	–
ocel – slitina hliníku	0,1 až 0,28	0,05 až 0,18
hliník – hliník	0,21	–

Doporučené hodnoty faktoru utažení α_A a odpovídající montážní síly předpětí

podle VDI 2230 – 2003

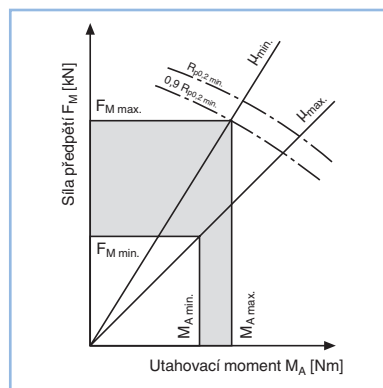
Faktor utažení α_A (montážní nejistota) zohledňuje chyby při odhadu součinitele tření, způsob utahování, přístrojové tolerance, provozní chyby a nepřesnosti při odečtu.

α_A tak zohledňuje rozptyl dosažitelné montážní síly předpětí mezi $F_{M \max}$ a $F_{M \min}$. Šroub je dimenzován na maximální utahovací moment $M_{A \max}$, aby šroub při montáži nebyl nadměrně namáhán. Faktor utažení α_A je definován jako:

$$\alpha_A = \frac{\text{max. možné montážní předpětí } F_{M \max}}{\text{min. požadované montážní předpětí } F_{M \min}}$$

Dnes již i jednoduché moderní momentové klíče je možno nastavit s velmi úzkými tolerancemi. Maximální odchylky momentu udávaných výrobci jsou v rozpětí $\pm 2\%$.

Nicméně výsledné předpětí při montáži, v závislosti na faktoru utažení, může kolísat od $\pm 9\%$ až do $\pm 60\%$.



– utahování s měřením prodloužení – hydraulická utahování – jsou prakticky nezávislá na tření. Jejich faktory α_A jsou nízké.

– utahování řízená utahovacím momentem reagují na vlivy tření.

Faktory α_A jsou obecně vyšší:

Menší rozptyl a tím i nižší činitele α_A jsou u koeficientů tření, odvozených z předběžných zkoušek. Totéž platí pro tuhé šrouby s malou svěrnou délkou a pro rychlé způsoby utahování.

Vyšší hodnoty α_A jsou u odhadovaných koeficientů tření, v případě měkkých šroubů s pomalejším utahováním, jako např. rázové utahovány či ruční montáž.

Způsoby utahování, utahovací faktor α_A

Utahovací faktor α_A	Rozptyl $\Delta F_M/2 \cdot F_{M \text{ střední}}$	Způsob utahování	Způsob nastavení	Poznámky
1,2 až 1,4	$\pm 9 \% \text{ až } \pm 17 \%$	Motorové nebo ruční utahování na mez kluzu	Daná hodnota relativního momentu a koeficientu úhlu otočení	Rozptyl síly předpětí je v podstatné míře dán rozptylem meze kluzu dané výrobní šarže šroubů. Šrouby jsou zde dimenzovány na $F_{M \text{ min.}}$; u tohoto způsobu utahování tedy odpadá dimenzování šroubů na $F_{M \text{ max}}$ s faktorem utažení α_A .
1,2 až 1,4	$\pm 9 \% \text{ až } \pm 17 \%$	Motorové nebo ruční utahování na úhel pootočení	Experimentální stanovení předběžného utažení a úhlu pootočení (po krocích)	
1,2 až 1,6	$\pm 9 \% \text{ až } \pm 23 \%$	Hydraulické utahování	Nastavení pomocí měření délek a použitého tlaku	Nižší hodnoty pro dlouhé šrouby ($l/d \geq 5$) Vyšší hodnoty pro krátké šrouby ($l/d \leq 2$)
1,4 až 1,6	$\pm 17 \% \text{ až } \pm 23 \%$	Utahování s řízením utahovacího momentu momentovým klíčem, klíčem se signalizací nebo šroubovákem s dynamickým měřením utahovacího momentu.	Pokusné stanovení požadovaného utahovacího momentu u originálního spojovacího dílu, např. měřením prodloužení.	Nižší hodnoty v případě: velkého počtu nastavení příp. kontrolních zkoušek (např. 20); je vyžadován malý rozptyl výstupního momentu (např. $\pm 5 \%$). Nižší hodnoty v případě: – malých úhlů pootočení, tzn. poměrně tuhých spojů – relativně malé tvrdosti povrchu ¹⁾ – povrchy, které nemají tendenci ke korozi, např. fosfátované povrchy nebo povrchy s adekvátním mazáním
1,6 až 2,0 (třída koeficientu tření A)	$\pm 23 \% \text{ až } \pm 33 \%$	Utahování s řízením utahovacího momentu momentovým klíčem, klíčem se signalizací nebo šroubovákem s dynamickým měřením utahovacího momentu.	Stanovení požadovaného utahovacího momentu odhadem součinitele tření (stav povrchu a mazání)	Vyšší hodnoty v případě: momentových klíčů s měřením – rovnoměrné dotažení – přesné šroubováky
1,7 až 2,5 (třída koeficientu tření B)	$\pm 26 \% \text{ až } \pm 43 \%$			Vyšší hodnoty v případě: momentových klíčů se signalizací nebo s prokluzovým mechanismem. Vyšší hodnoty v případě: – vyšších úhlů pootočení tzn. relativně pružné spoje a jemný závit – velký stupeň tuhosti povrchu ve spojení s drsným povrchem
2,5 až 4	$\pm 43 \% \text{ až } \pm 60 \%$	Utahování rázovými nebo impulsními utahováký	Nastavení klíče na základě dotahovacího momentu, odvozeného od požadovaného utahovacího momentu (pro odhadovaný součinitel tření) plus přípustná rezerva	Nižší hodnoty v případě: – velkého počtu nastavovacích pokusů (dotahovací moment) – nástrojů s charakteristikami, které jsou uvedeny na horizontální ose klíče – přenosu impulsu bez vůle

¹⁾ Povrch: Utahovaný díl, jehož povrch je ve styku s utahovacím prvkem spoje (hlava šroubu nebo matice).

Jak používat doporučené hodnoty

Předpětí a utahovací momenty

Tento postup nenahrazuje ani výpočet definovaný v VDI 2230 a neodpovídá ani současným moderním trendům rozvoje techniky. Nicméně, může přibližně pomoci stanovit moment, který nebude příčinou zlomení šroubu při montáži. Hlavní příčinou takových lomů je skutečnost, že koeficient tření je nižší než předpokládaný.

Krok 1: Koeficient tření $\mu_K = \mu_G$

V případě nejistoty třecích podmínek v závitech a pod hlavou musí být z tabulky **F.044** zvolen nejnižší možný koeficient tření $\mu_K = \mu_G$ (např. při první montáži, údržbě a opravě).

Příklad:

Spojové díly jsou galvanicky pozinkovány
Koeficient tření $\mu_K = \mu_G = 0,14 - 0,24$, nejnižší koeficient tření $\mu_K = \mu_G = 0,14$

Krok 2: Utahovací moment $M_{A \max}$

Tento maximální povolený utahovací moment při 90 %-ním využití meze meze kluzu R_{el} , resp. smluvní meze kluzu $R_{p0.2}$ je uveden v tabulkách momentů a předpětí od str. **F.048**. Tyto hodnoty platí za předpokladu použití přesných momentových klíčů či přesných utahovacích nástrojů s maximální nepřesností 5%.

Příklad:

Šroub se šestihrannou hlavou ISO 4017, M12 x 40, třída pevnosti 8.8, pozinkovaný.

Vyhledejte na str. **F.049** ve sloupci «Závit» M12 řádek $\mu_K = \mu_G = 0,14$. Najděte v tomto řádku v pravé polovině tabulky «Maximální utahovací momenty» ve sloupci «Třída pevnosti 8.8»

Maximální utahovací moment $M_{A \max} = 93 \text{ Nm}$

Krok 3: Maximální předpětí $F_{M \max}$

Maximální utahovací moment $M_{A \max}$ odvozený od předpětí $F_{M \max}$ najdete v téže tabulce.

Příklad:

V levé polovině tabulky najdete ve sloupci «Třída pevnosti 8.8» a na řádku «M12/0,14» výslednou maximální montážní sílu předpětí $F_{M \max} = 41,9 \text{ kN}$

Krok 4: Minimální předpětí $F_{M \min}$

Minimální sílu předpětí lze vypočítat podílem maximálního předpětí ku faktoru utažení α_A – viz tabulka na straně **F.046**.

Příklad:

Utahujeme-li běžným moderním momentovým klíčem s nepřerušovaným utahováním a s odhadnutým koeficientem tření, musíme počítat s faktorem utažení $\alpha_A = 1,6 - 2,0$ (viz tabulka na str. **F.046**. Jedná-li se, dle příkladu, o klíč se signalizací, platí vyšší hodnota $\alpha_A = 2,0$.

Protože však krátký šroub M12x40 lze dotahovat s malým úhlem otočení a spojení je poměrně tuhé, lze tuto hodnotu zvolit poněkud nižší.

Předpokládaný utahovací faktor $\alpha_A = 1,8$

Minimální očekávané předpětí (svěrná síla):

$$F_{M \min} = F_{M \max} / \alpha_A = 41,9 \text{ kN} / 1,8$$

$$F_{M \min} = 23,3 \text{ kN}$$

Krok 5: Dvojitá kontrola hodnot,

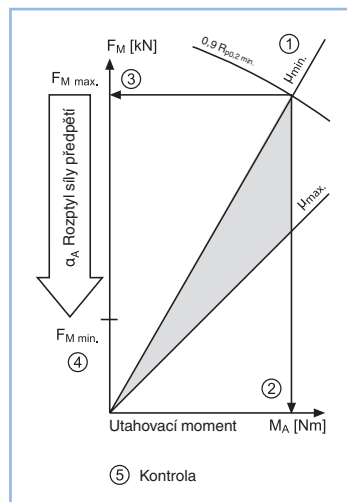
pro bezpečnost návrhu je doporučováno provedení dvojité kontroly hodnot použitím výpočtů uvedených v VDI 2230.

- Je minimální síla předpětí $F_{M \min}$ dostatečná pro zamýšlené použití?
- Není plošný tlak v dosedacích plochách příliš vysoký?
- Jak vysoká je zbytková síla předpětí za provozních podmínek?
- Není překračována mez únavy šroubu?

Je-li z nějakých důvodů použit nižší utahovací moment M_A než je tabulková hodnota, snižuje se také síla předpětí F_M . Tím bude ovlivněna i minimální síla předpětí $F_{M \min}$. Uživatel musí následně vyzkoušet, zda je svěrní spoje ještě vyhovující.

Možné důvody rozdílného momentu:

- koeficient tření je nižší, než předpokládaný – může vést ke zlomení během montáže,
- momentové klíče nejsou tak přesné, jak by měly být – rovněž může vést ke zlomení během montáže nebo při použití
- spojované díly jsou neočekávaně deformovány (vtlačení hlavy do materiálu)
- nedostatečné znalosti montážních pracovníků



Orientační hodnoty pro normální metrický závity VDI 2230

Hodnoty momentů na základě VDI 2230, vydání 2003: Tabulka uvádí maximální povolené utahovací momenty a z nich plynoucí maximální síly předpětí pro šrouby se šestihrannou hlavou a pro šrouby s válcovou hlavou s vnitřním šestihranem. Hodnoty momentu / předpětí jsou rovněž použitelné pro další typy spojovacích prvků s vnějším závitem s ekvivalentní pevností a s dosedacími plochami. Hodnoty jsou na základě **90 % využití**

meze kluzu R_{eL} / smluvní meze kluzu $R_{p0,2}$. Průměry otvorů pro svorníky a šrouby odpovídají ISO 273 – střední řada.

Tabulka uvádí pouze maximální povolené hodnoty bez uvažování koeficientu bezpečnosti. Při práci s tabulkou se předpokládá adekvátní znalost příslušných směrnic a kritérií pro dimenzování šroubových spojů.

! Obecné tabulky F.048 a F.049

Uvedené hodnoty jsou o něco vyšší než v VDI 2230/1986. Tato vyšší hodnota umožňuje lépe využít pevnost šroubu. Při montáži může být dosaženo vyšší předpětí. Důrazně doporučujeme výpočet šroubového spoje! VDI 2230:2003

i Utahovací momenty, tabulky F.048 and F.049

Při $M_A = F_M \cdot X$ lze vypočítat utahovací moment ke každé jiné síle předpětí (za předpokladu stejného koeficientu tření a stejného rozměru závitu).

Závity	Koeficient tření $\mu_K = \mu_G$	Maximální síla předpětí $F_{M\max}$ [N]							Maximální utahovací moment $M_{A\max}$ [Ncm]							Přepočítací faktor X
		Třída pevnosti dle ISO 898/1							Třída pevnosti dle ISO 898/1							
		3.6	4.6	5.6/4.8	6.8	8.8	10.9	12.9	3.6	4.6	5.6/4.8	6.8	8.8	10.9	12.9	
M1,6	0,10	176	235	294	470	627	882	1058	4,2	5,7	7,1	11,3	15,1	21,2	25,5	0,024
	0,12	171	228	285	455	607	854	1025	4,7	6,3	7,9	12,6	16,9	23,7	28,5	0,028
	0,14	165	220	275	441	588	826	992	5,2	6,9	8,7	13,9	18,5	26	31,2	0,032
M2	0,10	292	390	487	779	1039	1461	1754	9	11,9	14,9	23,8	31,7	44,5	53,5	0,031
	0,12	283	378	472	756	1008	1417	1701	10	13,3	16,7	26,7	35,6	50	60	0,035
	0,14	274	366	457	732	976	1373	1647	11	14,7	18,4	29,4	39,2	55	66	0,040
M2,5	0,10	485	647	809	1294	1725	2426	2911	18	24	30	49	65	91	109	0,037
	0,12	471	628	785	1257	1676	2356	2828	21	27	34	55	73	103	123	0,044
	0,14	457	609	762	1219	1625	2285	2742	23	30	38	60	81	113	136	0,050
M3	0,10	726	968	1210	1936	2582	3631	4357	32	42	53	84	112	158	190	0,044
	0,12	706	941	1177	1883	2510	3530	4236	36	48	60	95	127	179	214	0,051
	0,14	685	914	1142	1827	2436	3426	4111	40	53	66	105	141	198	237	0,058

Závity	Koeficient tření $\mu_K = \mu_G$	Maximální síla předpětí $F_{M \max}$ [kN]							Maximální uťahovací moment $M_{A \max}$ [Nm]							Přepočítací faktor X
		Třída pevnosti dle ISO 898/1							Třída pevnosti dle ISO 898/1							
		3.6	4.6	5.6/4.8	6.8	8.8	10.9	12.9	3.6	4.6	5.6/4.8	6.8	8.8	10.9	12.9	
M4	0,10	1,26	1,68	2,10	3,36	4,5	6,7	7,8	0,73	0,97	1,21	1,94	2,6	3,9	4,5	0,58
	0,12	1,22	1,63	2,04	3,26	4,4	6,5	7,6	0,82	1,09	1,37	2,19	3,0	4,6	5,1	0,67
	0,14	1,19	1,58	1,98	3,17	4,3	6,3	7,4	0,91	1,21	1,51	2,42	3,3	4,8	5,6	0,76
M5	0,10	2,06	2,74	3,43	5,48	7,4	10,8	12,7	1,4	1,9	2,4	3,8	5,2	7,6	8,9	0,70
	0,12	2,00	2,67	3,33	5,33	7,2	10,6	12,4	1,6	2,2	2,7	4,3	5,9	8,6	10,0	0,81
	0,14	1,94	2,59	3,23	5,18	7,0	10,3	12,0	1,8	2,4	3,0	4,8	6,5	9,5	11,2	0,93
M6	0,10	2,90	3,87	4,84	7,74	10,4	15,3	17,9	2,5	3,3	4,1	6,6	9,0	13,2	15,4	0,86
	0,12	2,82	3,76	4,71	7,53	10,2	14,9	17,5	2,8	3,7	4,7	7,5	10,1	14,9	17,4	0,99
	0,14	2,74	3,65	4,57	7,31	9,9	14,5	17,0	3,1	4,1	5,2	8,3	11,3	16,5	19,3	1,14
M8	0,10	5,3	7,1	8,8	14,2	19,1	28,0	32,8	6,0	8,0	10,0	16,1	21,6	31,8	37,2	1,13
	0,12	5,15	6,9	8,6	13,8	18,6	27,3	32,0	6,8	9,1	11,3	18,2	24,6	36,1	42,2	1,32
	0,14	5,0	6,7	8,3	13,4	18,1	26,6	31,1	7,5	10,1	12,6	20,1	27,3	40,1	46,9	1,51
M10	0,10	8,4	11,3	14,1	22,5	30,3	44,5	52,1	12	16,1	20,1	32,3	43	63	73	1,42
	0,12	8,2	11,0	13,7	21,9	29,6	43,4	50,8	13,7	18,3	22,9	36,5	48	71	83	1,65
	0,14	8,0	10,7	13,3	21,3	28,8	42,2	49,4	15,2	20,3	25,3	40,6	54	79	93	1,89
M12	0,10	12,3	16,4	20,5	32,8	44,1	64,8	75,9	20	27	34	55	73	108	126	1,65
	0,12	12,0	16,0	20,0	32,0	43,0	63,2	74,0	23	31	39	62	84	123	144	1,94
	0,14	11,6	15,5	19,4	31,1	41,9	61,5	72,0	26	34	43	69	93	137	160	2,22
M14	0,10	16,9	22,5	28,2	45,1	60,6	88,9	104,1	33	44	55	88	117	172	201	1,94
	0,12	16,5	21,9	27,4	43,9	59,1	86,7	101,5	37	50	62	100	133	195	229	2,26
	0,14	16,0	21,3	26,7	42,7	57,5	84,4	98,9	41	55	69	111	148	218	255	2,58
M16	0,10	23,2	30,9	38,6	61,8	82,9	121,7	142,4	50	67	84	134	180	264	309	2,17
	0,12	22,6	30,1	37,6	60,2	80,9	118,8	139,0	57	76	96	153	206	302	354	2,54
	0,14	22,0	29,3	36,6	58,6	78,8	115,7	135,4	64	85	107	171	230	338	395	2,92
M18	0,10	28,2	37,7	47,1	75,3	104	149	174	70	93	117	187	259	369	432	2,48
	0,12	27,5	36,7	45,8	73,4	102	145	170	80	106	133	212	295	421	492	2,90
	0,14	26,7	35,7	44,6	71,3	99	141	165	89	118	148	236	329	469	549	3,32
M20	0,10	36,2	48,3	60,3	96,5	134	190	223	98	131	164	262	363	517	605	2,71
	0,12	35,3	47,0	58,8	94,1	130	186	217	112	150	187	300	415	592	692	3,18
	0,14	34,3	45,8	57,2	91,6	127	181	212	125	167	209	334	464	661	773	3,65
M22	0,10	45,1	60,1	75,2	120,3	166	237	277	132	176	220	353	495	704	824	2,95
	0,12	44,0	58,7	73,4	117,4	162	231	271	151	202	252	403	567	807	945	3,46
	0,14	42,9	57,1	71,4	114,3	158	225	264	172	225	284	454	634	904	1057	3,97
M24	0,10	52,1	69,5	86,9	139,0	192	274	320	170	222	280	450	625	890	1041	3,25
	0,12	50,8	67,7	84,7	135,5	188	267	313	193	257	322	515	714	1017	1190	3,80
	0,14	49,4	65,9	82,4	131,8	183	260	305	215	287	359	574	798	1136	1329	4,36
M27	0,10	68,4	91,2	114,0	182,4	252	359	420	248	331	414	662	915	1304	1526	3,63
	0,12	66,7	89,0	111,2	178,0	246	351	410	284	379	474	759	1050	1496	1750	4,26
	0,14	65,0	86,7	108,3	173,3	240	342	400	318	424	530	848	1176	1674	1959	4,89
M30	0,10	83,2	111,0	138,7	222,0	307	437	511	338	450	563	901	1246	1775	2077	4,06
	0,12	81,2	108,3	135,3	216,5	300	427	499	386	515	644	1031	1420	2033	2380	4,76
	0,14	79,0	105,3	131,7	210,8	292	416	487	431	575	719	1151	1597	2274	2662	5,46
M33	0,10	103,5	138,0	172,5	276,0	381	543	635	456	608	760	1216	1679	2392	2799	4,41
	0,12	101,0	134,7	168,4	269,4	373	531	621	523	697	871	1395	1928	2747	3214	5,17
	0,14	98,4	131,2	164,0	262,5	363	517	605	585	780	975	1560	2161	3078	3601	5,95
M36	0,10	121,6	162,1	202,7	324,3	448	638	747	587	783	979	1566	2164	3082	3607	4,83
	0,12	118,7	158,2	197,8	316,4	438	623	729	672	897	1121	1793	2482	3535	4136	5,67
	0,14	115,6	154,1	192,6	308,1	427	608	711	752	1002	1253	2005	2778	3957	4631	6,51
M39	0,10	145,9	194,5	243,1	389,0	537	765	895	758	1011	1264	2022	2791	3975	4652	5,20
	0,12	142,4	189,9	237,4	379,8	525	748	875	870	1160	1450	2321	3208	4569	5346	6,11
	0,14	138,8	185,0	231,3	370,0	512	729	853	974	1299	1624	2598	3597	5123	5994	7,02

Doporučené hodnoty pro metrický jemný závit VDI 2230

Údaje jsou na základě VDI 2230, vydání 2003; síly předpětí a utahovací momenty pro šrouby bez hlavy třídy pevnosti 8.8 až 12.9 při 90 %-ním využití meze kluzu $R_{p0,2}$.

Tabulka uvádí pouze maximální povolené hodnoty bez uvažování koeficientu bezpečnosti. Při práci s tabulkou se předpokládá adekvátní znalost příslušných směrnic a kritérií pro dimenzování šroubových spojení.

Závity	Koeficient tření $\mu_k = \mu_s$	Maximální síla předpětí $F_{M \max}$ [kN]			Maximální utahovací moment $M_{A \max}$ [Nm]		
		Třída pevnosti dle ISO 898/1			Třída pevnosti dle ISO 898/1		
		8.8	10.9	12.9	8.8	10.9	12.9
M8x1	0,10	20,7	30,4	35,6	22,8	33,5	39,2
	0,12	20,2	29,7	34,7	26,1	38,3	44,9
	0,14	19,7	28,9	33,9	29,2	42,8	50,1
M10x1,25	0,10	32,4	47,5	55,6	44	65	76
	0,12	31,6	46,4	54,3	51	75	87
	0,14	30,8	45,2	52,9	57	83	98
M12x1,25	0,10	49,1	72,1	84,4	79	116	135
	0,12	48,0	70,5	82,5	90	133	155
	0,14	46,8	68,7	80,4	101	149	174
M14x1,5	0,10	66,4	97,5	114,1	124	182	213
	0,12	64,8	95,2	111,4	142	209	244
	0,14	63,2	92,9	108,7	159	234	274
M16x1,5	0,10	89,6	131,6	154,0	189	278	325
	0,12	87,6	128,7	150,6	218	320	374
	0,14	85,5	125,5	146,9	244	359	420
M18x1,5	0,10	120	171	200	283	403	472
	0,12	117	167	196	327	465	544
	0,14	115	163	191	368	523	613
M20x1,5	0,10	151	215	252	392	558	653
	0,12	148	211	246	454	646	756
	0,14	144	206	241	511	728	852
M22x1,5	0,10	186	264	309	529	754	882
	0,12	182	259	303	613	873	1022
	0,14	178	253	296	692	985	1153
M24x2	0,10	213	304	355	666	949	1110
	0,12	209	297	348	769	1095	1282
	0,14	204	290	339	865	1232	1442

► Vysvětlivky ke koeficientu tření μ
Strana F.044

Závrtné šrouby se zeslabeným dříkem

Závrtné šrouby z oceli 21 CrMo V 5 7 (DIN 2510 L list 3)

Doporučené hodnoty pro montážní síly předpětí a utahovací momenty při 70 %-ní minimální mezi kluzu (smluvní mezi kluzu).

Normální závit	M12		M16		M20		M24	
Ø dříku	8,5	8,5	12	12	15	15	18	18
$\mu_k = \mu_s$	0,10	0,12	0,10	0,12	0,10	0,12	0,10	0,12
F_M [N]	21 600	21 600	43 500	43 500	67 800	67 800	97 800	97 800
M_A [Nm]	38	44	98	115	190	220	320	370

Utahovací momenty pro šrouby z plastu / Polyamid 6.6

Orientační hodnoty vhodných utahovacích momentů pro šrouby z polyamidu 6.6 při 20 °C po skladování v normálním klimatu (rela-

tivní vlhkost vzduchu podle DIN 50014) do dosažení rovnováhy vlhkosti. Síla předpětí může v důsledku relaxačních pochodů klesat.

	Maximální utahovací moment $M_{A \max}$ [Nm]								
Závity	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16
Šrouby	0,1	0,2	0,5	1	2	3	4	6	7,5
Matice	0,1	0,25	0,6	1	2	3,5	5	7,5	9

Šrouby z austenitické nerezové ocele A1/A2/A4

Síly předpětí / utahovací momenty (normální metrický závit) pro šrouby s dílkem třídy pevnosti 50/70/80 při **90 %-ním využití meze kluzu $R_{p0.2}$** .

Závity	$\mu_k = \mu_g$	Síla předpětí F_M [kN]			Utahovací moment M_A [Nm]		
		Třída pevnosti			Třída pevnosti		
		50	70	80	50	70	80
M1,6	0,1	0,21	0,45	0,6	0,05	0,11	0,15
	0,2	0,18	0,39	0,5	0,08	0,17	0,22
	0,3	0,15	0,33	0,44	0,09	0,2	0,27
M2	0,1	0,35	0,74	1	0,11	0,23	0,30
	0,2	0,3	0,64	0,85	0,16	0,35	0,46
	0,3	0,25	0,55	0,7	0,2	0,43	0,57
M2,5	0,1	0,58	1,23	1,64	0,22	0,46	0,62
	0,2	0,5	1,06	1,42	0,34	0,72	0,97
	0,3	0,42	0,9	1,21	0,42	0,89	1,19
M3	0,1	0,86	1,84	2,5	0,37	0,8	1,1
	0,2	0,75	1,6	2,12	0,59	1,26	1,7
	0,3	0,64	1,36	1,81	0,73	1,56	2,1
M4	0,1	1,5	3,2	4,2	0,86	1,85	2,4
	0,2	1,3	2,76	3,6	1,35	2,9	3,8
	0,3	1,1	2,35	3,1	1,66	3,6	4,7
M5	0,1	2,4	5,2	6,9	1,6	3,6	4,8
	0,2	2,1	4,51	6	2,6	5,7	7,6
	0,3	1,8	3,85	5,1	3,3	7	9,4
M6	0,1	3,4	7,3	9,7	2,9	6,3	8,4
	0,2	3	6,4	8,4	4,6	10	13,2
	0,3	2,5	5,5	7,2	5,7	12,2	16,3
M8	0,1	6,2	13,4	17,9	7,1	15,2	20,3
	0,2	5,4	11,6	15,5	11,2	24,1	32,1
	0,3	4,6	9,9	13,3	13,9	30	40
M10	0,1	9,9	21,3	28,4	14	30	39
	0,2	8,6	18,5	24,7	22,2	47,7	63
	0,3	7,4	15,8	21,1	27,6	59,3	79
M12	0,1	14,4	31	41,4	24	51	68
	0,2	12,6	27	36	38	82	109
	0,3	10,7	23	30,8	47	102	136
M14	0,1	19,8	42,6	56,8	38	82	109
	0,2	17,3	37	49,5	61	131	175
	0,3	14,8	31,7	42,3	76	163	217
M16	0,1	27,2	58	77,7	58	126	168
	0,2	23,7	51	67,9	95	204	272
	0,3	20,3	43,5	58,2	119	255	340

Tabulka uvádí pouze maximální povolené hodnoty bez uvažování koeficientu bezpečnosti. Při práci s tabulkou se předpokládá adekvátní znalost příslušných směrnic a kritérií pro dimenzování šroubových spojů.

Závity	$\mu_k = \mu_g$	Síla předpětí F_M [kN]			Utahovací moment M_A [Nm]		
		Třída pevnosti			Třída pevnosti		
		50	70	80	50	70	80
M18	0,1	33,2	71	94	82	176	235
	0,2	28,9	62	82	131	282	376
	0,3	24,7	53	70	164	352	469
M20	0,1	42,5	91	121	115	247	330
	0,2	37,1	79,6	106	187	401	534
	0,3	31,8	68	90	234	501	669
M22	0,1	52,9	113	151	157	337	450
	0,2	46,3	99,3	132	257	551	735
	0,3	39,7	85,2	114	323	692	923
M24	0,1	61,2	131	175	198	426	568
	0,2	53,5	115	153	322	690	920
	0,3	45,8	98	131	403	863	1 151
M27	0,1	80,2	—	—	292	—	—
	0,2	70,3	—	—	478	—	—
	0,3	60,3	—	—	601	—	—
M30	0,1	97,6	—	—	397	—	—
	0,2	85,5	—	—	648	—	—
	0,3	73,3	—	—	831	—	—
M33	0,1	121	—	—	536	—	—
	0,2	106	—	—	880	—	—
	0,3	91	—	—	1 108	—	—
M36	0,1	143	—	—	690	—	—
	0,2	125	—	—	1 130	—	—
	0,3	107	—	—	1 420	—	—
M39	0,1	171	—	—	890	—	—
	0,2	150	—	—	1 467	—	—
	0,3	129	—	—	1 848	—	—

Spojovací prvky z těchto ocelí mají při montáži tendenci k zadírání. Toto riziko lze snížit hladkými, čistými povrchy závitů (válcovaný závit), mazivy, potažením kluzným přípravkem Mo-lykote (černý), nízkým počtem otáček šroubováku nebo plynulým utahováním bez přerušování (rázový šroubovák je nevhodný).

» Vysvětlivky ke koeficientu tření μ
Strana F.044

Bezpečnost v technologii spojování vyžaduje správnou specifikaci stavu mazání

Koeficient tření je především ovlivněn kombinací materiálů, kvalitou povrchů a podmínkami mazání. Znalost koeficientu tření spolu ve vztahu k «síle předpětí» je podmínkou bezpečné montáže. Korozní prostředí působící na závit nebo povrch dílů vzniká v důsledku dlouhodobého působení různých kombinací materiálů, vysokých provozních teplot i vlhkosti, a zhoršuje tak montážní podmínky.

Pro bezpečnou a jistou montáž jsou doporučeny povlaky ke snížení tření

Tribologický suchý povlak je řešení pro mechanicky zatížitelné spojovací díly a součásti (šrouby, matice, podložky). Tento povlak je ne-elektrolyticky nanášený tenkovrstvý film s integrovanými mazacími vlastnostmi a poskytující také ochranu

Povlaky pro snížení tření jsou na dotyk suché filmy, které, pokud jde o jejich složení, jsou podobné běžným průmyslovým lakům. **Bossard eco-lubric®** jako vhodné ekonomické zaručuje stálý koeficient tření a přispívá k dalšímu zjednodušení montážních procesů.

Spojovací prvky s vnitřním tvarem pro utažení a s nízkou hlavou

Doporučené hodnoty utahovacího momentu M _A [Nm]										
Norma	ISO 7379	DIN 6912	DIN 7984	Bossard	Bossard	ISO 14580	ISO 14583	~ISO 14583	ISO 7380-1	~ISO 7380-1
Typ šroubu										
Ocel	012.9 BN 1359	08.8 BN 15 BN 20737	08.8 BN 16 BN 17	~010.9 BN 1206 BN 20697 BN 20698	~08.8 BN 9524	08.8 BN 4850	08.8 BN 20005	08.8 BN 20228 BN 84405	010.9 BN 19 BN 13255 BN 30102	08.8 BN 6404
M2	–	–	–	0,22	0,19	0,25	0,25	–	0,27	0,25
M2,5	–	–	–	0,45	0,4	0,5	0,5	–	0,6	0,5
M3	–	1	0,9	0,8	0,7	0,9	0,9	0,9	0,95	0,9
M3,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
M4	–	2,3	2,1	1,95	1,6	2	2	2	2,3	2
M5	5,2	4,6	4	3,8	3,2	4	4	4	4,6	4
M6	9	8,1	7,2	6,6	5,4	7,2	7,2	7,2	8	7,2
M8	21,6	19,4	17,3	16	13	17	17	–	19	17,3
M10	43	38,7	34,4	32	23	34	34	–	38	34,5
M12	73	65	58	–	–	–	–	–	65	58
M14	–	105	–	–	–	–	–	–	–	–
M16	180	162	144	–	–	–	–	–	–	–
M20	363	330	290	–	–	–	–	–	–	–
M22	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
M24	–	560	500	–	–	–	–	–	–	–
Nerezová ocel		A2-70/A4-70 BN 33001 BN 1350	A2-70/A4-70 BN 2844		A2 BN 20146	A2-70 BN 15857	A2-70/A4-70 BN 5687 BN 20038		A2-70/A4-70 BN 1593 BN 8699	
M2	–	–	–	–	0,14	0,19	0,19	–	0,19	–
M2,5	–	–	–	–	0,28	0,37	0,37	–	0,37	–
M3	–	–	0,6	–	0,5	0,64	0,64	–	0,64	–
M3,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
M4	–	1,5	1,3	–	1,1	1,5	1,5	–	1,5	–
M5	–	2,9	2,6	–	2,2	3	3	–	3	–
M6	–	5	4,5	–	3,8	5	5	–	5	–
M8	–	12	10	–	9,1	12	12	–	12	–
M10	–	24	21	–	18	24	24	–	24	–
M12	–	40	36	–	–	–	–	–	40	–
M14	–	65	–	–	–	–	–	–	–	–
M16	–	100	90	–	–	–	–	–	–	–
M20	–	200	180	–	–	–	–	–	–	–
M22	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
M24	–	340	310	–	–	–	–	–	–	–

► Snížená pevnost
Strana F.053

! Zkontrolujte okrajové podmínky!

Šrouby nejsou vhodné pro vysoké provozní síly. Vnitřní a vnější tvary pro utahování těchto šroubů povoluje použití jen snížených utahovacích momentů.

! Snížená zatížitelnost

Šrouby podle různých specifikací jsou z titulu geometrie hlavy a/nebo tvaru pro utahování předmětem snížené zatížitelnosti v souladu s ISO 898-1, což znamená, že je nutné vzít v úvahu snížené hodnoty momentu.

Udáváné utahovací momenty nemusí být vždy spolehlivě aplikovány s ohledem na tvar pro utahování – v těchto případech mohou pomoci kuželové bity.

Hodnoty snížených utahovacích momentů M_A [Nm]												
Norma	Bossard ~ISO7380-2	Bossard ~ISO7380-2	ecosyn® -fix	ecosyn® -fix	SN 213307	ISO 14583	SHEETracs®	DIN 7991	DIN 7991	ISO 14581	ecosyn® -fix	DIN/ISO
Typ šroubu												     

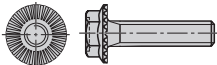
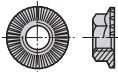
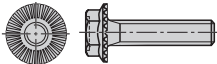
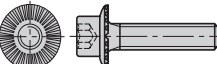
Ocel	08.8	~010.9	4.8	4.8	4.8	4.8		08.8	010.9	08.8	4.8	45 H ¹⁾
	BN 20367	BN 11252 30104	BN 5128	BN 4825	BN 380 381	BN 30503	BN 20191	BN 30105	BN 20 21 1422	BN 4851	BN 5950	Různé
M2,5	–	–	0,4	0,3	0,3	–	–	0,5	0,55	0,5	–	–
M3	1	1	0,7	0,5	0,5	0,7	1,3	0,9	0,95	0,9	0,5	0,5
M4	2,5	2,5	1,6	1,2	1,2	1,6	3	2	2,3	2	1,2	1,5
M5	5	5	3,2	2,4	2,4	3,2	6,5	4	4,6	4	2,4	3
M6	8	8	5,4	4	4	5,4	11	7,2	7,9	7,2	4,1	5
M8	20	20	–	–	–	–	–	17	19	17	10	12
M10	40	40	–	–	–	–	–	35	38	35	20	24
M12	66	66	–	–	–	–	–	58	65	58	34	40
M14	–	–	–	–	–	–	–	93	100	93	–	60
M16	–	–	–	–	–	–	–	144	158	144	–	100
M18	–	–	–	–	–	–	–	–	220	205	–	120
M20	–	–	–	–	–	–	–	–	310	290	–	180
M22	–	–	–	–	–	–	–	–	420	400	–	210
M24	–	–	–	–	–	–	–	–	530	500	–	310

Nere- zová	A2								A2/A4		A2	A2/A4
			BN 10649	BN 5952	BN 2845				BN 616 4719	BN 3803 20039	BN 5951	Různé
M2,5	–	–	0,5	0,4	0,4	–	–	–	0,23	0,23	–	–
M3	–	–	0,8	0,8	0,8	–	–	–	0,4	0,4	0,8	0,2
M4	–	–	1,8	1,6	1,6	–	–	–	0,9	0,9	1,8	0,7
M5	–	–	3,6	3,2	3,2	–	–	–	1,8	1,8	3,6	1,5
M6	–	–	6,3	6	6	–	–	–	3,1	3,1	6,3	2,5
M8	–	–	–	–	–	–	–	–	7,6	7,6	15,2	6
M10	–	–	–	–	–	–	–	–	15	15	30	12
M12	–	–	–	–	–	–	–	–	25	25	51	20
M14	–	–	–	–	–	–	–	–	40	40	–	30
M16	–	–	–	–	–	–	–	–	63	63	–	50
M18	–	–	–	–	–	–	–	–	85	85	–	90
M20	–	–	–	–	–	–	–	–	120	120	–	105
M22	–	–	–	–	–	–	–	–	160	160	–	150
M24	–	–	–	–	–	–	–	–	200	200	–	–

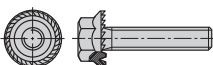
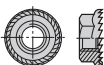
¹⁾ Třídy pevností a mechanické vlastnosti podle ISO 898 část 5 platí pro stavěcí šrouby, které nejsou namáhány tahem.

Přírubové šrouby a matice

Utahovací momenty M_A [Nm] a dosažitelné síly předpětí F_M [kN] pro šrouby/matice VERBUS RIPP® a pro šrouby INBUS RIPP® při 90 %-ním využití meze kluzu $R_{p0,2}$.

Zoubkovaná příruba	Materiál protikusu	Koeficient tření ~μ _G	Utahovací momenty M _A [Nm]						
			M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16
Popis Třída pevnosti	Ocel R _m ≥ 800 N/mm²	0,13 až 0,16	10	18	37	80	120	215	310
BN 2797, BN 9727 třída pevnosti 100 	Ocel R _m < 800 N/mm²	0,12 až 0,18	11	19	42	85	130	230	330
	Šedá litina R _m ~150 až 450 N/mm²	0,125 až 0,16	9	16	35	75	115	200	300
	Hliníková slitina tepelně nezušlechťená	0,14 až 0,2	16	28	65	120	190	320	450
	Hliníková slitina tepelně zušlechťená	0,13 až 0,18	14	25	55	100	160	275	400
			~Síla předpětí F _M [kN] ¹⁾						
			9	12,6	23,2	37	54	74	102
BN 2798, BN 14527 třída pevnosti 10 	Ocel R _m ≥ 800 N/mm²	0,12 až 0,18	6,5	11,3	27,3	54	93	148	230
	Šedá litina R _m ~500 až 900 N/mm²	0,12 až 0,16	5,9	10,1	24,6	48	84	133	206
	Hliníková slitina tepelně nezušlechťená	0,14 až 0,2	7,8	13,6	32,7	65	112	178	276
			~Síla předpětí F _M [kN] ¹⁾						
			7	9,9	18,1	28,8	41,9	57,5	78,8
BN 20170, BN 20226, BN 80007 třída pevnosti 8.8 	Ocel R _m ≥ 800 N/mm²	0,12 až 0,18	11	20	42	85	140		
	Ocel R _m < 800 N/mm²	0,12 až 0,18	13	24	45	90	150		
	Šedá litina R _m ~150 až 450 N/mm²	0,125 až 0,16	10	19	39	80	120		
			~Síla předpětí F _M [kN] ¹⁾						
			9	12,6	23,2	37	54		
BN 3873 třída pevnosti 100 	Ocel R _m ≥ 800 N/mm²	0,13 až 0,16	11	20	42	85	140		
	Ocel R _m < 800 N/mm²	0,12 až 0,18	13	24	45	90	150		
	Šedá litina R _m ~150 až 450 N/mm²	0,125 až 0,16	10	19	39	80	120		
			~Síla předpětí F _M [kN] ¹⁾						
			9	12,6	23,2	37	54		

Utahovací momenty M_A [Nm] a dosažitelné síly předpětí F_M [kN] pro šrouby / matice VERBUS TENSILOCK® při 90 %-ním využití meze kluzu $R_{p0,2}$.

Zoubkovaná příruba jen na vnějším okraji	Materiál protikusu	Koeficient tření ~μ _G	Utahovací momenty M _A [Nm]						
			M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16
Popis Třída pevnosti	Ocel R _m ~500 až 900 N/mm²	0,14 až 0,18	9,5	16,5	40	79	137	218	338
BN 73 třída pevnosti 90 	Šedá litina R _m ~500 až 900 N/mm²	0,12 až 0,18	7,6	13,2	31,8	63	108	172	264
	Hliníková slitina tepelně nezušlechťená	0,16 až 0,24	10,5	18,2	44	87	150	240	372
			~Síla předpětí F _M [kN] ¹⁾						
BN 190, BN 30312, BN 20230, BN 80014 třída pevnosti 8 			6,35	9	16,5	26,6	38,3	52,5	73

¹⁾ Referenční hodnoty pro spojovací díly a díly protikusu z ocele s pevností v tahu $\leq 800 \text{ N/mm}^2$

Montáž

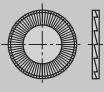
Doporučené hodnoty pro dosažitelné síly předpětí je třeba zkontrolovat v praxi.

Doporučené hodnoty utahovacího momentu podložek NORD-LOCK®

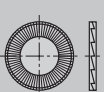
! Doporučené utahovací momenty jsou stanoveny na základě laboratorních zkoušek a pro každé specifické použití musí být ověřeny.

η = poměr meze kluzu (stupeň využití meze kluzu materiálu šroubu v procentech)
 μ_g = koeficient tření v závitech
 μ_s = koeficient tření podložky

Podložky NORD-LOCK® se zinkovými vložkami, párované s galvanicky pozinkovanými modře pasivovanými šrouby/svorníky 8.8

		Rozteč závitu [mm]	Olejováno η 0,75 μ_g 0,10 μ_s 0,16 Moment [Nm]		Grafitová pasta η 0,75 μ_g 0,08 μ_s 0,15 Moment [Nm]		Suchý stav η 0,62 μ_g 0,15 μ_s 0,18 Moment [Nm]	
			Předpětí [kN]		Předpětí [kN]		Předpětí [kN]	
NL3	M3	0,5	1,3	2,4	1,2	2,4	1,3	2
NL4	M4	0,7	3,1	4,2	2,8	4,2	3,1	3,5
NL5	M5	0,8	6	6,8	5,4	6,8	6	5,6
NL6	M6	1	10,5	9,7	9,5	9,7	10,2	8
NL8	M8	1,25	25	18	23	18	25	15
NL10	M10	1,5	49	28	45	28	50	23
NL12	M12	1,75	85	40	77	40	85	33
NL14	M14	2	135	55	122	55	136	46
NL16	M16	2	205	75	185	75	208	62
NL18	M18	2,5	288	92	260	92	291	76
NL20	M20	2,5	402	118	363	118	408	97
NL22	M22	2,5	548	146	494	146	557	120
NL24	M24	3	693	169	625	169	703	140
NL27	M27	3	1010	221	910	221	1028	182
NL30	M30	3,5	1379	269	1243	269	1401	222
NL33	M33	3,5	1855	333	1669	333	1889	275
NL36	M36	4	2394	392	2156	392	2436	324
NL39	M39	4	3087	468	2777	468	3145	387
NL42	M42	4,5	3820	538	3439	538	3890	445

Podložky NORD-LOCK® se zinkovými vložkami, párované s nepovlakovanými šrouby/svorníky 10.9

		Rozteč závitu [mm]	Olejováno η 0,71 μ_g 0,13 μ_s 0,14 Moment [Nm]		Grafitová pasta η 0,75 μ_g 0,08 μ_s 0,13 Moment [Nm]	
			Předpětí [kN]		Předpětí [kN]	
NL3	M3	0,5	1,8	3,2	1,6	3,4
NL4	M4	0,7	4,1	5,6	3,6	5,9
NL5	M5	0,8	8,1	9,1	7	9,6
NL6	M6	1	14,1	12,9	12,3	13,6
NL8	M8	1,25	34	23	30	25
NL10	M10	1,5	67	37	58	39
NL12	M12	1,75	115	54	99	57
NL14	M14	2	183	74	158	78
NL16	M16	2	279	100	240	106
NL18	M18	2,5	391	123	337	130
NL20	M20	2,5	547	157	470	165
NL22	M22	2,5	745	194	639	205
NL24	M24	3	942	225	809	238
NL27	M27	3	1375	294	1176	310
NL30	M30	3,5	1875	358	1608	378
NL33	M33	3,5	2526	443	2157	468
NL36	M36	4	3259	522	2788	551
NL39	M39	4	4203	624	3588	659
NL42	M42	4,5	5202	716	4445	757

Podložky NORD-LOCK® se zinkovými vložkami, párované s nepovlakovanými šrouby/svorníky 12.9

		Rozteč závitů [mm]	Olejoříváno		Grafitová pasta	
			η 0,71 μ_g 0,13 μ_s 0,12 Moment [Nm]	Předpětí [kN]	η 0,75 μ_g 0,08 μ_s 0,11 Moment [Nm]	Předpětí [kN]
NL3	M3	0,5	2	3,9	1,7	4,1
NL4	M4	0,7	4,6	6,7	4	7,1
NL5	M5	0,8	9,1	10,9	7,7	11,5
NL6	M6	1	15,8	15,4	13,5	16,3
NL8	M8	1,25	38	28	32	30
NL10	M10	1,5	75	44	64	47
NL12	M12	1,75	128	65	109	68
NL14	M14	2	204	89	174	94
NL16	M16	2	311	120	263	127
NL18	M18	2,5	437	148	370	156
NL20	M20	2,5	610	188	515	198
NL22	M22	2,5	831	233	699	246
NL24	M24	3	1 052	270	887	286
NL27	M27	3	1 533	352	1 288	372
NL30	M30	3,5	2 091	430	1 761	454
NL33	M33	3,5	2 815	532	2 362	562
NL36	M36	4	3 633	626	3 053	662
NL39	M39	4	4 683	748	3 925	790
NL42	M42	4,5	5 799	860	4 866	908

Nerezové podložky NORD-LOCK®, párované se šrouby/svorníky z nerezové ocele s grafitovou pastou

		Rozteč závitů [mm]	A4-70, Grafitová pasta		A4-80, Grafitová pasta	
			η 0,65 μ_g 0,14 μ_s 0,15 Moment [Nm]	Předpětí [kN]	η 0,65 μ_g 0,14 μ_s 0,15 Moment [Nm]	Předpětí [kN]
NL3ss	M3	0,5	0,9	1,5	1,2	2
NL4ss	M4	0,7	2	2,6	2,7	3,4
NL5ss	M5	0,8	3,9	4,1	5,3	5,5
NL6ss	M6	1	6,9	5,9	9,2	7,8
NL8ss	M8	1,25	17	11	22	14
NL10ss	M10	1,5	33	17	43	23
NL12ss	M12	1,75	56	25	75	33
NL14ss	M14	2	89	34	119	45
NL16ss	M16	2	136	46	181	61
NL18ss	M18	2,5	191	56	254	75
NL20ss	M20	2,5	267	72	356	95
NL22ss	M22	2,5	364	89	485	118
NL24ss	M24	3	460	103	613	137
NL27ss	M27	3	671	134	895	179
NL30ss	M30	3,5	915	164	1 220	219
NL36ss	M36	4	1 591	239	2 121	319

Vysokopevnostní konstrukční svorníky

Na základě Nařízení o stavebních výrobcích (EU) č. 305/2011 (CPR) je u specifikovaných stavebních výrobků **označených CE** nově zapotřebí **prohlášení o vlastnostech** v souladu s CPR. Nařízení tak nahrazuje dosavadní směrnici o stavebních výrobcích (**směrnice 89/106/EHS**). Normu DIN 18800-7 o provádění nosných konstrukcí z oceli a pravidla pro kvalifikaci výrobců nahrazuje norma EN 1090. Norma EN 1090 stanovuje požadavky na prokazování shody ocelových konstrukcí, které se uvádějí do oběhu jako stavební výrobky.

Jednotlivé požadavky na spojovací prvky upravují harmonizované normy EN 15048 a EN 14399 a násl. pro **ocelové, resp. kovové konstrukce**.

Je nezbytné jednoznačně zdůraznit, že označení CE je povinné jen tehdy, pokud mají být spojovací prvky trvale použity v

pozemní stavbě, ve které budou rozhodující mírou ovlivňovat její základní konstrukční požadavky.

Spojovací prvky se specifickými požadavky na konstrukci musí již v případě poptávky a/nebo objednávky s odpovídající specifikací obsahovat odkaz na příslušnou **harmonizovanou normu** nebo na **prohlášení o vlastnostech**.

Spolu s veškerými povolenými volitelnými možnostmi dle výrobové normy musí být předepsány třídy pevností šroubů a matic a případné povrchové úpravy.

Ve vztahu na konstrukce budov a jiných inženýrských konstrukcí jsou s odkazem na Evropskou normu stanoveny Eurokódy. Pro dimenzování ocelových konstrukcí platí norma EN 1993.

Kategorie šroubových spojů dle EN 1993-1-8

Spoje namáhané na stříh		
Kat. A	Spoje nosného typu	Podle normy není vyžadováno předpětí
Kat. B	Kluzu odolné spoje v mezním stavu využitelnosti	Je vyžadováno předpětí
Kat. C	Kluzu odolné spoje v mezním stavu využitelnosti	Je vyžadováno předpětí

Spoje namáhané na tah		
Kat. D	Bez předpětí	Podle normy není vyžadováno předpětí
Kat. E	S předpětím	Je vyžadováno předpětí

Přehled sestav vysokopevnostních šroubových spojů pro kovové konstrukce podle EN 14399

Druh sestavy šroubových spojů		Systém HR				Systém HV		Systém HRC	
Všeobecné požadavky		EN 14399-1							
Vhodnost pro předpinání		EN 14399-2 a v případě nutnosti další zkoušky stanovené v normě							
Šroub a matice		EN 14399-3		EN 14399-7		EN 14399-4	EN 14399-8	EN 14399-10	
Symboly značení	Šroub	HR8.8	HR10.9	HR8.8	HR10.9	HV10.9	HVP10.9	HRC10.9	
	Matice	HR8 nebo HR10	HR10	HR8 nebo HR10	HR10	HV10		HR10	HRD10
Podložka (podložky)		EN 14399-5 ¹⁾ nebo EN 14399-6		EN 14399-5 ¹⁾ nebo EN 14399-6		EN 14399-6		EN 14399-6	EN 14399-5 ¹⁾ nebo EN 14399-6
Symboly značení		H nebo HR ²⁾		H nebo HR ²⁾		H nebo HV ²⁾		H nebo HR ²⁾	H nebo HR ²⁾ nebo HD ³⁾
Přímý indikátor napětí a případně podložka pod maticí nebo pod šroub		EN 14399-9		EN 14399-9		EN 14399-9		Není relevantní	
Symboly značení	Přímý indikátor napětí	H8	H10	H8	H10	H10			
	Podložka pod maticí	HN		HN		HN			
	Podložka pod šroub	HB		Není relevantní		HB			

¹⁾ Podložky dle normy EN 14399-5 se mohou používat jen pod matici.

²⁾ Podle volby výrobce.

³⁾ Povinné označení jen u podložek se zvětšeným vnějším průměrem dle normy EN 14399-5.

Vztah mezi normami DIN/EN

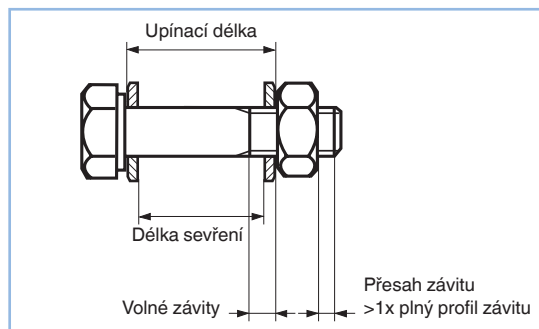
Norma	Obsah	Rozměry	Pevnost	Nahrazeno
DIN 6914	Šrouby HV	M12 – M36	10.9	EN 14399-4
DIN 6915	Matice HV	M12 – M36	10	EN 14399-4
DIN 6916	Podložky HV kruhové	13 – 37	295 – 350 HV	EN 14399-6
DIN 6917	Podložky čtyřhranné, klínové (pro profily tvaru I)	13 – 37	295 – 350 HV	Zůstávají zachovány
DIN 6918	Podložky čtyřhranné, klínové (pro profily tvaru U)	13 – 37	295 – 350 HV	Zůstávají zachovány
DIN 7999	Lícované šrouby HV	M12 – M30	10.9	EN 14399-8

Svěrná délka s volnými závity a přesah šroubu nad nezátčenou maticí

Podle normy EN 14399-4 je upínací délka vzdálenost mezi kontaktními povrchy hlavy šroubu a matice. Vzdálenost mezi podložkami je délka sevření.

U nepředpjatých šroubů musí být mezi dosedací plochou matice a částí díku šroubu bez závitu alespoň jeden úplný závit (kromě výběhu závitu a případného dalšího komponentu).

U předpjatých šroubů dle EN 14399-3, EN 14399-7 a EN 14399-10 musejí být mezi dosedací plochou matice a částí díku šroubu bez závitu alespoň čtyři úplné závity (kromě výběhu závitu a případného dalšího komponentu).



Způsoby utahování

Sestavy pro nepředpjaté šroubové spoje

Sestavy pro nepředpjaté šroubové spoje z nelegovaných, legovaných a z austenitických nerezových ocelí musí odpovídat normě EN 15048-1.

Sestavy dle normy EN 14399-1 se mohou používat také pro nepředpjaté šroubové spoje.

Sestavy pro předpjaté šroubové spoje

Sestavy vysokopevnostních šroubových spojů pro předpinání zahrnují systémy HR, HV a HRC. Sestavy musí odpovídat požadavkům normy EN 14399-1 a příslušné evropské normy. Není-li předepsáno jinak, nesmí se šrouby z nerezavějící oceli používat s předpnutím. Pokud se takovým způsobem použijí, musí se s nimi zacházet jako se zvláštními spojovacími prostředky.

Není-li předepsáno jinak, použije se jako jmenovitá hodnota minimální předpinací síly $F_{p,C}$:

$F_{p,C} = 0,7 \times f_{ub} \times A_s$, přičemž « f_{ub} » je jmenovitá pevnost materiálu šroubu v tahu a « A_s » jmenovitý výpočtový průřez šroubu.

Způsoby utahování pro k-třídy

Způsob utahování	Předpětí	k-třídy
Metoda točivého momentu	$F_{p,C}$	K2
Kombinovaná metoda předpinání	$F_{p,C}$	K1 (nebo K2)
Modifikovaná metoda předpinání	$F_{p,C}$	K1

Pro dodávané sestavy HV se definují takzvané **k-třídy**, které představují nepřímé uvedení aktuálního stavu součinitele tření sestavy. Například **třída K1** jako rozhodující prvek sestavy specifikuje stav namazání matice, na jehož základě se bezpečně dosahuje minimální předpinací síly.

K-třídy a případně také utahovací momenty pro modifikovanou metodu předpinání dle normy EN 1993-1-8/NA pro $F_{p,C}$ jsou uvedeny na obalu. Všechny prvky sestavy HV z libovolných výrobních dávek od jednoho výrobce tak lze bez omezení kombinovat a dodávají se v samostatných obalech. Příslušné utahovací momenty a předpinací síly jsou uvedeny v normě EN 1993-1-8/NA.

Metoda točivého momentu

Šrouby je nutné utahovat utahovacím nástrojem, který poskytuje vhodný pracovní rozsah. Lze použít ručně ovládané nebo automatické utahovací nástroje. Rázové utahovací nástroje se smějí používat jen pro první krok utahování každého šroubu. Postup utahování metodou točivého momentu sestává nejméně z těchto dvou kroků:

1. krok utahování: utahovací nástroj se nastaví na utahovací moment asi $0,75 M_{r,i}$, přičemž $M_{r,i} = M_{r,2}$ nebo odpovídá hodnotě $M_{r,test}$. Tento první krok utahování musí být před zahájením druhého pracovního kroku úplně proveden u všech šroubů v rámci spoje.

2. krok utahování: utahovací nástroj se nastaví na utahovací moment $1,10 M_{r,i}$ přičemž $M_{r,i} = M_{r,2}$ nebo odpovídá hodnotě $M_{r,test}$.

Poznámka: Místo přesného výpočtového vzorce $(1 + 1,65 V_k) s V_k = 0,06$ pro k-třidu K2 lze rovnocenně použít také součinitel 1,10 společně s hodnotou $M_{r,2}$.

Kombinovaná metoda předpínání na točivý moment předběžného utažení a úhel pootočení pro třídu pevnosti 10.9 podle EN 1090

Momenty předepnutí a úhly pootočení jsou v závislosti na zvolené metodě odlišné.

U kombinované metody předpínání pro sestavy HV 10.9 a k-třidy K1 dle normy EN 1090-2 k dosažení standardní předpínací síly $F_{p,C}$ se v prvním kroku aplikuje utahovací moment cca $0,75 \times M_{r,1}$ ($M_{r,1} = 0,13 \times d \times F_{p,C}$).

Při modifikované kombinované metodě předpínání sestav HV 10.9 dle normy EN 1093-1-8/NA se pro aplikaci modifikované předpínací síly $F_{p,C}$ metodou točivého momentu aplikuje moment předběžného utažení. V případě, že se u šroubů pro předpínání použijí nižší předpínací síly, než jaké jsou uvedeny v tabulce, není popsaný postup přípustný.

Tento první krok musí být před zahájením druhého pracovního kroku dle údajů stanovených pro utahování na úhel pootočení úplně proveden u všech šroubů v rámci spoje.

		Průměr šroubu v mm							
		12	16	20	22	24	27	30	36
EN 1090-2	Standardní předpínací síla $F_{p,C}$ v kN	59	110	172	212	247	321	393	572
	Referenční moment (k-třída K1) $M_{r,1}$ v Nm	92	229	447	606	771	1 127	1 533	2 677
	Moment předběžného utažení v Nm	69	172	335	455	578	845	1 150	2 008
DIN EN 1993-1-8/NA (DIN 18800-7)	Modifikovaná předpínací síla $F_{p,C}$ v kN	50	100	160	190	220	290	350	510
	Referenční moment (k-třída K1) M_A v Nm	100	250	450	650	800	1 250	1 650	2 800
	Moment předběžného utažení v Nm	75	190	340	490	600	940	1 240	2 100

Potřebný úhel pootočení, resp. otočení pro kombinovanou metodu předpínání sestav třídy pevnosti 10.9

Celková jmenovitá tloušťka «t» spojovaných dílů (včetně všech vymezovacích podložek a podložek) d = průměr šroubu	Úhel pootočení aplikovaný v druhém kroku utahování	
	Stupně	Otočení
$t < 2 d$	60°	1/6
$2 d \leq t < 6 d$	90°	1/4
$6 d \leq t \leq 10 d$	120°	1/3

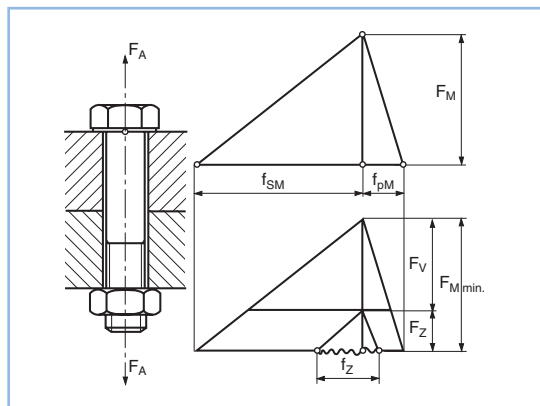
Poznámka: Jestliže povrch pod hlavou šroubu nebo maticí (s přihlédnutím k případně použitým klínovým podložkám) není kolmý vůči ose šroubu, musí být potřebný úhel pootočení stanoven pokusně.

Souhrn konstrukčních opatření pro jištění šroubových spojů

V zásadě rozlišujeme dva důvody jištění šroubových spojů

Povolení z důvodu sesedání

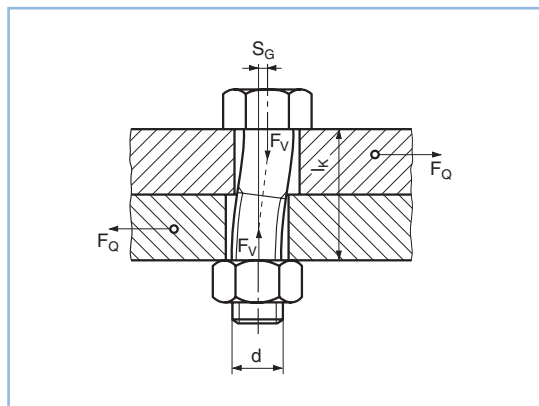
Povolení šroubových spojů je následkem ztráty předpětí. Tato ztráta je způsobena sesednutím prvků spoje nebo trvalým prodloužením šroubu po utažení nebo působením provozní síly F_A .



F_M = montážní síla předpětí
 f_{SM} = prodloužení šroubu v důsledku F_M
 f_{PM} = zkrácení sešroubovaných dílů v důsledku F_M
 F_V = výsledné předpětí
 F_Z = ztráta předpětí v důsledku sesednutí
 f_Z = hodnota sesednutí
 F_A = provozní síla
 F_{Mmin} = $F_V + F_Z$

Povolení rotací

Dynamické střížné síly F_Q působící ve šroubovém spoji mohou způsobit klzný pohyb spojovaných dílců. Tento pohyb může způsobit rotaci šroubu a matice a snížit předpětí až na nulovou, což může vést až k úplné ztrátě předpětí.



F_V = předpětí
 F_Q = střížná síla
 l_K = svěrná délka
 S_G = posuv sešroubovaných částí
 d = jmenovitý průměr

Následující možné způsoby jištění:

Zajištění proti uvolnění z důvodu sesedání

Opatření	Dosažený účinek
Čistá, hladká dělicí plocha minimum dělicích ploch Žádné měkké, plasticky deformovatelné spojové prvky	Snížení možností sesednutí
Dlouhé šrouby ($l_K > 4 \cdot d$) Šrouby s redukovaným dříkem Pružné podložky	Vysoká pružnost, kompenzace ztráty předpětí
Spojovací prvky s přírubou	Větší dosedací plocha zabraňuje překročení povoleného plošného tlaku. Větší tolerance průměru otvoru $\varnothing$
Speciální podložky s tvrdostí 200 HB	Stejně výhody jako výše. Použitelnost do třídy pevnosti 8.8

Následující možné způsoby jištění:

Zajištění proti vyšroubování z důvodu rotace

Opatření	Dosažený účinek
Větší $\varnothing$ šroubu Vyšší třídy pevnosti	Příčný pohyb spojových prvků je možno eliminovat vyšším předpětím
Lícované šrouby Válcové nebo pružné kolíky	Žádná možnost příčného pohybu
Dlouhé šrouby ($l_K > 4 \cdot d$) Šrouby s redukovaným dříkem	Pružný spoj Lepší odolnost proti únavě materiálu
Šrouby se žebry pod hlavou nebo žebrované podložky	Tvářecí efekt žebér má za následek stlačení povrchu s vtláčením drážek do materiálu

Přehled účinnosti řešení pojištění šroubových spojů a řešení prevence proti uvolnění

Poznámka

Proti uvolnění, uvolnění rotací a ztrátě (celkovému oddělení šroubu a matice) jsou navrženy následující prvky. Stupně efektivit jsou navrženy na základě typických průmyslových aplikací. Podmínky se mohou lišit a proto by uživatel měl pro prověření vhodnosti jistícího prvku provést u své aplikace vlastní testy.

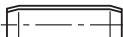
Pojistná vlastnost / Pojistný prvek	Pojištění proti								Poznámky	
	Uvolnění až do				Uvolnění rotací až do					Ztráta
	různé	5.6	8.8	10.9	různé	5.6	8.8	10.9		
Šrouby a matice se zvlněnou opěrnou plochou (VERBUS RIPP®)				○				●	Zvýšený povolovací moment vlivem zvlněné opěrné plochy	
Šrouby a matice se zubovou opěrnou plochou (VERBUS TENSILOCK®)							●		Ozubená plocha zabraňuje uvolnění otáčením	
Šrouby s integrovanou pružnou podložkou (ecosyn®-fix)		●				●			Zvýšený povolovací moment vlivem prohnuté příruby	
Precote® typ 30/80/85, Scotch-Grip® 2353, Loctite®, DELO®, Three Bond®					●	●	●	●	Chemické jistící materiály neutralizují vůli v závitu a utěsňují jej	
Šrouby s polyamidovým povlakem Tuflok®									● Pojištění proti oddělení šroubu a matice – max. teplota 120 °C	
Závítotvářecí šrouby pro kovy DIN 7500	●				●				● Celkové jistění pomocí bezvúlového uložení v závitech	
Závítotvářecí šrouby pro termoplasty ecosyn®-plast, PT® a DELTA PT®	●				●				● Celkové jistění pomocí bezvúlového uložení v závitech	
Matice s jistícími prvky, DIN 982/985, atd.									● Ochrana proti ztrátě pomocí polyamidového prvku, max. 120 °C	
Matice s jistícími prvky, DIN 980/ISO 7042, atd.									● Ochrana proti ztrátě pomocí kovového pojistného prvku	
Těsnící pojistné matice (Seal-Lok®) atd.									● Těsnění a ochrana proti ztrátě pomocí polyamidového pojistného prvku, max. 120 °C	
Šestihranné pojistné matice (Serpress®) atd.		●				○			Jisti pouze po utažení proti upínaným dílům	
Korunové matice DIN 935 atd.					●	●	●		● Závlačka zabrání ztrátě, omezené povolení je možné	
Šestihranné matice s otočnou pružnou podložkou			●						Pružná podložka kompenzuje sesedání	
Šestihranné matice se zubovou pojistnou podložkou (BN 1364)							○		Zvýšený povolovací moment díky integrované rotační ozubené pojistné podložce	
Přírubové matice / přírubové šrouby			○				○		Zvětšená opěrná plocha snižuje měrný tlak, zvětšený efektivní průměr snižuje povolení otáčením	
Dělené pružné podložky DIN 127/128/7980 atd.		●				○			Napružením mírně zvyšuje povolovací moment	
Vějířové a ozubené pojistné podložky DIN 6798/6797 atd.						●			Zvyšuje povolovací moment při použití na měkkých materiálech	
Pojistné podložky (Rip-Lock®) se žebry			●	○			●	○	Jednostranně žebrovaná univerzální podložka zvětšuje povolovací moment na nekalených materiálech	
Žebrované pojistné podložky (oboustranně žebrované)			○				●	●	Oboustranně žebrovaná pojistná podložka zvětšuje povolovací moment na nekalených materiálech	
Prohnuté pružné pojistné podložky DIN 6796 atd.			●	●					Pružné podložky s vysokou pružící silou	
Podložky NORD-LOCK®, Zabezpečovací systém svorníků			●	●			●	●	Svěrný bezpečnostní systém NORD-LOCK® využívá rozdílný poměr úhlu mezi klínovitými povrchy a stoupáním závitu pro bezpečné pojištění šroubových spojů v nejkritičtějších aplikacích. Odolává povolení způsobených vibracemi a dynamickými zatíženími.	

Jistící účinek: ● velmi dobrý ● dobrý ○ mírný

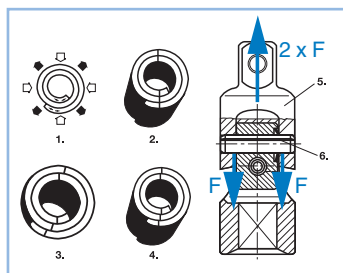
Šrouby, které by měly být zajištěny

Svrtná délka L_k $\varnothing$ závitu d	Namáhání			
	statické		dynamické	
	ve směru osy	příčně k ose	ve směru osy	příčně k ose
krátká $L_k < 2d$	žádné	Prověřit jistící účinek	Prověřit jistící účinek	Zajištění je nutné
střední $5d > L_k \geq 2d$	žádné	žádné	Závisí na podmínkách Prověřit jistící účinek	Zajištění je nutné
dlouhá $L_k \geq 5d$	žádné	žádné	žádné	Závisí na podmínkách Prověřit jistící účinek

Hodnoty statického střížného zatížení pro spoje s pružnými kolíky

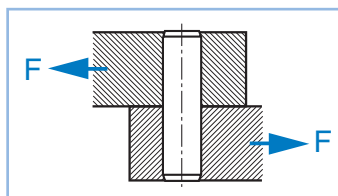
Jmenovitý Ø [mm]	Střížná síla F min. [kN]		Dělené pružné kolíky	
	Spirálové pružné kolíky			
	normální provedení podle ISO 8750	těžké provedení podle ISO 8748	těžké provedení podle ISO 8752	lehké provedení podle ISO 13337
			do jmen. Ø 8 mm   od jmen. Ø 10 mm 	do jmen. Ø 8 mm   od jmen. Ø 10 mm 
	Pružinová ocel kalená a popuštěná na 420 až 545 HV		Pružinová ocel kalená a popuštěná na 420 až 560 HV	
0,8	0,2	–	–	–
1	0,3	–	0,35	–
1,2	0,45	–	–	–
1,5	0,72	0,95	0,79	–
2	1,25	1,75	1,41	0,75
2,5	1,95	2,75	2,19	1,2
3	2,25	3,8	3,16	1,75
3,5	3,75	–	4,53	2,3
4	4,8	6,75	5,62	4
4,5	–	–	7,68	4,4
5	7,5	10	8,77	5,2
6	11	15	13	9
8	19,5	26,5	21,38	12
10	31	42	35,08	20
12	44,5	60	52,07	24
13	–	–	57,55	33
14	60	82,5	72,36	42
16	77,5	105	85,51	49
18	–	–	111,27	63
20	125	170	140,32	79

Spirálové pružné kolíky

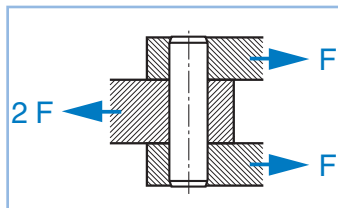


1. Radiální pružnost schematicky
2. Kolík před aplikací
3. Vložený kolík
4. Vyražený kolík se spirálou v původní poloze
5. Univerzální spoj u nástrčného klíče
6. Spirálový kolík

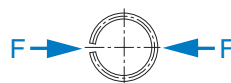
Jednoduchý spoj



Dvojitý spoj



Polohování pružného děleného kolíku



Pro tuhé spoje
Vysoké zatížení



Pro pružné spoje, nízké zatížení,
minimální výchylka ve směru síly F

Přímá montáž do kovu s použitím závitotvářecích šroubů

podle DIN 7500

Na co je třeba dbát při dimenzování a konstruování?

- Šrouby podle DIN 7500 (trilobulární) tvářejí beztržiskově kalibrovaný, metrický vnitřní závit.
- Šrouby jsou zušlechťeny po cementování na pevnost v tahu cca 800 N/mm².
- Tváření závitu je možné v tvářitelných kovech jako ocel, nezelezná a lehké kovy do ca 140 až 160 HV.
- Pro křehké kovy jako šedá litina není tváření závitu vhodné.
- Šrouby z nerezové ocele Inox A2 lze bezpečně použít pouze do lehkých kovů. **Přitom je třeba volit předvrtané otvory o 5 % větší než jsou tabulkové hodnoty.**
- Nejsou nutné žádné další zajišťovací prvky jako např. pojistné pružné podložky. Odolnost proti vibracím je zaručena třením v závitech.
- Mohou být znovu použity 10–20 krát.

! Poznámka

Předpokladem bezpečného šroubového spoje je funkční provedení konstrukčních částí a volba správného spojovacího prvku. Mechanické a funkční vlastnosti závitotvářecích šroubů dle normy DIN 7500 a ISO 7085.

- U tenkých plechů zlepši protlačované otvory mechanické vlastnosti šroubového spoje.
- U otvorů vyřezaných laserem se doporučuje provést zkoušky zašroubování (plochy řezu mohou být příliš tvrdé).
- Zkoušky je třeba provést i u kritických aplikací. Pokud možno co nejdříve ve stádiu vývoje výrobku kontaktujte naše technické oddělení.
- Pro správnou funkci závitotvářecích šroubů by mělo být použito vhodné mazivo. Pro tento účel se používá mazivo integrované již v povrchové úpravě či samostatné mazivo.
- U závitotvářecích šroubů s galvanickými povlaky existuje riziko vodíkové křehkosti. Ke snížení tohoto rizika musí být takové zpracování provedeno podle ISO 4042. Vysoce pevnostní šrouby s třídou pevnosti 8.8 a vyšší nesmí být nahrazeny cementačně kalenými závitotvářecími šrouby bez příslušných zkoušek.

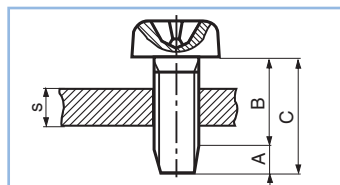
A = kuželový konec šroubu, max. 4 P

B = využitelná délka závitu

C = celková délka, tolerance js 16

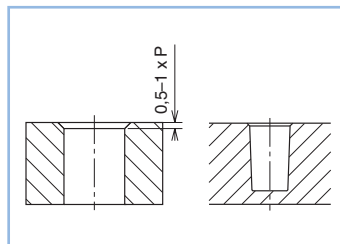
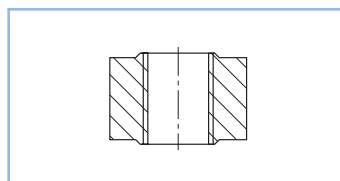
s = tloušťka materiálu

Při určování délky šroubu je třeba zohlednit délku ne plně nosného, kuželového konce šroubu.

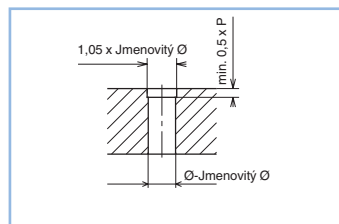


Provedení otvorů

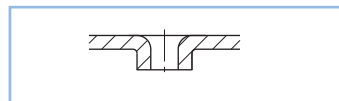
Přemístěním materiálu při tváření závitu vzniká na hraně otvoru malý výstupek. To může vadit při smontování hladkých a rovných dílů. Je proto doporučeno 90° sražení hran otvorů do hloubky 0,5 až 1 x stoupání závitu P nebo zhotovení válcového zahloubení.



Vhodným osazením otvoru ze strany montáže šroubu může být dosaženo konstantní délky zašroubování jednotlivých spojovacích dílů. Za předpokladu, že rozměr šroubu a materiál zůstává je neměnný, šroubovací moment bude vždy stejný.



Prolis v tenkém plechu zlepšuje nosnost spoje.



Podrobnější informace si můžete vyžádat na technickém oddělení fy. Bossard.

Doporučené hodnoty pro otvory v oceli

Technické údaje	Jmenovitý průměr závitů							
	M2	M2,5	M3	M3,5	M4	M5	M6	M8
Rozteč závitů P [mm]	0,4	0,45	0,5	0,6	0,7	0,8	1	1,25
max. utahovací moment [Nm]	Přibližně 80% minimálního krouticího momentu							
min. krouticí moment ¹⁾ [Nm]	0,4	1	1,8	2,8	4,1	8,7	15	37
min. síla v tahu ¹⁾ [kN]	1,65	2,7	4	5,4	7	11,4	16	29
Tloušťka materiálu s [mm]	Průměr otvoru pro závit d – H11 pro ocel, HB max. 135; vyvrtáno nebo vyraženo							
2 a menší	1,8	2,25	2,7	3,2	3,6	4,5	5,4	–
4	1,85	2,3	2,75	3,2	3,65	4,55	5,5	7,3
6	–	2,35	2,75	3,2	3,7	4,6	5,5	7,4
8	–	–	–	–	3,7	4,65	5,55	7,4
10 a větší	–	–	–	–	–	4,65	5,6	7,5

¹⁾ Krouticí moment svorníků a šroubů dle ISO 898, část 7:

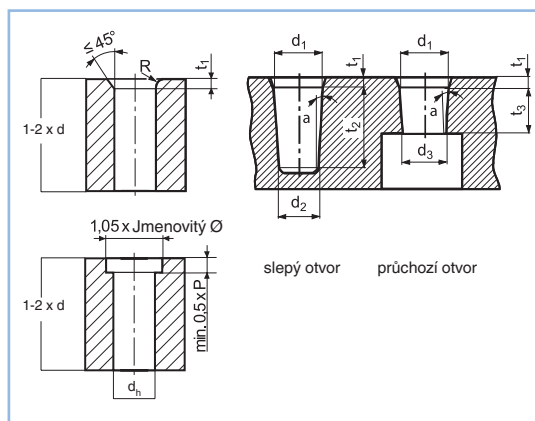
Krouticí moment je určen upevněním ve zkušební přípravku podle ISO 898, část 7. Šrouby musí být výhradně zkoušeny na krut, kdy by mělo být dosaženo minimálního krouticího momentu podle ISO 898, část 7

Otvory pro závit v odlitcích

Všechna doporučení je vždy třeba zkontrolovat montážními pokusy v podmínkách co nejvíce odpovídající praxi.

Obecně

- t_1 [mm]: zahloubení usnadňují vystředění šroubu, zabráňují vydutí materiálu a jsou šitá na míru běžným, ekonomicky výhodnějším délkám šroubů
- t_2 [mm]: nosná část otvoru pro závit, úhel úkosu α max. 1°
- t_3 [mm]: délka zašroubování, úhel úkosu α max. 1°



Doporučené hodnoty geometrie otvoru v hliníkové a zinkové slitině

Rozměry mm		Závit							
		M2	M2,5	M3	M3,5	M4	M5	M6	M8
d _H H11		1,81	2,3	2,75	3,25	3,65	4,65	5,5	7,5
d ₁	min.	1,85	2,33	2,84	3,31	3,74	4,72	5,66	7,61
	max.	1,91	2,39	2,90	3,39	3,82	4,80	5,74	7,69
d ₂	min.	1,75	2,22	2,70	3,13	3,56	4,50	5,40	7,27
	max.	1,81	2,28	2,76	3,21	3,64	4,58	5,48	7,35
d ₃	min.	1,80	2,28	2,75	3,22	3,65	4,61	5,5	7,44
	max.	1,86	2,34	2,83	3,30	3,73	4,69	5,61	7,52
t ₁		variabilní, minimálně 1 x rozteč závitu P							
t ₂		4	5	6	7	8	10	12	16
t ₃		2	2,5	3	3,5	4	5	6	8

Na co je třeba dávat pozor při montáži?

- Bezpečné a hospodárné spoje lze vytvořit pouze utahovací nástroje s řízeným momentem a/nebo úhlem otáčení.
- **Rozsah otáček při utahování by měl být v rozmezí 300 až 1 000 ot/min.** Lze použít utahovací nástroje s elektrickým i pneumatickým pohonem.
- Při pokusech s montážními díly by měla být zkontrolována přesnost opakování šroubování, aby bylo možno zohlednit případné dosud nepodchycené vlivy.

- Chcete-li montovat pomocí šroubovacích automatů, spojte se s námi co nejdříve, abychom Vám mohli správně nadefinovat a nechat vyrobit šrouby v potřebné automatové kvalitě.

► Výpočet momentů
Strana F.068

Přímé šroubování do termoplastů použitím šroubů Delta PT®

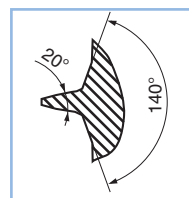
Šrouby Delta PT® mají všechny známé vlastnosti šroubů PT®.

Šrouby Delta PT® mají navíc následující výhody:

- Nová geometrie boku závitů s hlavním bočním úhlem 20° usnadňuje přetváření plastu
- Při stejném jmenovitém Ø d₁ až o 50 % vyšší pevnost v tahu a v krutu díky zvětšenému průřezu jádra
- Zvýšená odolnost proti vibracím díky menšímu stoupání závitů
- Podstatně vyšší životnost spoje
- Menší tolerance Ø
- Robustní spojovací prvek, který může přenést větší síly předpětí
- Program DELTACALC® pro výpočet šroubů Delta PT® umožňuje konstruování orientované na sílu předpětí (~ VDI 2230).



DELTA PT®



Nákladově příznivější spojení

Z následujícího příkladu je zřejmé, že pro stejnou hloubku zašroubování o nosném průřezu závitů A_{FL}, je díky menší rozteči závitů P možné navrhovat spoje s kratší délkou zašroubování t_e. Potřebná hloubka zašroubování Delta PT® šroubů může být vypočtena z daných hodnot nosného průřezu závitů.

Z porovnání šroubu Delta PT® a šroubu PT® vyplývá: **Použití Delta PT® šroubů umožňuje aplikaci hospodárnějších, kratších šroubů.**

	A _{FL} [mm²]	P [mm]	d [mm]	t _e [mm]
PT® K 50	35	2,24	4	13,24
Delta PT® 50	35	1,8	4	10,42
Delta PT® 40	35	1,46	3,2	11,75

$$A_{FL} = (d_1^2 - d^2) \cdot \frac{\pi}{4} \cdot \frac{t_e}{P}$$

Doporučení pro konstrukci

- Uvedená doporučení jsou dostatečná pro jednoduché šroubové spoje.
- V případě šroubových spojů s dodatečnými s provozními silami Vám s dimenzováním rádi pomůžeme, mj. také za podpory programu DELTACALC®
- Při spojování plastových dílů volte raději větší průměr hlavy (BN20040). Tření pod takovou hlavou zvyšuje bezpečnost při montáži, nižší plošný tlak má pak za následek nižší relaxaci materiálu, tudíž i větší zbytkovou sílu sevření.
- U spojovaných plastových dílů se vyvarujte použití šroubů se zápusťnou hlavou. Úhel 90° vyvolává nejen radiální, ale také axiální relaxaci, což při malé vzdálenosti od okraje způsobuje velké ztráty předpětí a může vést až k prasknutí spojované části.
- U spojovaných plastových dílů se vyvarujte podélným (oválným) otvorům. Pro nedostatečné dosednutí hlavy může být moment tvárění závitů větší než třecí moment hlavy, což může znesnadnit bezpečnou montáž.
- Střížné síly by měly být zachyceny tvarovým stykem dílů.
- Pamatujte na odlehčovací otvor d_e (zabráníte trhlinkám v důsledku pnutí).

Tvar otvoru pro šrouby Delta PT®

Kritériem pro optimální $\varnothing$ otvoru d je maximální dosažitelná síla předpětí při překroucení. Není závislá ani na materiálu tubusu a délce zašroubování t_e , především na rozteči závitů P a jmenovitém $\varnothing$ závitů d_1 šroubu. Stanovení rozměrů je platné pro všechny běžné plasty s modulem pružnosti $E = 15000 \text{ N/mm}^2$ ($\varnothing$ otvoru d pro speciální plasty na vyžádání):

$$d = 0,8 \cdot d_1$$

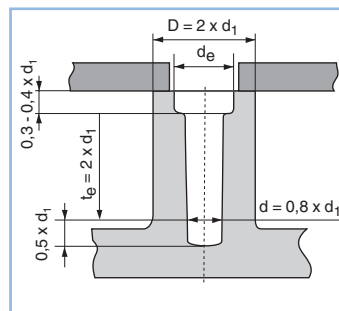
$$d_e = d_1 + 0,2 \text{ mm}$$

Odlehčovací otvor d_e je velmi důležitý, protože umožňuje příznivé rozložení okrajového pnutí a tím zabraňuje prasknutí tubusu zejména u plastů citlivých na pnutí, jako je např. polykarbonát. Zaručuje také rovné dosednutí upevňovaného dílu a vyrovnává vypouknutí plastu při tvárění prvního stoupání závitů.

Při optimalizaci spoje by neměl být překročen $\varnothing$ otvoru $d = 0,88 \times d_1$.

V praxi může dojít k odchylkám od uvedených doporučení z následujících důvodů:

- podmínky při zpracování plastového materiálu
- provedení formy vstřikolisu
- poloha bodu vstřiku
- tvorba švů
- místní textury, např. vlivem přísad a plniv jako barevných pigmentů a vláken
- možná rozdílná úprava plastů podle jednotlivých výrobců



- D vnější $\varnothing$
 d $\varnothing$ otvoru
 t_e délka zašroubování
 d_e $\varnothing$ zapuštění
 d_1 jmenovitý $\varnothing$ závitů šroubu

Poznámka

Doporučujeme provedení zkušební zašroubování s prvními dostupnými díly.

Pro další informace se obraťte na Bossard Engineering.

Výpočet šroubového spoje

Předběžný návrh šroubového spoje v termoplastech lze simulovat pomocí výpočtového programu DELTACALC®, který umožňuje návrh spoje ve vztahu k předpětí na základě VDI 2230. Možnosti programu sahají od návrhu únosnosti až po životnost spoje.

Pokud jsou známy provozní síly, jsou pro technickou pomoc důležité údaje v kontrolním listu.

Pro získání informací ohledně výpočtů DELTACALC®, kontaktujte Vaši kontaktní osobu Bossard (bossard@bossard.com).

DELTA CALC®

Pevnost v tahu

Provedení PT 10

(ocel, kaleno a popuštěno, analogová pevnost v tahu 10.9)

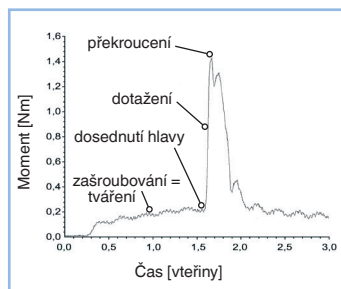
Jmenovitý rozměr Delta PT®	Jmenovitý Ø (d1) [mm]	Min. zatížení v tahu [kN]
20	2	1,6
22	2,2	1,9
25	2,5	2,7
30	3	3,8
35	3,5	5,2
40	4	6,8
45	4,5	8,6
50	5	10
60	6	15
70	7	21
80	8	28
100	10	44

Na co je třeba dbát při montáži?

- Bezpečné a hospodárné spoje lze vytvořit pouze šroubovacími nástroji s řízeným utahovacím momentem a/nebo úhlem otočení. Teplo, potřebné pro tvorbu závitu v plastu, vzniká třením při šroubování.
- **Otáčky utahovacího nástroje by měly být v rozmezí od 300 do 800 ot/min.**
- Lze použít šroubovací nástroje s elektrickým i pneumatickým pohonem.
- Při zkouškách s montážními díly by měly být opakovaným šroubováním zkontrolovány vypočítané hodnoty, aby bylo možno zohlednit případné dosud nepodchycené vlivy.
- Při požadavku na montáž pomocí šroubovacích automatů nás co nejdříve kontaktujte, abychom mohli vaše šrouby definovat a nechat vyrobít v potřebné automatové kvalitě (je třeba vzít v úvahu dodací lhůty). Automatická montáž «šroubů ze skladových zásob» nebyvá zpravidla hospodárná.

Výpočet momentu

K zajištění optimální bezpečnosti během montáže musí být rozdíl mezi momentem zašroubování (M_e) a momentem překroucení (M_μ) co největší. Reálné parametry sešroubování lze zjistit pomocí originálních konstrukčních dílů v «technologické laboratoři» u fy. Bossard. Optimální montážní utahovací moment M_A , který je třeba nastavit na utahováku, se určuje na základě specifických požadavků zákazníka. Výsledky aplikačních zkoušek jsou poté zdokumentovány ve formě «technické zprávy».



«Check list» pro návrh šroubového spoje

i Poznámka

Doporučené hodnoty Bossard musí být potvrzeny praktickými zkouškami s díly, které jsou určeny pro hromadnou výrobu.

Parametry šroubu

šroub
 odkaz na normu
 tvar hlavy
 Ø hlavy [mm]
 jmenovitý Ø závitu [mm]
 délka [mm]

Parametry montážního dílu

specifikace materiálu
 obchodní název
 tloušťka montážního dílu [mm]
 Ø otvoru [mm]

Parametry tubusu

specifikace materiálu
 obchodní název
 Ø otvoru pro šroub [mm]
 vnější Ø tubusu [mm]
 délka zašroubování [mm]
 Ø reliéfu okraje [mm]
 výška reliéfu okraje [mm]

Parametry montáže

požadovaný utahovací moment [Nm]
 předpětí / svěrná síla [kN]
 provozní zatížení (axiální) [N]
 podmínka dynamického zatížení [ano/ne]
 podmínka statického zatížení [ano/ne]
 provozní teplota [°C]
 výška reliéfu okraje [mm]
 perioda obsluhy [h]

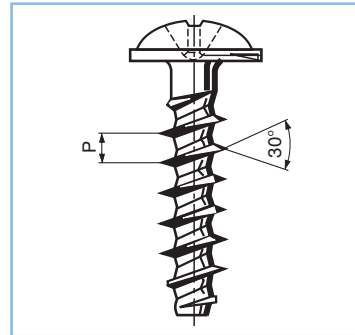
Detail tubusu
Strana F.067

Přímé zašroubování do termoplastů pomocí šroubů PT®/ecosyn®-plast



Výhody šroubů PT®/ecosyn®-plast

- nízký moment zašroubování, vysoký moment překroučení
- vysoká bezpečnost montáže a spoje
- vynikající odolnost proti vibracím
- malé nebezpečí trhlinek způsobených pnutí
- žádné sesedání spoje v důsledku nadměrné relaxace plastu
- hospodárný spojovací prvek pro přímé šroubování do termoplastů



Šroub PT®/ecosyn®-plast je schopen při přímé montáži do termoplastů vytvořit velmi bezpečné a vysoce pevnostní šroubové spoje.

Doporučení pro konstrukci

- Volba většího průměru hlavy (BN 13578). Tření pod hlavou zvyšuje bezpečnost při montáži. Větší hlava rovněž snižuje plošný tlak, což má za následek minimalizaci relaxace spoje a tím zvyšuje zbytkovou sílu sevření.
- Nepoužívejte šrouby se zápuštnou hlavou. Úhel 90° má za následek nejen axiální, nýbrž také ještě radiální relaxaci, což při malé vzdálenosti od okraje vyvolává velké ztráty síly předpětí.
- U spojovaných plastových dílů se vyvarujte podélným (oválným) otvorům. Pro nedostatečné doléhání hlavy může být moment zašroubování větší než třecí moment pod hlavou. Takový spoj není bezpečný.
- Střížné síly by měly být zachyceny tvarovým stykem dílů.
- Otvor v plastovém dílu má mít odlehčovací otvor (kvůli trhlinkám v důsledku pnutí).



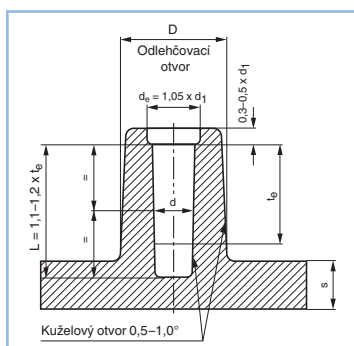
Provedení otvoru pro šrouby PT® / ecosyn®-plast

Pro optimální návrh konstrukce s vysokou životností je nutné navržení otvoru s přihlédnutím na druh použitého materiálu plastového dílce. Údaje ve vedlejší tabulce jsou založeny na laboratorních zkouškách s modelovými tělesy. Praxe si může vyžádat změny. Doporučujeme provést montážní zkoušky použitím prototypů.

Materiál	Ø otvoru d	vnější Ø D	délka zašroubování t _g
směs ABS / PC	0,80 x d ₁	2,00 x d ₁	2,00 x d ₁
ASA	0,78 x d ₁	2,00 x d ₁	2,00 x d ₁
PA 4.6	0,73 x d ₁	1,85 x d ₁	1,80 x d ₁
PA 4.6 - GF 30	0,78 x d ₁	1,85 x d ₁	1,80 x d ₁
PA 6	0,75 x d ₁	1,85 x d ₁	1,70 x d ₁
PA 6 - GF 30	0,80 x d ₁	2,00 x d ₁	1,90 x d ₁
PA 6.6	0,75 x d ₁	1,85 x d ₁	1,70 x d ₁
PA 6.6 - GF 30	0,82 x d ₁	2,00 x d ₁	1,80 x d ₁
PBT	0,75 x d ₁	1,85 x d ₁	1,70 x d ₁
PBT - GF 30	0,80 x d ₁	1,80 x d ₁	1,70 x d ₁
PC	0,85 x d ₁	2,50 x d ₁	2,20 x d ₁ ¹⁾
PC - GF 30	0,85 x d ₁	2,20 x d ₁	2,00 x d ₁ ¹⁾
PE (měkký)	0,70 x d ₁	2,00 x d ₁	2,00 x d ₁
PE (tvrdý)	0,75 x d ₁	1,80 x d ₁	1,80 x d ₁
PET	0,75 x d ₁	1,85 x d ₁	1,70 x d ₁
PET - GF 30	0,80 x d ₁	1,80 x d ₁	1,70 x d ₁
PMMA	0,85 x d ₁	2,00 x d ₁	2,00 x d ₁
POM	0,75 x d ₁	1,95 x d ₁	2,00 x d ₁
PP	0,70 x d ₁	2,00 x d ₁	2,00 x d ₁
PP - TV 20	0,72 x d ₁	2,00 x d ₁	2,00 x d ₁
PPO	0,85 x d ₁	2,50 x d ₁	2,20 x d ₁ ¹⁾
PS	0,80 x d ₁	2,00 x d ₁	2,00 x d ₁
PVC (tvrdý)	0,80 x d ₁	2,00 x d ₁	2,00 x d ₁
SAN	0,77 x d ₁	2,00 x d ₁	1,90 x d ₁

d₁ = jmenovitý Ø závitů

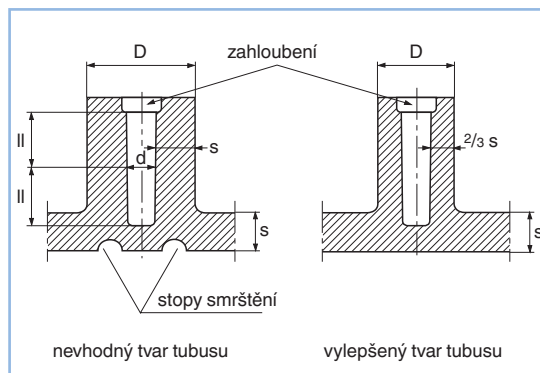
¹⁾ Jelikož se jedná o materiály podléhající korozi od napětí, měly provedeny zkoušky doporučené výrobcem materiálu. Odlehčovací otvor zajišťuje příznivé rozložení okrajového napětí.

**Změny tvaru**

Pokud při uvedení tvaru tubusu dochází ke stažením, vtažením nebo prodloužením vstřikovacím cyklům, lze tvar změnit následovně:

- zmenšení vnějšího průměru D tubusu
- zvětšení průměru otvoru d
- zvětšení hloubky otvoru pro závit a tím i zvětšení hloubky zašroubování šroubu, aby se vyrovnala ztráta odolnosti proti vytržení.

Zvolte otvory pro závit o dostatečné hloubce, aby se použité šrouby nikdy nedotkly dna otvoru.

**Pevnost v tahu šroubů PT® šrouby**

Ocel, kalená a popuštěná, pevnost blízká 10.9

Jmenovitý rozměr PT®	Jmenovitý Ø d ₁ [mm]	Min. pevnost v tahu [kN]
K18	1,8	1,1
K20	2	1,3
K22	2,2	1,6
K25	2,5	2
K30	3	2,7
K35	3,5	3,6
K40	4	4,6
K50	5	7
K60	6	9,8
K70	7	13
K80	8	16
K100	10	25

➤ Na co je třeba myslet při montáži?
Strana F.068

➤ Výpočet momentů
Strana F.068

Spojování plechů

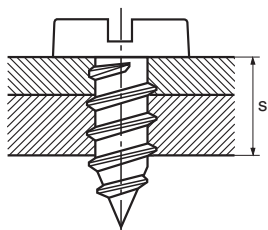
podle DIN 7975

Informace uvedené níže prezentují obecná doporučení pro používání šroubů do plechu. Níže jsou uvedeny příklady šroubových spojů.

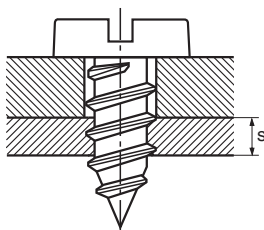
Převážně se používají šrouby do plechu typ C se špičkou (zvanou též naváděcí špička). Její význam je především u šroubování více plechů s přesazenými otvory.

! Minimální tloušťka plechu s , která má být spojena.

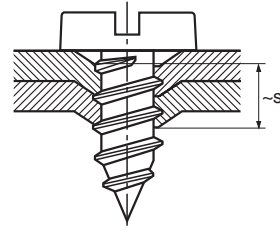
Tloušťka plechu pro zašroubování musí být větší než je rozteč závitu zvoleného šroubu. Jinak není možno kvůli výběhu závitu pod hlavou použít dostatečný utahovací moment. Není-li splněna tato podmínka, musí se použít spojení pomocí šroubů do plechu podle obr. 3 až 6.



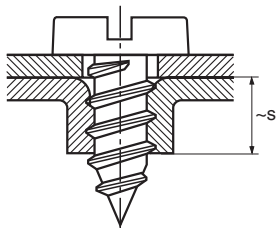
1. Jednoduché sešroubování
(dva otvory pro závit)



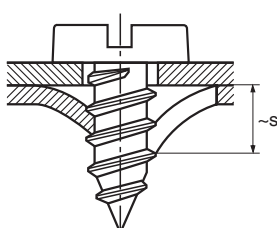
2. Jednoduché sešroubování s průchozím tloušťce nebo na materiálu



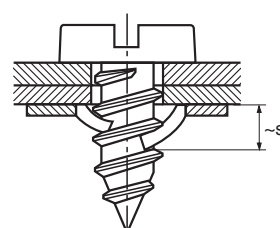
3. Prostřížený otvor
(tenké plechy)



4. Protážený otvor
(tenké plechy)



5. Sešroubování s prolisovaným otvorem



6. Sešroubování s pružnou maticí

! Poznámka

- Šrouby do plechu nejsou určeny pro přenos vyšších sil. Proto nejsou stanoveny žádné hodnoty předpětí.
- U tenkých plechů se může šroub šroubovat do prolisovaných otvorů (zejména v hromadné výrobě). Lisovaný otvor je zhotoven proražením, prolisováním a tvářením do spirály podle stoupání (obr.5).
- Použití «klecových matic» umožňuje použití šroubů do plechu nezávisle tloušťce nebo na materiálu plechu.
- Pro montáž do austenitických ocelí musí být montážní momenty ověřeny zkouškami.
- Kvůli dosažení dostatečné bezpečnosti se šrouby do plechu z nerezové ocele, je třeba takové šrouby použít jen do kovů z lehkých slitin. V případě použití do ocele nebo nerezové ocele je možno montážní parametry definovat pouze praktickými zkouškami.

Šrouby do plechu / tloušťka plechu / průměry otvorů

Následující doporučené hodnoty platí pouze pro šrouby do plechu zušlechťené po cementování a v typu šroubového spoje podle obr. 2 na straně **F.071**. Utahovací momenty zašroubování se

volí max. 50 % minimálních kroutících momentů. U šroubů nebo plechů z jiných materiálů musí být provedeno ověření zkouškami. Proražené otvory musí být zvoleny o 0,1 až 0,3 mm větší než vrtané otvory. Šrouby musí být šroubovány ve směru ražení.

Průměr závitu	Rozeřec P [mm]	Pevnost materiálu R _m [N/mm²]	Průměr otvoru d ₀ pro závit ST 2,2 až ST 6,3 a tloušťku plechu s [mm]																					
			0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,2	2,5	2,8	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	
ST 2,2	0,8	od 100	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		přibl. 300	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		až do 500	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
ST 2,9	1,1	od 100	–	–	–	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	–	–	–	–	–	–	–	–
		přibl. 300	–	–	–	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	2,4	–	–	–	–	–	–	–
		až do 500	–	–	–	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5	–	–	–	–	–	–	–
ST 3,5	1,3	od 100	–	–	–	–	–	2,6	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8	2,9	–	–	–	–	–
		přibl. 300	–	–	–	–	–	2,6	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8	2,8	2,9	2,9	3,0	3,0	–	–	–	–	–
		až do 500	–	–	–	–	–	2,7	2,8	2,8	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	3,0	3,0	3,1	3,1	–	–	–	–	–
ST 3,9	1,4	od 100	–	–	–	–	–	2,9	2,9	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,2	3,3	–	–	–	–
		přibl. 300	–	–	–	–	–	2,9	2,9	3,0	3,0	3,1	3,1	3,2	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3	3,3	–	–	–	–
		až do 500	–	–	–	–	–	3,0	3,1	3,1	3,2	3,2	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,4	3,4	3,5	–	–	–	–
ST 4,2	1,4	od 100	–	–	–	–	–	3,1	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,3	3,4	3,5	–	–	–	–
		přibl. 300	–	–	–	–	–	3,1	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3	3,3	3,4	3,4	3,5	3,6	3,6	3,6	–	–	–	–
		až do 500	–	–	–	–	–	3,3	3,3	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,5	3,5	3,6	3,6	3,6	3,7	–	–	–
ST 4,8	1,6	od 100	–	–	–	–	–	–	–	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	4,1	–	–	–
		přibl. 300	–	–	–	–	–	–	–	3,6	3,7	3,8	3,8	3,9	3,9	3,9	4,0	4,1	4,1	4,2	4,2	–	–	–
		až do 500	–	–	–	–	–	–	–	3,9	3,9	4,0	4,0	4,0	4,0	4,1	4,1	4,2	4,2	4,2	4,3	–	–	–
ST 5,5	1,8	od 100	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	–
		přibl. 300	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	4,3	4,4	4,4	4,5	4,7	4,7	4,8	4,8	4,9	4,9	–
		až do 500	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	4,6	4,6	4,6	4,7	4,8	4,8	4,9	4,9	5,0	5,0	–
ST 6,3	1,8	od 100	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	4,9	4,9	4,9	4,9	5,0	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7
		přibl. 300	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,7	5,8	5,8
		až do 500	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	5,3	5,4	5,4	5,5	5,6	5,7	5,7	5,7	5,8	5,8	5,8

Minimální kroutící moment pro šrouby do plechu

ISO 2702 (stará norma DIN 267, část 12)

jmenovitý Ø [mm]	ST 2,2	ST 2,6	ST 2,9	ST 3,3	ST 3,5	ST 3,9	ST 4,2	ST 4,8	ST 5,5	ST 6,3	ST 8	ST 9,5
Minimální kroutící moment ¹⁾ [Nm]	0,45	0,9	1,5	2	2,7	3,4	4,4	6,3	10	13,6	30,5	68

¹⁾ Pevnost v krutu s předepsaným sevřením podle ISO 2702.

Utahovací moment pro šrouby do plechu

Přibližné hodnoty musí být odvozeny od ISO 2702 (stará DIN 267, část 12).

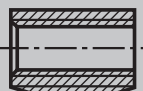
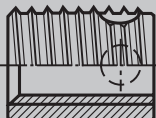
Referenční hodnoty utahovacího momentu:

M_A = přibližně 80 % minimální pevnosti v krutu resp. momentu stržení závitu šroubu nebo montovaného dílu.

Maximální tváreční moment nesmí být vyšší než 50 % momentu stržení závitu (minimální pevnost šroubu v krutu).

Kritéria výběru samořezných závitových vložek Ensat®

Rozdělení podle materiálů, typů a povrchových úprav

				
Ensats® Typ 302	Ensats® Typ 305	Ensats® Typ 307/308	Ensats® Typ 337/338	Ensats® Typ 309

Skupina materiálu	Materiál aplikace	Doporučené podnikové normy	Doporučený typ Ensats®
I	Zušlechťené slitiny lehkých kovů pevnost v tahu vyšší než 350 N/mm ²	302/337 307/338 308	Cementačně kalená ocel pozinkováno
	Litina vyšší tvrdosti Mosaz, bronz a jiné neželezné kovy	302	Cementačně kalená ocel pozinkováno
II	Slitiny lehkých kovů až do pevnosti v tahu 350 N/mm ²	302/337 307/338 308	Cementačně kalená ocel pozinkováno
	Litina	302	Cementačně kalená ocel pozinkováno
	Tvrdé, křehké plasty z kondenzačních pryskyřic a ušlechtilé umělé pryskyřice	302/337 307/338 308	Cementačně kalená ocel pozinkováno nebo mosaz
III	Slitiny lehkých kovů až do pevnosti v tahu 300 N/mm ²	302/337 307/338 308	Cementačně kalená ocel pozinkováno
	Měkká litina	302	Cementačně kalená ocel pozinkováno
	Plasty z kondenzačních pryskyřic střední tvrdosti	302/337 307/338 308	Cementačně kalená ocel pozinkováno
		302	Mosaz
IV	Slitiny lehkých kovů až do pevnosti v tahu 250 N/mm ²	302	Cementačně kalená ocel pozinkováno
	Měkké kovy a slitiny lehkých kovů až do pevnosti v tahu 180 N/mm ²	302	Cementačně kalená ocel pozinkováno nebo nerezová ocel A1
	Měkké plasty z kondenzačních pryskyřic, lamináty spojené umělou pryskyřicí	302	Cementačně kalená ocel pozinkováno nebo mosaz nebo nerezová ocel A1
	Měkké polymerační, polykondenzační a polyaditivní plasty Tvrdé dřevo	302	Cementačně kalená ocel pozinkováno nebo mosaz nebo nerezová ocel A1
V	Tvrdé dřevo	309	Mosaz
VI	Měkké dřevo a překližka Dřevotřískové materiály	309	Mosaz
VII	Měkké polymerační, polykondenzační a polyaditivní plasty	305	Mosaz

Doporučené průměry otvorů pro závit a tloušťka materiálu / hloubka slepého otvoru pro samořezné závitové vložky Ensats®

Doporučený průměr otvoru pro závit závisí na vnějším závitu nástroje Ensats®, na pevnosti a na fyzikálních vlastnostech materiálu montované součásti.

Tvrdé a křehké materiály vyžadují větší otvor než měkké a pružné materiály. Optimální průměr otvoru pro závit je případně třeba zjistit na základě zkoušek.

Ensats® typ 302

Závit	Průměr otvoru pro závit D [mm]				Tloušťka materiálu A _{min}	Hloubka slepého otvoru B _{min}
	Pro materiálové skupiny					
	I	II	III	IV		
	Dosažitelné procento překrytí závitů					
	30%–40%	40%–50%	50%–60%	60%–70%		
M2,5	4,3–4,2	4,2–4,1	4,1	4,1–4	6	8
M2,6	4,3–4,2	4,2	4,1	4,1–4	6	8
M3	4,8–4,7	4,7	4,6	4,6–4,5	6	8
M3,5	5,7–5,6	5,6–5,5	5,5–5,4	5,4–5,3	8	10
M4	6,2–6,1	6,1–6	6–5,9	5,9–5,8	8	10
M5	7,6–7,5	7,5–7,3	7,3–7,2	7,2–7,1	10	13
M6a	8,6–8,5	8,5–8,3	8,3–8,2	8,2–8,1	12	15
M6	9,4–9,2	9,2–9	9–8,8	8,8–8,6	14	17
M8	11,4–11,2	11,2–11	11–10,8	10,8–10,6	15	18
M10	13,4–13,2	13,2–13	13–12,8	12,8–12,6	18	22
M12	15,4–15,2	15,2–15	15–14,8	14,8–14,6	22	26
M14	17,4–17,2	17,2–17	17–16,8	16,8–16,6	24	28
M16	19,4–19,2	19,2–19	19–18,8	18,8–18,6	22	27
M20	25,4–25,2	25,2–25	25–24,8	24,8–24,6	27	32
M24	29,4–29,2	29,2–29	29–28,8	28,8–28,6	30	36

Ensats® typ 307/308/337/338

Závit	Průměr otvoru pro závit D [mm]			Tloušťka materiálu A_{min}	Hloubka slepého otvoru B_{min}
	Pro materiálové skupiny				
	I	II	III		
	Dosažitelné procento překrytí závitů				
	50%–60%	60%–70%	70%–80%		
M3,5	5,7–5,6	5,6	5,6–5,5	5/8	7/10
M4	6,2–6,1	6,1	6,1–6	6/8	8/10
M5	7,7–7,6	7,6–7,5	7,5–7,4	7/10	9/13
M6	9,6–9,5	9,5–9,4	9,4–9,3	8/12	10/15
M8	11,5–11,3	11,3–11,2	11,2–11,1	9/14	11/17
M10	13,5–13,3	13,3–13,2	13,2–13,1	10/18	13/22
M12	15,4–15,2	15,2–15,1	15,1–15	12/22	15/26
M14	17,4–17,2	17,2–17,1	17,1–17	14/24	17/28

Ensats® typ 309

Závit	Průměr otvoru pro závit D [mm]		Tloušťka materiálu A_{min}	Hloubka slepého otvoru B_{min}
	Pro materiálové skupiny			
	V	VI		
	Dosažitelné procento překrytí závitů			
	85%–90%	90%–95%		
M2,5	3,8–3,6	3,6–3,5	6	8
M3	4,3–4,2	4,2–4,1	6	8
M4	5,3–5,2	5,2–5,1	10	13
M5	6,9–6,7	6,7–6,6	12	15
M6	7,9–7,7	7,7–7,6	14	17
M8	10,3–10,1	10,1–9,9	20	23
M10	12,8–12,6	12,6–12,4	23	26
M12	15,8–15,6	15,6–15,4	26	30

Ensats® typ 305

Závit	Průměr otvoru pro závit D [mm]	Tloušťka materiálu $A_{\min}$	Hloubka slepého otvoru $B_{\min}$
	Pro materiálové skupiny		
	VII		
M3	4,6–4,7	6	7
M4	6–6,1	8	9
M5	7,3–7,4	10	11
M6	9–9,2	14	15

Otvor může být vyvrtán nebo vytvořen již při odlévání

Zahloubení otvoru není zpravidla nutné, nicméně může usnadňovat montáž a chránit povrch dílu před poškozením. Rovněž umožňuje dobré lícování vložky a součásti.

Tloušťka materiálu:

Délka vložky Ensats® = nejmenší povolená tloušťka materiálu (A)

Hloubka slepého otvoru: minimální hloubka (B)

Minimální tloušťka stěny: tloušťka stěny závisí na tvrdosti a / nebo pevnosti materiálu součásti.

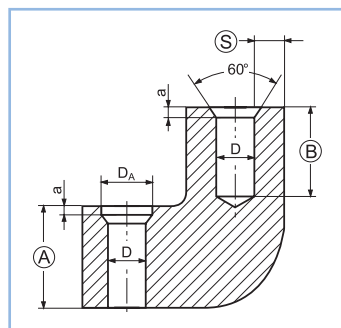
Doporučení pro lehké kovy:

Ⓢ ≥ 0,2 až 0,6 d_2

Doporučení pro litinu:

Ⓢ ≥ 0,3 až 0,5 d_2

d_2 = vnější průměr [mm] vložky Ensats®



D_A = + 0,2 až 0,4 mm

a = 1 až 1,5 x rozteč vnějšího závitu

Vnitřní tvary pro utahování šroubů

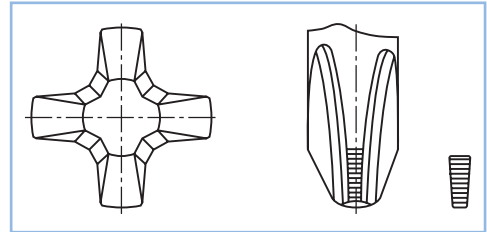
Technický pokrok a hospodářská hlediska vyvolávají v celosvětovém měřítku stále větší přechod od šroubů s přímou drážkou ke šroubům s vnitřními tvary pro utahování.

Pro konstrukci, přípravu práce, obstarání a montáž je nezbytné znát nejdůležitější vnitřní tvary pro utahování.

Křížová drážka H (Phillips)

podle ISO 4757

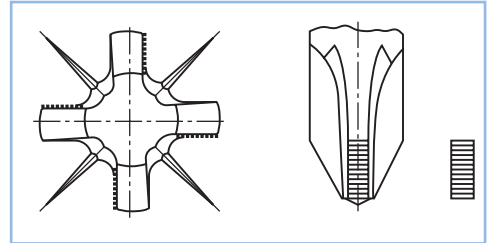
- Křížová drážka Phillips je v celosvětovém měřítku nejvíce rozšířena.
- Normální křížová drážka, u níž mají všechny stěny a žebra šikmý sklon, přičemž šroubovák je opatřen lichoběžníkovými křídélky.
- V informacích u produktů příslušné katalogové skupiny jsou uvedeny obecné rozměry křížové drážky.



Křížová drážka Z (Pozidriv)

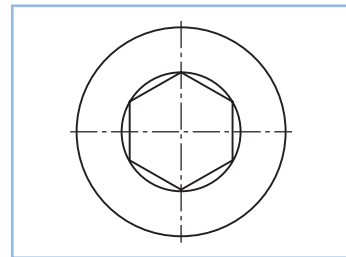
podle ISO 4757

- Křížová drážka Pozidriv se používá především v Evropě.
- Čtyři «utahovací stěny» v křížové drážce, k nimž při utahování doléhá šroubovák, jsou kolmé. Ostatní stěny jsou šikmé. To u optimálně zhotovených křížových drážek zlepšuje práci při montáži. Šroubovák Pozidriv má obdélníkové konce křidélek.
- Obecné rozměry křížové drážky jsou uvedeny v informacích u produktů příslušné katalogové skupiny.



Vnitřní šestihran

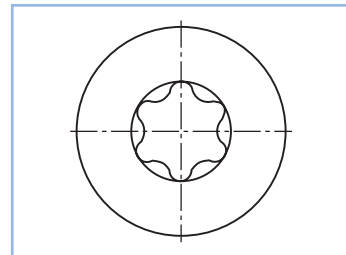
- Šrouby s vnitřním šestihranem jsou již léta osvědčeny ve strojírenství a při výrobě přístrojů.
- Průměr hlavy imbusových šroubů je menší než rozměr klíče u šestihranných šroubů, což umožňuje ekonomičtější konstrukce s menšími rozměry.
- Obecné rozměry vnitřního šestihranu jsou uvedeny v informacích u produktů příslušné katalogové skupiny.



Vnitřní hvězdice

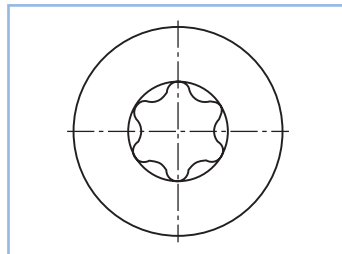
podle ISO 10664

- Vývoj vnitřní hvězdice znamenal významný předěl při vzniku aplikačně vhodného působení síly při ruční i automatické montáži a na celém světě se využívá stále více.
- V porovnání s běžnými křížovými drážkami nebo vnitřním šestihranem se tento systém utahování vyznačuje malým opotřebením a nižšími přitlačnými silami. Typické vyskakování nástrojů («cam out») je eliminováno a přenos síly je zlepšen.
- Obecné rozměry vnitřní hvězdice jsou uvedeny v informacích u produktů příslušné katalogové skupiny.



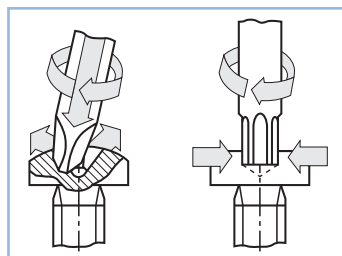
Torx plus®

- Systém Torx plus® je oproti vnitřní hvězdici (Torx®), charakterizován elipsami a zlepšuje tak původní design vnitřní hvězdičky.
- Systém Torx plus® je kompatibilní se stávajícími nástroji pro vnitřní hvězdičky (Torx®).
- Specifické geometrické výhody Torx plus® se však uživateli projeví pouze při používání šroubovacích bitů (nářadí) Torx plus®.
- Obecné rozměry vnitřní hvězdičky jsou uvedeny v informacích u produktů příslušné katalogové skupiny.

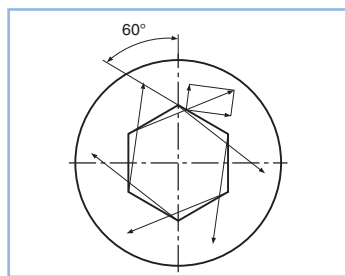


Technické přednosti systému vnitřní hvězdičky a Torx plus® a jeho hospodárné používání

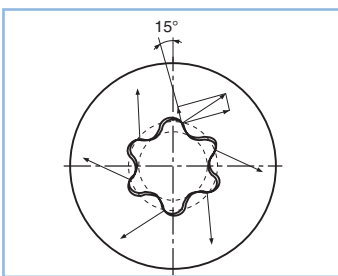
- Žádný axiální přítlak jako při montáži šroubů s křížovou drážkou.
- Vhodné pro utahovací momenty všech normovaných tříd pevností.
- Nedochází k poškození vnitřního utahovacího systému a tak lze šroub vždy bez problémů povolít. Mimořádně nízké opotřebení nástrojů.
- Velký racionalizační potenciál ve spojovací technice, bezpečný systém pro všechny typy šroubů.
- Ekonomická hlava z hlediska rozměru, tvaru a materiálu odpovídá šroubům s válcovou hlavou DIN 84 a DIN 7984, avšak je přesto plně zatížitelná a odpovídá všem požadavkům na maximální povolený měrný tlak.
- Žádné problémy při montáži šroubů s čokkovou hlavou ISO 7380 a šroubů se zápusťnou plochou hlavou DIN 7991. Vysokopevnostní třída 010.9 u těchto šroubů s vnitřním šestihranem může být nahrazena třídou pevnosti 08.8.



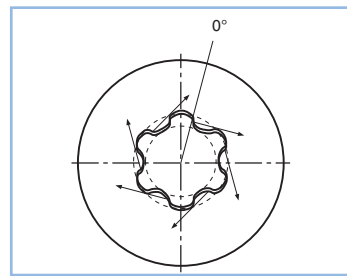
Vnitřní hvězdičky a Torx plus® mají výhody díky parametrům konstrukce



Úhel přenosu síly 60°
u vnitřního šestihranu



Úhel přenosu síly 15°
u vnitřní hvězdičky



Úhel přenosu síly 0°
u Torx plus®

- Skutečný úhel přenosu síly je u vnitřní hvězdičky 15°, zatímco u Torx plus® je 0°. Úhel 0° má tu výhodu, že celá vynaložená síla je využita k zašroubování. Geometrie vnitřní hvězdičky a Torx plus® prodlužují životnost šroubovacích bitů až o 100%.

- Průřez Torx plus® je oproti vnitřní hvězdičce větší. Tím je dosažena větší pevnost nástroje v krutu.
- Dobrý přenos síly umožňuje použití menších hloubek drážek.

Tvary pro utahování a rozměry nástrojů

Klíče pro vnitřní šestihran a hvězdici



Závít	Norma DIN 912 ISO 4762 DIN 6912	DIN 7984	DIN 7991	DIN 913/914 DIN 915/916 ISO 4026/4027 ISO 4028/4029	ISO 7379	ISO 7380
M1,4	1,3	–	–	0,7	–	–
M1,6	1,5	–	–	0,7	–	–
M2	1,5	–	–	0,9	–	–
M2,5	2	–	1,5	1,3	–	–
M3	2,5	2	2	1,5	–	2
M4	3	2,5	2,5	2	–	2,5
M5	4	3	3	2,5	–	3
M6	5	4	4	3	3	4
M8	6	5	5	4	4	5
M10	8	7	6	5	5	6
M12	10	8	8	6	6	8
M14	12	10	10	6	–	–
M16	14	12	10	8	8	10
M18	14	12	12	10	–	–
M20	17	14	12	10	10	–
M22	17	14	14	12	–	–
M24	19	17	14	12	12	–
M27	19	–	–	–	–	–
M30	22	–	–	–	–	–
M33	24	–	–	–	–	–
M36	27	–	–	–	–	–
M42	32	–	–	–	–	–
M48	36	–	–	–	–	–

Bity / klíče pro vnitřní hvězdici¹⁾

Metrické šrouby			Šrouby do dřeva / šrouby do dřevotřísky			Šrouby do plechu		
Závít	Tvar pro utahování		Jmenovitý-Ø	Tvar pro utahování		Závít	Tvar pro utahování	
M2	T6	X6	3	T10	X10	ST 2,2	–	X6
M2,5	T8	X8	3,5	T15	X15	ST 2,9	–	X10
M3	T10	X10	4	T15	X15	ST 3,5	–	X15
M4	T20	X20	4,5	T25	X25	ST 3,9	–	X15
M5	T25	X25	5	T25	X25	ST 4,2	–	X20
M6	T30	X30	6	T25	X25	ST 4,8	–	X25
M8	T40	X40	7	T30	X30	ST 5,5	–	X25
M10	T50	X50	–	–	–	ST 6,3	–	X30

Typ klíče pro vnitřní hvězdici

- T = Torx®
- X = vnitřní hvězdice podle ISO 10664

¹⁾ Referenční hodnoty na základě výrobních norem. Speciální požadavky nebo značkové produkty se mohou technicky odlišovat.

Rozměry klíčů šestihranných šroubů / matic



Závít	Norma šestihrany hlav šroubů / matic					šestihrany hlav přírubových šroubů / svorníků		
	DIN	ISO	DIN	ISO	DIN	DIN	DIN/ISO/EN	
	558 601 931 933 934 960 961 7990 7968 (571) ¹⁾	4018 4016 4014 4017 4032 8765 8676	6914 6915 7999	7412 7414	561	těžké provedení ≤ M10 lehké provedení > M10 6921	lehké provedení ISO 4162 EN 1662	těžké provedení EN 1665 šestihranné matice ISO 4161 EN 1661 EN 1663 EN 1664 DIN 6923 DIN 6926 DIN 6927
M1,6	3,2	–	–	–	–	–	–	–
M2	4	–	–	–	–	–	–	–
M2,5	5	–	–	–	–	–	–	–
M3	5,5	–	–	–	–	–	–	–
M3,5	6	–	–	–	–	–	–	–
M4	7	–	–	–	–	–	–	–
M5	8	–	–	–	–	8	7	8
M6	10	–	–	–	8	10	8	10
M7	11 (12) ¹⁾	–	–	–	–	–	–	–
M8	13	–	–	–	10	13	10	13
M10	17	16	–	–	13	15	13	15 (EN16)
M12	19	18	22	21	16	16	15 (EN16)	18
M14	22	21	–	–	–	18	18	21
M16	24	–	27	–	18	21	21	24
M18	27	–	–	–	–	–	–	–
M20	30	–	32	34	24	27	27	30
M22	32	34	36	–	–	–	–	–
M24	36	–	41	–	30	–	–	–
M27	41	–	46	–	–	–	–	–
M30	46	–	50	–	36	–	–	–
M33	50	–	–	–	–	–	–	–
M36	55	–	60	–	46	–	–	–
M39	60	–	–	–	–	–	–	–
M42	65	–	–	–	55	–	–	–
M45	70	–	–	–	–	–	–	–
M48	75	–	–	–	65	–	–	–

¹⁾ pro šrouby do dřeva

Obecně

Na rozměrech závitu a na přesnosti profilu závisí:

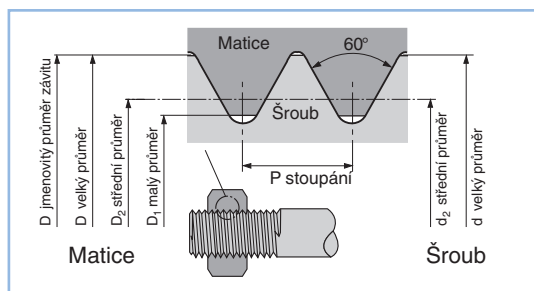
- zda ještě může být na závity šroubu nanesen povlak
- zda bude možno spojované díly při montáži sešroubovat bez potíží a bez potřeby dodatečného opracování
- zda může závit přenášet síly, na které byly konstrukční části dimenzovány.

Ve výrobě šroubů jsou rozměrové tolerance velmi malé. Pojmy a lícovací soustavy jsou obtížně představitelné. Pro představu vysvětlíme v následujících obrázcích rozměry a tolerance.

Základní pojmy a jmenovité rozměry

podle ISO 724

Systém rozměrů závitů je založen na jmenovitých rozměrech závitu, stoupání a malém průměru závitu.



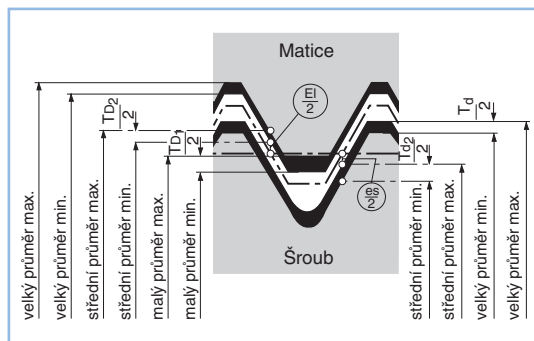
Systém uložení metrických závitů ISO

podle ISO 965

Šroubové a maticové závity mají rozdílnou polohu tolerančního pole: rozměry závitu šroubu se pohybují u jmenovitého rozměru a pod ním, rozměry závitu matice pak u jmenovitého rozměru a nad ním.

Z toho vyplývá nutná vůle a vymezená oblast pro povolené tloušťky galvanických vrstev: povlakovaný závit šroubu nesmí nikdy překročit jmenovité rozměry, zatímco povlakovaný závit matice nesmí být nikdy menší než tyto rozměry.

➤ Maximální tloušťky povlaků pro metrické ISO závity
Strana F.034



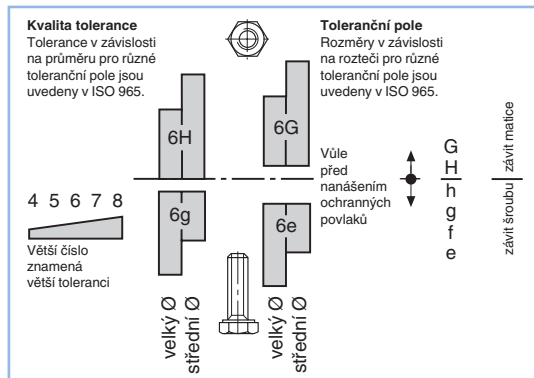
Toleranční pole šroubových a maticových závitů

podle ISO 965

Norma pro závit ISO 965 doporučuje toleranční pole s požadovanou vůlí. U závitů $\geq M1,4$ jsou obvyklé následující toleranční pole:

Matice	Šroub	Stav povrchu
6H	6g	lesklý, fosfátovaný nebo pro normální galvanické ochranné vrstvy
6G	6e	lesklý (s velkou vůlí) nebo pro velmi silné galvanické ochranné vrstvy

Holé závity šroubů se zkouší kroužkovými kalibry 6g, galvanizované kroužkovými kalibry 6h.



Mezní rozměry pro normální závit

podle ISO 965

Šrouby, tolerance 6g (*6h)

Závit	Délka zašroubování		Velký průměr		Střední průměr		Rádus u kořene závitů [mm]
			d [mm]		d ₂ [mm]		
	od	do	max.	min.	max.	min.	
M1*	0,6	1,7	1,000	0,933	0,838	0,785	0,031
M1,2*	0,6	1,7	1,200	1,133	1,038	0,985	0,031
M1,4*	0,7	2	1,400	1,325	1,205	1,149	0,038
M1,6	0,8	2,6	1,581	1,496	1,354	1,291	0,044
M1,8	0,8	2,6	1,781	1,696	1,554	1,491	0,044
M2	1	3	1,981	1,886	1,721	1,654	0,050
M2,5	1,3	3,8	2,480	2,380	2,188	2,117	0,056
M3	1,5	4,5	2,980	2,874	2,655	2,580	0,063
M3,5	1,7	5	3,479	3,354	3,089	3,004	0,075
M4	2	6	3,978	3,838	3,523	3,433	0,088
M5	2,5	7,5	4,976	4,826	4,456	4,361	0,100
M6	3	9	5,974	5,794	5,324	5,212	0,125
M7	3	9	6,974	6,794	6,324	6,212	0,125
M8	4	12	7,972	7,760	7,160	7,042	0,156
M10	5	15	9,968	9,732	8,994	8,862	0,188
M12	6	18	11,966	11,701	10,829	10,679	0,219
M14	8	24	13,962	13,682	12,663	12,503	0,250
M16	8	24	15,962	15,682	14,663	14,503	0,250
M18	10	30	17,958	17,623	16,334	16,164	0,313
M20	10	30	19,958	19,623	18,334	18,164	0,313
M22	10	30	21,958	21,623	20,334	20,164	0,313
M24	12	36	23,952	23,577	22,003	21,803	0,375
M27	12	36	26,952	26,577	25,003	24,803	0,375
M30	15	45	29,947	29,522	27,674	27,462	0,438
M33	15	45	32,947	32,522	30,674	30,462	0,438
M36	18	53	35,940	35,465	33,342	33,118	0,500
M39	18	53	38,940	38,465	36,342	36,118	0,500

Matice, tolerance 6H (*5H)

Závit	Délka zašroubování		Střední průměr		Malý průměr	
			D ₂ [mm]		D ₁ [mm]	
	od	do	max.	min.	max.	min.
M1*	0,6	1,7	0,894	0,838	0,785	0,729
M1,2*	0,6	1,7	1,094	1,038	0,985	0,929
M1,4*	0,7	2	1,265	1,205	1,142	1,075
M1,6	0,8	2,6	1,458	1,373	1,321	1,221
M1,8	0,8	2,6	1,658	1,573	1,521	1,421
M2	1	3	1,830	1,740	1,679	1,567
M2,5	1,3	3,8	2,303	2,208	2,138	2,013
M3	1,5	4,5	2,775	2,675	2,599	2,459
M3,5	1,7	5	3,222	3,110	3,010	2,850
M4	2	6	3,663	3,545	3,422	3,242
M5	2,5	7,5	4,605	4,480	4,334	4,134
M6	3	9	5,500	5,350	5,153	4,917
M7	3	9	6,500	6,350	6,153	5,917
M8	4	12	7,348	7,188	6,912	6,647
M10	5	15	9,206	9,026	8,676	8,376
M12	6	18	11,063	10,863	10,441	10,106
M14	8	24	12,913	12,701	12,210	11,835
M16	8	24	14,913	14,701	14,210	13,835
M18	10	30	16,600	16,376	15,744	15,294
M20	10	30	18,600	18,376	17,744	17,294
M22	10	30	20,600	20,376	19,744	19,294
M24	12	36	22,316	22,051	21,252	20,752
M27	12	36	25,316	25,051	24,252	23,752
M30	15	45	28,007	27,727	26,771	26,211
M33	15	45	31,007	30,727	29,771	29,211
M36	18	53	33,702	33,402	32,270	31,670
M39	18	53	36,702	36,402	35,270	34,670

Volitelné řady pro normální závit

podle ISO 262

1. výběr

Jmenovitý průměr závitů	M1,2	M1,6	M2	M2,5	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42 ¹⁾	M48 ¹⁾
Stoupání P [mm]	0,25	0,35	0,4	0,45	0,5	0,7	0,8	1	1,25	1,5	1,75	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5

2. výběr

Jmenovitý průměr závitů	M1,4	M1,8	M3,5	M7	M14	M18	M22	M27	M33	M39	M45 ¹⁾
Stoupání P [mm]	0,3	0,35	0,6	1	2	2,5	2,5	3	3,5	4	4,5

¹⁾ Není obsaženo v ISO 262:1973

Mezní rozměry pro jemný závit

podle ISO 965

Šrouby s jemným metrickým závitem, tolerance 6g

Závit	Délka zašroubování		Velký průměr		Střední průměr		Rádus u kořene závitu [mm]
			d [mm]		d ₂ [mm]		
	od	do	max.	min.	max.	min.	
M8x1	3	9	7,974	7,794	7,324	7,212	0,125
M10x1	3	9	9,974	9,794	9,324	9,212	0,156
M10x1,25	4	12	9,972	9,760	9,160	9,042	0,156
M12x1,25	4,5	13	11,972	11,760	11,160	11,028	0,156
M12x1,5	5,6	16	11,968	11,732	10,994	10,854	0,156
M14x1,5	5,6	16	13,968	13,732	12,994	12,854	0,188
M16x1,5	5,6	16	15,968	15,732	14,994	14,854	0,188
M18x1,5	5,6	16	17,968	17,762	16,994	16,854	0,188
M18x2	8	24	17,952	17,682	16,663	16,503	0,188
M20x1,5	5,6	16	19,968	19,732	18,994	18,854	0,188
M20x2	8	24	19,962	19,682	18,663	18,503	0,188
M22x1,5	5,6	16	21,968	21,732	20,994	20,854	0,188
M22x2	8	24	21,962	21,682	20,663	20,503	0,188
M24x2	8,5	25	23,962	23,682	22,663	22,493	0,250
M27x2	8,5	25	26,962	26,682	25,663	25,483	0,250
M30x2	8,5	25	29,962	29,682	28,663	28,493	0,250
M33x2	8,5	25	32,962	32,682	31,663	31,493	0,250
M36x3	12	36	35,952	35,577	34,003	33,803	0,375
M39x3	12	36	38,952	38,577	37,003	36,803	0,375

Matice s jemným metrickým závitem, tolerance 6H

Závit	Délka zašroubování		Střední průměr		Malý průměr	
	od	do	D ₂ [mm]		D ₁ [mm]	
			max.	min.	max.	min.
M8x1	3	9	7,500	7,350	7,153	6,917
M10x1	3	9	9,500	9,350	9,153	8,917
M10x1,25	4	12	9,348	9,188	8,912	8,647
M12x1,25	4,5	13	11,368	11,188	10,912	10,647
M12x1,5	5,6	16	11,216	11,026	10,676	10,376
M14x1,5	5,6	16	13,216	13,026	12,676	12,376
M16x1,5	5,6	16	15,216	15,026	14,676	14,376
M18x1,5	5,6	16	17,216	17,026	16,676	16,376
M18x2	8	24	16,913	16,701	16,210	15,835
M20x1,5	5,6	16	19,216	19,026	18,676	18,376
M20x2	8	24	18,913	13,701	18,210	17,835
M22x1,5	5,6	16	21,216	21,026	20,676	20,376
M22x2	8	24	20,913	20,701	20,210	19,835
M24x2	8,5	25	22,925	22,701	22,210	21,835
M27x2	8,5	25	25,925	25,701	25,210	24,834
M30x2	8,5	25	28,925	28,701	28,210	27,835
M33x2	8,5	25	31,925	31,701	31,210	30,835
M36x3	12	36	34,316	34,051	33,252	32,752
M39x3	12	36	37,316	37,051	36,252	35,752

Volitelné řady pro jemný závit

podle ISO 262

1. výběr

Jmenovitý průměr závitu	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36
Stoupání P [mm]	1	1,25	1,25	1,5	1,5	2	2	3
	–	1 ¹⁾	1,5 ¹⁾	–	2 ¹⁾	–	–	–

2. výběr

Jmenovitý průměr závitu	M14	M18	M22	M27	M33	M39
Stoupání P [mm]	1,5	1,5	1,5	2	2	3
	–	2 ¹⁾	2 ¹⁾	–	–	–

¹⁾ Není obsaženo v ISO 262-1973**Povolené tolerance pro plastové spojovací díly**

Rozměr	pro závit šroubu	pro závit matice
velký Ø	e8	2 x G7
malý Ø	2 x g8	H7
střední Ø	2 x g8	2 x g8
rozteč	±5 %	±5 %

- Rozměry hlavy, délka šroubu a závit přibližně podle DIN. Odchyly podle VDI 2544.
- Tolerance musí být ověřeny 24 hodin po vyrobení, pro všechny ostatní tolerance platí ISO 4759, část 1, avšak násobeno koeficientem 2.
- Uvedené technické údaje jsou pouze obecné. Detailnější specifikace naleznete v VDI 2544.

Základní tolerance a toleranční pole

Výtah z ISO 286-2

Rozsah jmenovitých rozměrů	Základní tolerance [mm]							Toleranční pole pro vnitřní rozměry [mm]											
	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	D12	F8	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15
až do 3	0,06	0,1	0,14	0,25	0,4	0,6	1,0	+0,12 +0,02	+0,02 +0,006	+0,006 0	+0,01 0	+0,014 0	+0,025 0	+0,04 0	+0,06 0	+0,1 0	+0,14 0	+0,25 0	+0,4
nad 3 až do 6	0,075	0,12	0,18	0,3	0,48	0,75	1,2	+0,15 +0,03	+0,028 +0,01	+0,008 0	+0,012 0	+0,018 0	+0,03 0	+0,048 0	+0,075 0	+0,12 0	+0,18 0	+0,3 0	+0,48
nad 6 až do 10	0,09	0,15	0,22	0,36	0,58	0,9	1,5	+0,19 +0,04	+0,035 +0,013	+0,009 0	+0,015 0	+0,022 0	+0,036 0	+0,058 0	+0,09 0	+0,15 0	+0,22 0	+0,36 0	+0,58
nad 10 až do 18	0,11	0,18	0,27	0,43	0,7	1,1	1,8	+0,23 +0,05	+0,043 +0,016	+0,011 0	+0,018 0	+0,027 0	+0,043 0	+0,07 0	+0,11 0	+0,18 0	+0,27 0	+0,43 0	+0,7
nad 18 až do 30	0,13	0,21	0,33	0,52	0,84	1,3	2,1	+0,275 +0,065	+0,053 +0,02	+0,013 0	+0,021 0	+0,033 0	+0,052 0	+0,084 0	+0,13 0	+0,21 0	+0,33 0	+0,52 0	+0,84
nad 30 až do 50	0,16	0,25	0,39	0,62	1,0	1,6	2,5	+0,33 +0,08	+0,04 +0,025	+0,016 0	+0,025 0	+0,039 0	+0,062 0	+0,1 0	+0,16 0	+0,25 0	+0,39 0	+0,62 0	+1,0
nad 50 až do 80	0,19	0,3	0,46	0,74	1,2	1,9	3,0	+0,4 +0,1	+0,076 +0,03	+0,019 0	+0,03 0	+0,046 0	+0,074 0	+0,12 0	+0,19 0	+0,3 0	+0,46 0	+0,74 0	+1,2
nad 80 až do 120	0,22	0,35	0,54	0,87	1,4	2,2	3,5	+0,47 +0,12	+0,09 +0,036	+0,022 0	+0,035 0	+0,054 0	+0,087 0	+0,14 0	+0,22 0	+0,35 0	+0,54 0	+0,87 0	+1,4
nad 120 až do 180	0,25	0,4	0,63	1,0	1,6	2,5	4,0	+0,545 +0,145	+0,106 +0,043	+0,025 0	+0,04 0	+0,063 0	+0,1 0	+0,16 0	+0,25 0	+0,4 0	+0,63 0	+1,0 0	+1,6
nad 180 až do 250	0,29	0,46	0,72	1,15	1,85	2,9	4,6	+0,63 +0,17	+0,122 +0,05	+0,029 0	+0,046 0	+0,072 0	+0,115 0	+0,185 0	+0,29 0	+0,46 0	+0,72 0	+1,15 0	+1,85
nad 250 až do 315	0,32	0,52	0,81	1,3	2,1	3,2	5,2	+0,71 +0,19	+0,137 +0,056	+0,032 0	+0,052 0	+0,081 0	+0,13 0	+0,21 0	+0,32 0	+0,52 0	+0,81 0	+1,3 0	+2,1
nad 315 až do 400	0,36	0,57	0,89	1,4	2,3	3,6	5,7	+0,78 +0,21	+0,151 +0,062	+0,036 0	+0,057 0	+0,089 0	+0,14 0	+0,23 0	+0,36 0	+0,57 0	+0,89 0	+1,4 0	+2,3
nad 400 až do 500	0,4	0,63	0,97	1,55	2,5	4,0	6,3	+0,86 +0,23	+0,165 +0,068	+0,04 0	+0,063 0	+0,097 0	+0,155 0	+0,25 0	+0,4 0	+0,63 0	+0,97 0	+1,55 0	+2,5

Rozsah jmenovitých rozměrů	Toleranční pole pro vnější rozměry [mm]																		
	d12	f9	h6	h7	h8	h9	h10	h11	h12	h13	h14	h15	h16	h17	js14	js15	js16	js17	m6
až do 3	-0,02 -0,12	-0,006 -0,031	0 -0,006	0 -0,01	0 -0,014	0 -0,025	0 -0,04	0 -0,06	0 -0,1	0 -0,14	0 -0,25	0 -0,4	0 -0,6	0 -1,0	±0,125	±0,2	±0,3	±0,5	+0,008 +0,002
nad 3 až do 6	-0,03 -0,15	-0,01 -0,04	0 -0,008	0 -0,012	0 -0,018	0 -0,03	0 -0,048	0 -0,075	0 -0,12	0 -0,18	0 -0,3	0 -0,48	0 -0,75	0 -1,2	±0,15	±0,24	±0,375	±0,6	+0,012 +0,004
nad 6 až do 10	-0,04 -0,19	-0,013 -0,049	0 -0,009	0 -0,015	0 -0,022	0 -0,036	0 -0,058	0 -0,09	0 -0,15	0 -0,22	0 -0,36	0 -0,58	0 -0,9	0 -1,5	±0,18	±0,29	±0,45	±0,75	+0,015 +0,006
nad 10 až do 18	-0,05 -0,23	-0,016 -0,059	0 -0,011	0 -0,018	0 -0,027	0 -0,043	0 -0,07	0 -0,11	0 -0,18	0 -0,27	0 -0,43	0 -0,7	0 -1,1	0 -1,8	±0,215	±0,35	±0,55	±0,9	+0,018 +0,007
nad 18 až do 30	-0,065 -0,275	-0,02 -0,070	0 -0,013	0 -0,021	0 -0,033	0 -0,052	0 -0,084	0 -0,13	0 -0,21	0 -0,33	0 -0,52	0 -0,84	0 -1,3	0 -2,1	±0,26	±0,42	±0,65	±1,05	+0,021 +0,008
nad 30 až do 50	-0,08 -0,33	-0,025 -0,087	0 -0,016	0 -0,025	0 -0,039	0 -0,062	0 -0,1	0 -0,16	0 -0,25	0 -0,39	0 -0,62	0 -1,0	0 -1,6	0 -2,5	±0,31	±0,5	±0,8	±1,25	+0,025 +0,009
nad 50 až do 80	-0,1 -0,4	-0,03 -0,104	0 -0,019	0 -0,03	0 -0,046	0 -0,074	0 -0,12	0 -0,19	0 -0,3	0 -0,46	0 -0,74	0 -1,2	0 -1,9	0 -3,0	±0,37	±0,6	±0,95	±1,5	+0,03 +0,011
nad 80 až do 120	-0,12 -0,47	-0,036 -0,123	0 -0,022	0 -0,035	0 -0,054	0 -0,087	0 -0,14	0 -0,22	0 -0,35	0 -0,54	0 -0,87	0 -1,4	0 -2,2	0 -3,5	±0,435	±0,7	±1,1	±1,75	+0,035 +0,013
nad 120 až do 180	-0,145 -0,545	-0,043 -0,143	0 -0,025	0 -0,04	0 -0,063	0 -0,1	0 -0,16	0 -0,25	0 -0,4	0 -0,63	0 -1,0	0 -1,6	0 -2,5	0 -4,0	±0,5	±0,8	±1,25	±2,0	+0,04 +0,015
nad 180 až do 250	-0,17 -0,63	-0,05 -0,165	0 -0,029	0 -0,046	0 -0,072	0 -0,115	0 -0,185	0 -0,29	0 -0,46	0 -0,72	0 -1,15	0 -1,85	0 -2,9	0 -4,6	±0,575	±0,925	±1,45	±2,3	+0,046 +0,017
nad 250 až do 315	-0,19 -0,71	-0,056 -0,185	0 -0,032	0 -0,052	0 -0,081	0 -0,13	0 -0,21	0 -0,32	0 -0,52	0 -0,81	0 -1,3	0 -2,1	0 -3,2	0 -5,2	±0,65	±1,05	±1,6	±2,6	+0,052 +0,02
nad 315 až do 400	-0,21 -0,78	-0,062 -0,202	0 -0,036	0 -0,057	0 -0,089	0 -0,14	0 -0,23	0 -0,36	0 -0,57	0 -0,89	0 -1,4	0 -2,3	0 -3,6	0 -5,7	±0,7	±1,15	±1,8	±2,85	+0,057 +0,027
nad 400 až do 500	-0,23 -0,86	-0,068 -0,223	0 -0,04	0 -0,063	0 -0,097	0 -0,155	0 -0,25	0 -0,4	0 -0,63	0 -0,97	0 -1,55	0 -2,5	0 -4,0	0 -6,3	±0,775	±1,25	±2,0	±3,15	+0,063 +0,023

Copyright

Tento katalog je chráněn příslušnými zákony o duševním vlastnictví.

Všechna práva vyhrazena, včetně rozmnožování, překladu, náhrávání a zpracování v elektronických databázových systémech.

© Bossard AG, CH-6301 Zug, 2015.12