

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	400	400	500	500	600	800	800	900	1000	1200
		min.	400	420	500	520	600	800	800	900	1040	1220
2	Spodní mez kluzu, R_{eL} ^d , MPa, [N/mm ²]	jmen. ^c	240	–	300	–	–	–	–	–	–	–
		min.	240	–	300	–	–	–	–	–	–	–
3	Smluvní mez kluzu $R_{p0,2}$ ^e , MPa, [N/mm ²]	jmen. ^c	–	–	–	–	–	640	640	720	900	1080
		min.	–	–	–	–	–	640	660	720	940	1100
4	Napětí při 0,0048 d neproporcionálním prodloužení u šroubů s celým závitem R_{pf} ^f , MPa, [N/mm ²]	jmen. ^c	–	320	–	400	480	–	–	–	–	–
		min.	–	340 ^g	–	420 ^g	480 ^g	–	–	–	–	–
5	Napětí při zkušebnímu zatížení, S_p ^h , MPa, [N/mm ²]	jmen.	225	310	280	380	440	580	600	650	830	970
		$S_{p,nom}/R_{eL, min}$ nebo	0,94	0,91	0,93	0,90	0,92	0,91	0,91	0,90	0,88	0,88
		$S_{p,nom}/R_{p0,2, min}$ nebo $S_{p,nom}/R_{pf, min}$										
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, A _f (rovněž viz ISO 898-1 Dodatek C)	min.	–	0,24	–	0,22	0,20	–	–	–	–	–
9	Rázová houževnatost		bez lomu									
10	Tvrdość Vickers, HV F ≥ 98 N	min.	120	130	155	160	190	250	255	290	320	385
		max.	220 ^a	220 ^a	220 ^a	220 ^a	250	320	335	360	380	435
11	Tvrdość Brinell, HBW F = 30 D ²	min.	114	124	147	152	181	238	242	276	304	366
		max.	209 ^a	209 ^a	209 ^a	209 ^a	238	304	318	342	361	414
12	Tvrdość Rockwell, HRB	min.	67	71	79	82	89	–	–	–	–	–
		max.	95,0 ^a	95,0 ^a	95,0 ^a	95,0 ^a	99,5	–	–	–	–	–
	Tvrdość Rockwell, HRC	min.	–	–	–	–	–	22	23	28	32	39
		max.	–	–	–	–	–	32	34	37	39	44
13	Tvrdość povrchu, HV 0,3	max.	–	–	–	–	–	h	h	h	h,i	h,j
14	Výška neoduhlíčené 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 Tvrdość 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 $A_{s, nom}$ [mm ²]	Minimální mezní zatížení $F_{m, min}$ ($A_{s, nom} \times R_{m, min}$) [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	2010	2110	2510	2620	3020	4020	4530	5230	6140
M3,5	6,78	2710	2850	3390	3530	4070	5420	6100	7050	8270
M4	8,78	3510	3690	4390	4570	5270	7020	7900	9130	10700
M5	14,2	5680	5960	7100	7380	8520	11350	12800	14800	17300
M6	20,1	8040	8440	10000	10400	12100	16100	18100	20900	24500
M7	28,9	11600	12100	14400	15000	17300	23100	26000	30100	35300
M8	36,6	14600 ²⁾	15400	18300 ²⁾	19000	22000	29200 ²⁾	32900	38100 ²⁾	44600
M10	58,0	23200 ²⁾	24400	29000 ²⁾	30200	34800	46400 ²⁾	52200	60300 ²⁾	70800
M12	84,3	33700	35400	42200	43800	50600	67400 ³⁾	75900	87700	103000
M14	115	46000	48300	57500	59800	69000	92000 ³⁾	104000	120000	140000
M16	157	62800	65900	78500	81600	94000	125000 ³⁾	141000	163000	192000
M18	192	76800	80600	96000	99800	115000	159000	–	200000	234000
M20	245	98000	103000	122000	127000	147000	203000	–	255000	299000
M22	303	121000	127000	152000	158000	182000	252000	–	315000	370000
M24	353	141000	148000	176000	184000	212000	293000	–	367000	431000
M27	459	184000	193000	230000	239000	275000	381000	–	477000	560000
M30	561	224000	236000	280000	292000	337000	466000	–	583000	684000
M33	694	278000	292000	347000	361000	416000	576000	–	722000	847000
M36	817	327000	343000	408000	425000	490000	678000	–	850000	997000
M39	976	390000	410000	488000	508000	586000	810000	–	1020000	1200000

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 $A_{s, nom}$
Strana F.046

Minimální mezní zatížení – jemný metrický závit ISO

Závit d x P	Jmenovitý průřez $A_{s, nom}$ [mm ²]	Minimální mezní zatížení $F_{m, min}$ ($A_{s, nom} \times R_{m, min}$) [N]								
		Třída pevnosti								
		4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9/12.9
M8x1	39,2	15700	16500	19600	20400	23500	31360	35300	40800	47800
M10x1	64,5	25800	27100	32300	33500	38700	51600	58100	67100	78700
M10x1,25	61,2	24500	25700	30600	31800	36700	49000	55100	63600	74700
M12x1,25	92,1	36800	38700	46100	47900	55300	73700	82900	95800	112000
M12x1,5	88,1	35200	37000	44100	45800	52900	70500	79300	91600	107000
M14x1,5	125	50000	52500	62500	65000	75000	100000	112000	130000	152000
M16x1,5	167	66800	70100	83500	86800	100000	134000	150000	174000	204000
M18x1,5	216	86400	90700	108000	112000	130000	179000	–	225000	264000
M20x1,5	272	109000	114000	136000	141000	163000	226000	–	283000	332000
M22x1,5	333	133000	140000	166000	173000	200000	276000	–	346000	406000
M24x2	384	154000	161000	192000	200000	230000	319000	–	399000	469000
M27x2	496	198000	208000	248000	258000	298000	412000	–	516000	605000
M30x2	621	248000	261000	310000	323000	373000	515000	–	646000	758000
M33x2	761	304000	320000	380000	396000	457000	632000	–	791000	928000
M36x3	865	346000	363000	432000	450000	519000	718000	–	900000	1055000
M39x3	1030	412000	433000	515000	536000	618000	855000	–	1070000	1260000

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 ($A_{s, \text{nom}} \times S_{p, \text{nom}}^{2)}$) [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	1130	1560	1410	1910	2210	2920	3270	4180	4880
M3,5	6,78	1530	2100	1900	2580	2980	3940	4410	5630	6580
M4	8,78	1980	2720	2460	3340	3860	5100	5710	7290	8520
M5	14,2	3200	4400	3980	5400	6250	8230	9230	11800	13800
M6	20,1	4520	6230	5630	7640	8840	11600	13100	16700	19500
M7	28,9	6500	8960	8090	11000	12700	16800	18800	24000	28000
M8	36,6	8240 ²⁾	11400	10200 ²⁾	13900	16100	21200 ²⁾	23800	30400 ²⁾	35500
M10	58,0	13000 ²⁾	18000	16200 ²⁾	22000	25500	33700 ²⁾	37700	48100 ²⁾	56300
M12	84,3	19000	26100	23600	32000	37100	48900 ³⁾	54800	70000	81800
M14	115	25900	35600	32200	43700	50600	66700 ³⁾	74800	95500	112000
M16	157	35300	48700	44000	59700	69100	91000 ³⁾	102000	130000	152000
M18	192	43200	59500	53800	73000	84500	115000	–	159000	186000
M20	245	55100	76000	68600	93100	108000	147000	–	203000	238000
M22	303	68200	93900	84800	115000	133000	182000	–	252000	294000
M24	353	79400	109000	98800	134000	155000	212000	–	293000	342000
M27	459	103000	142000	128000	174000	202000	275000	–	381000	445000
M30	561	126000	174000	157000	213000	247000	337000	–	466000	544000
M33	694	156000	215000	194000	264000	305000	416000	–	576000	673000
M36	817	184000	253000	229000	310000	359000	490000	–	678000	792000
M39	976	220000	303000	273000	371000	429000	586000	–	810000	947000

¹⁾ Pokud není uvedena rozteč závitu, jedná se o závit s normální roztečí.²⁾ Pro spojovací díly s tolerancí závitu 6až dle ISO 965-4 určené pro zárově 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).⁴⁾ Vztah hodnot napětí při zkušebním zatížení $S_{p, \text{nom}}$ k napětí při neproporcionálním prodloužení - viz strana F.004, číslo 5 v tabulce.▶ Výpočet jmenovitého průřezu $A_{s, \text{nom}}$

Strana F.046

Zkušební zatížení – metrický jemný závit ISO

Závit d x P	Jmenovitý průřez $A_{s, \text{nom}}$ [mm ²]	Zkušební zatížení F_p ($A_{s, \text{nom}} \times S_{p, \text{nom}}^{2}$) [N]								
		Třída pevnosti								
		4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9/12.9
M8x1	39,2	8820	12200	11000	14900	17200	22700	25500	32500	38000
M10x1,25	61,2	13800	19000	17100	23300	26900	35500	39800	50800	59400
M10x1	64,5	14500	20000	18100	24500	28400	37400	41900	53500	62700
M12x1,25	92,1	20700	28600	25800	35000	40500	53400	59900	76400	89300
M12x1,5	88,1	19800	27300	24700	33500	38800	51100	57300	73100	85500
M14x1,5	125	28100	38800	35000	47500	55000	72500	81200	104000	121000
M16x1,5	167	37600	51800	46800	63500	73500	96900	109000	139000	162000
M18x1,5	216	48600	67000	60500	82100	95000	130000	–	179000	210000
M20x1,5	272	61200	84300	76200	103000	120000	163000	–	226000	264000
M22x1,5	333	74900	103000	93200	126000	146000	200000	–	276000	323000
M24x2	384	86400	119000	108000	146000	169000	230000	–	319000	372000
M27x2	496	112000	154000	139000	188000	218000	298000	–	412000	481000
M30x2	621	140000	192000	174000	236000	273000	373000	–	515000	602000
M33x2	761	171000	236000	213000	289000	335000	457000	–	632000	738000
M36x3	865	195000	268000	242000	329000	381000	519000	–	718000	839000
M39x3	1030	232000	319000	288000	391000	453000	618000	–	855000	999000

Materiály, tepelné zpracování, chemické složení

podle ISO 898, část 1

Ocele

Třída pevnosti	Materiál a tepelné zpracování	Mezní hodnoty chemického složení (analýza tavby %) ¹⁾					Popouštěcí teplota °C
		C		P	S	B ²⁾	
		min.	max.	max.	max.	max.	
4.6 ^{3), 4)} 4.8 ⁴⁾ 5.6 ³⁾ 5.8 ⁴⁾ 6.8 ⁴⁾	Uhlíková ocel nebo uhlíková ocel s přísadami	–	0,55	0,05	0,06	nespecifikováno	–
		0,13	0,55	0,05	0,06		
		–	0,55	0,05	0,06		
		0,15	0,55	0,05	0,06		
8.8 ⁶⁾	Uhlíková ocel s přísadami (např. Bór, Mn nebo Cr), kalená a popuštěná nebo uhlíková ocel, kalená a popuštěná nebo legovaná ocel, kalená a popuštěná ⁷⁾	0,15 ⁵⁾	0,40	0,025	0,025	0,003	425
		0,25	0,55	0,025	0,025		
		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 nebo uhlíková ocel, kalená a popuštěná nebo legovaná ocel, kalená a popuštěná ⁷⁾	0,15 ⁵⁾	0,40	0,025	0,025	0,003	425
		0,25	0,55	0,025	0,025		
		0,20	0,55	0,025	0,025		
10.9 ⁶⁾	Uhlíková ocel s přísadami (např. Bór, Mn nebo Cr), kalená a popuštěná nebo uhlíková ocel, kalená a popuštěná nebo legovaná ocel, kalená a popuštěná ⁷⁾	0,20 ⁵⁾	0,55	0,025	0,025	0,003	425
		0,25	0,55	0,025	0,025		
		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 výrobková 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 případech, 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 $\geq 1000 \text{ N/mm}^2$)

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

► Riziko vodíkové křehkosti
Strana F.038

