

Mekaniske og fysiske egenskaber for bolte

i henhold til ISO 898, del 1

Boltes mekaniske egenskaber gælder for prøvninger ved rumtemperatur.

Nr.	Mekaniske og fysiske egenskaber		Styrkeklasse									
			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	Brudstyrke, R _m , MPa, [N/mm ²]	nom. værdi ^c min.	400 400	400 420	500 500	500 520	600 600	800 800	800 830	900 900	1000 1040	1200 1220
2	Nedre strækgrænse, R _{eL} ^d , MPa, [N/mm ²]	nom. værdi ^c min.	240 240	– –	300 300	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –
3	0,2 % strækgrænse, R _{p0,2} ^e , MPa, [N/mm ²]	nom. værdi ^c min.	– –	– –	– –	– –	– 640	640 640	640 660	720 720	900 940	1080 1100
4	Spænding ved 0,0048 d ikke-proportional forlængelse og for befæstelseselementer i fuld størrelse	nom. værdi ^c min.	– –	320 340 ^g	– –	400 420 ^g	480 480 ^g	– –	– –	– –	– –	– –
5	Spænding under prøvekraft, S _p ^f , MPa, [N/mm ²]	nom. værdi	225	310	280	380	440	580	600	650	830	970
	S _{p, nom} /R _{eL min} eller Forhold i prøvespænding S _{p, nom} /R _{p0,2 min} eller S _{p, nom} /R _{pf min}		0,94	0,91	0,93	0,90	0,92	0,91	0,91	0,90	0,88	0,88
6	Procentuel forlængelse efter brud på maskinelt bearbejdede prøveemner, A, %	min.	22	–	20	–	–	12	12	10	9	8
7	Procentuel brudindsnøring efter brud på maskinelt bearbejdede prøveemner, Z, %	min.	–	–	–	–	–	52	52	48	48	44
8	Forlængelse efter brud på befæstelseselementer i fuld størrelse, A _f (se også ISO 898-1 bilag C)	min.	–	0,24	–	0,22	0,20	–	–	–	–	–
9	Hovedets slagsejhed		uden brud									
10	Vickers hårdhed, 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
11	Brinell hårdhed, 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	Rockwell hårdhed, HRB	min. max.	67 95,0 ^g	71 95,0 ^g	79 95,0 ^g	82 95,0 ^g	89 99,5	– –	– –	– –	– –	– –
	Rockwell hårdhed, HRC	min. max.	– –	– –	– –	– –	– 32	22 34	23 37	28 39	32 39	39 44
13	Overfladehårdhed, HV 0,3	max.	–	–	–	–	–	^h	^h	^h	^{h,i}	^{h,j}
14	Højde på den ikke-afkullede gevindzone, E, mm	min.	–	–	–	–	–	¹ / ₂ H ₁	¹ / ₂ H ₁	¹ / ₂ H ₁	² / ₃ H ₁	³ / ₄ H ₁
	Dybde på den fuldstændige afkulning i gevindet, G, mm	max.	–	–	–	–	–	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
15	Fald i hårdhed efter genanløbning, HV	max.	–	–	–	–	–	20	20	20	20	20
16	Brudrejningsmoment, M _B Nm	min.	–	–	–	–	–	se ISO 898-7				
17	Kærnslagsejhed K _V ^{k,l} , J	min.	–	–	27	–	–	27	27	27	27	m
18	Overfladebeskaffenhed i henhold til		ISO 6157-1 ⁿ									ISO 6157-3

^a Værdier gælder ikke for samlinger med stålkonstruktionsbolte.

^b For samlinger med stålkonstruktionsbolte d ≥ M12.

^c Nominelle værdier er kun specificerede for at angive et system for mærkning af kvalitetsklasser. Se paragraf 5.

^d I de tilfælde, hvor den nedre flydespænding R_{eL} ikke kan bestemmes, er det tilladeligt at angive flydespændingen ved en 0,2 % ikke-proportional forlængelse R_{p0,2}.

^e For kvalitetsklasser 4.8, 5.8 og 6.8, er værdierne for R_{p0,2 min} under undersøgelse. De nuværende værdier er kun for beregning af forhold i prøvespænding. De er ikke test-værdier.

^f Værdier for prøvespændinger er angivet i tabeller på F.006.

^g En hårdhedsværdi målt på enden af befæstelseselementet må ikke overstige 250 HV, 238 HB eller 99,5 HRB.

^h Overfladehårheden må ikke være 30 Vickers højere end den målte kernehårdhed, når begge hårdheder er bestemt med HV 0,3.

ⁱ Enhver forøgelse i hårdheden på overfladen, som indikerer, at overfladehårheden overstiger 390 HV er ikke acceptabel.

^j Enhver forøgelse i hårdheden på overfladen, som indikerer, at overfladehårheden overstiger 435 HV er ikke acceptabel.

^k Værdier bestemmes ved en test-temperatur på –20 °C.

^l Gælder for d ≥ 16 mm.

^m Værdi for K_V er under undersøgelse.

ⁿ I stedet for ISO 6157-1, kan ISO 6157-3 anvendes efter aftale mellem producenten og køberen.

Minimum brudstyrke for bolte

i henhold til ISO 898, del 1

Minimum brudstyrke – metrisk ISO-standardgevind

Gevind ¹⁾ d	Nominelt spændingsareal A _{s, nom} [mm²]	Minimum brudstyrke F _{m min} (A _{s, nom} × R _{m, min}) [N]								
		Styrkeklasse								
		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⁾ Hvis der i gevindbetegnelsen ikke er anført nogen gevindstigning, så gælder standardgevind (groft gevind).
²⁾ For befæstelseselementer med gevind tolerance 6az iht. ISO 965-4 (forbeholdt befæstelser for varmgalvanisering), gælder reducerede værdier i overensstemmelse med ISO 10684.
³⁾ For stålkonstruktionsbolte gælder 70 000 N (for M12), 95 500 N (for M14) og 130 000 N (for M16).

 For beregning af det nominelle spændingsareal A_{s, nom}
Side F.046

Minimum brudstyrke – metrisk ISO-fingevind

Gevind d x P	Nominelt spændingsareal A _{s, nom} [mm²]	Minimum brudstyrke F _{m min} (A _{s, nom} × R _{m, min}) [N]								
		Styrkeklasse								
		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	1 030	412000	433000	515000	536000	618000	855000	–	1 070 000	1 260 000



Prøvebelastninger af skruer

i henhold til ISO 898, del 1

Prøvebelastning – metrisk ISO standardgevind

Gevind ¹⁾ d	Nominelt spændingsareal A _{s, nom} [mm ²]	Prøvebelastning F _p (A _{s, nom} × S _{p, nom} ⁴⁾) [N]								
		Styrkeklasse								
		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⁾ Hvis der i gevindbetegnelsen ikke er anført nogen gevindstigning, så gælder standardgevind (groft gevind).

²⁾ For befæstelselementer med gevind tolerance 6az iht. ISO 965-4 (forbeholdt befæstelser for varmgalvanisering), gælder reducerede værdier i overensstemmelse med ISO 10684.

³⁾ For stålkonstruktionsbolte gælder 50 700 N (for M12), 68 800 N (for M14) og 94 500 N (for M16).

⁴⁾ Værdi for spænding under prøvekraft S_{p, nom} og relation til strækgrænse, se side F.004, Nr. 5 i tabel.

▶ For beregning af det nominelle spændingsareal A_{s, nom}
 Side F.046

Prøvebelastning – metrisk ISO fingevind

Gevind d x P	Nominelt spændingsareal A _{s, nom} [mm ²]	Prøvebelastning F _p (A _{s, nom} × S _{p, nom}) [N]								
		Styrkeklasse								
		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	1 030	232000	319000	288000	391000	453000	618000	–	855000	999000

Materiale, varmebehandling, kemisk sammensætning

i henhold til ISO 898, del 1

Stål

Styrkeklasse	Materiale og varmebehandling	Kemisk sammensætning (legeringsanalyse %) ¹⁾					Anløbnings-temperatur °C
		C		P	S	B ²⁾	
		min.	max.	max.	max.	max.	
4.6 ^{3), 4)}	Kulstofstål eller kulstofstål med tilleggeringer	–	0,55	0,05	0,06	Ikke specificeret	–
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⁾	Kulstofstål med tilleggeringer (f.eks Bor, Mn eller Cr), hærdet og anløbet	0,15 ⁵⁾	0,40	0,025	0,025	0,003	425
	eller Kulstofstål, hærdet og anløbet	0,25	0,55	0,025	0,025		
	eller Legeret stål, hærdet og anløbet ⁷⁾	0,20	0,55	0,025	0,025		
9.8 ⁶⁾	Kulstofstål med tilleggeringer (f.eks Bor, Mn eller Cr), hærdet og anløbet	0,15 ⁵⁾	0,40	0,025	0,025	0,003	425
	eller Kulstofstål, hærdet og anløbet	0,25	0,55	0,025	0,025		
	eller Legeret stål, hærdet og anløbet ⁷⁾	0,20	0,55	0,025	0,025		
10.9 ⁶⁾	Kulstofstål med tilleggeringer (f.eks Bor, Mn eller Cr), hærdet og anløbet	0,20 ⁵⁾	0,55	0,025	0,025	0,003	425
	eller Kulstofstål, hærdet og anløbet	0,25	0,55	0,025	0,025		
	eller Legeret stål, hærdet og anløbet ⁷⁾	0,20	0,55	0,025	0,025		
12.9 ^{6), 8), 9)}	Legeret stål, hærdet og anløbet ⁷⁾	0,30	0,50	0,025	0,025	0,003	425
12.9 ^{6), 8), 9)}	Kulstofstål med tilleggeringer (f.eks Bor, Mn, Cr eller Mo), hærdet og anløbet	0,28	0,50	0,025	0,025	0,003	380

¹⁾ I tilfælde af uoverensstemmelse, gælder en produkt-analyse.²⁾ Indholdet af bor må max. være på 0,005 %, såfremt ikke-virksomt bor er kontrolleret ved en tilsætning af titanium og/eller aluminium.³⁾ For koldformede befæstelseselementer med kvalitetsklasser 4.6 eller 5.6, kan en varmebehandling af tråden eller af det koldformede befæstelseselement være nødvendig, for at opnå den nødvendige duktilitet.⁴⁾ Automatstål er tilladt for disse kvalitetsklasser med følgende maksimale indhold af svovl, fosfor og bly: svovl 0,34%; fosfor 0,11%; bly 0,35%.⁵⁾ Ved kulstofstål med bortilsætning og et kulstofindhold under 0,25 % (smelteanalyse) skal der være et manganindhold på mindst 0,6 % for kvalitetsklasse 8.8 og 0,7 % for 9.8 og 10.9.⁶⁾ Materialerne til disse kvalitetsklasser skal kunne hærdes tilstrækkeligt for at sikre, at der i gevindsektionens kerneområde, før anløbning, er en martensitisk struktur på ca. 90 %.⁷⁾ Dette legeringsstål skal indeholde mindst et af følgende elementer i den anførte mindstemængde: krom 0,3 %, nikkel 0,3 %, molybdæn 0,2 %, vanadium 0,1 %. Når to, tre eller fire elementer i kombination er specificeret, og har lavere legeringsandele end ovenstående, så er kravet at summen af de enkelte elementer skal udgøre mindst 70 % af summen for de ovenstående mindstemængder for henholdsvis de to, tre eller fire indgående elementer.⁸⁾ For kvalitetsklasse 12.9/12.9 er et metallografisk konstaterbart hvid beriget lag af fosfor ikke tilladt. Dette skal detekteres ved hjælp af en egnet testmetode.⁹⁾ Der bør udvises forsigtighed, når brugen af kvalitetsklasse 12.9/12.9 overvejes. Producentens kapabilitet, forhold ved service samt tilspændingsmetoder bør overvejes. Specielle miljøforhold kan forårsage spændingskorrosion af ubehandlede såvel som overfladebehandlede befæstelser.

Egenskaber ved forhøjede temperaturer

i henhold til ISO 898, del 1

Forhøjede temperaturer og deres indflydelse på de mekaniske egenskaber på befæstelseselementer

Forhøjede temperaturer kan medføre ændringer i de mekaniske egenskaber og den funktionelle ydeevne af befæstelseselementer.

Ingen skadelige ændringer i de mekaniske egenskaber på befæstelseselementer er kendt op til en typisk driftstemperatur på 150 °C. Ved temperaturer over 150 °C og op til en maksimal temperatur på 300 °C, bør den funktionelle ydeevne af befæstelseselementer sikres ved omhyggelig undersøgelse.

Med stigende temperaturer, sker en progressiv
– reduktion af flydespændingen, spændingen ved en 0,2% ikke-proportional forlængelse eller spændingen ved en 0,0048 d ikke-proportional forlængelse for færdige befæstelseselementer, og
– reduktion af trækbrudstyrken kan opleves. Den kontinuerlige drift med befæstelseselementer ved forhøjede driftstemperaturer kan resultere i en spændings-relaksation, som stiger med højere temperaturer. Spændings-relaksation resulterer i tab af klemkraft.

Koldformede befæstelseselementer (kvalitetsklasse 4.8, 5.8, 6.8) er mere følsomme over for spændings-relaksation sammenlignet med hærdede eller afspændingsglødede befæstelseselementer.

Der bør udvises forsigtighed ved brug af blyholdigt stål, som anvendes til befæstelseselementer ved forhøjede temperaturer. For sådanne befæstelseselementer, bør risikoen for flydende metal induceret skørhed (LME) vurderes, når drifttemperaturen ligger indenfor intervallet for smeltepunktet på bly.

For information se f.eks. i EN 10269 og ASTM F2281.

Egenskaber ved højere styrke (hvis $\geq 1\,000\text{ N/mm}^2$)

Påvirkning af højstyrke kvalitetsklasser ved forståelse af de mekaniske belastninger samt miljømæssige forhold.

Risiko for brintskørhed Side F.038

