






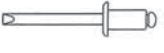








Technické informace

Šrouby se šestihlannou hlavou, hrubé šrouby		1
Šrouby s vnitřním šestihlannem		2
Závitové tyče, závrtné šrouby, stavěcí šrouby		3
Matice		4
Válcové, kuželové kolíky, rýhované kolíky, rýhované hřeby		5
RECA sebsy - samozávrtné šrouby, šrouby do plechu		6
Závitové šrouby, křídlaté šrouby a matice		7
Vruty do dřeva a dřevotřísky		8
Podložky a pojistné prvky		9
Hmoždinky a kotevní technika		10
Nýty, trhací nýty, nýtovací matice		11
Nerezový spojovací materiál		12
Spojovací materiál z plastu a mosazi		13
Lanová technika, zvedací prostředky		14
Ostatní spojovací materiál a spojovací prvky		15

Všeobecné technické informace ke šroubům a spojovacímu materiálu

1 Spojovací prvky z oceli pro teplotní rozsah -50°C až +150°C

- 1.1 Materiály na spojovací prvky
- 1.2 Mechanické vlastnosti ocelových šroubů
 - 1.2.1 Tahová zkouška
 - 1.2.2 Pevnost v tahu R_m (MPa)
 - 1.2.3 Mez kluzu R_e (MPa)
 - 1.2.4 0,2% mez plastifikace $R_{p0,2}$ (MPa)
 - 1.2.5 Tahová zkouška u celých šroubů
 - 1.2.6 Třídy pevnosti
 - 1.2.7 Poměrné prodloužení při přetržení A5 (%)
 - 1.2.8 Testování tvrdosti
- 1.3 Třídy pevnosti šroubů
 - 1.3.1 Testovací síly
 - 1.3.2 Vlastnosti šroubů při zvýšených teplotách
- 1.4 Třídy pevnosti matic
- 1.5 Párování šroubů a matic
 - 1.5.1 Upozornění pro ocelové matice
 - 1.5.2 Odolnost vůči tažení u matic jmenovité výšky $\geq 0,5 d$ a $< 0,8 d$ (dle DIN EN 20898, část 2)
- 1.6 Mechanické vlastnosti kolíků závitových
- 1.7 Značení šroubů a matic
- 1.8 Palcový závit – převáděcí tabulka palce/mm

2 Spojovací prvky odolné vůči korozi a kyselým

- 2.1 Mechanické vlastnosti
 - 2.1.1 Rozdělení pevnosti nerezových šroubů
 - 2.1.2 Zatížení šroubů s dřívkem na mezi kluzu
 - 2.1.3 Orientační hodnoty utahovacích momentů šroubů
- 2.2 Odolnost A2 a A4 vůči korozi
 - 2.2.1 Plošná a erozní koroze
 - 2.2.2 Důlková koroze
 - 2.2.3 Kontaktní koroze
 - 2.2.4 Koroze v trhlinách
 - 2.2.5 A2 a A4 ve spojení s korozivními médii
 - 2.2.6 Vznik cizí rzi
- 2.3 Značení nerezových šroubů a matic

3 Informace o technickém normování ISO – přechod na ISO

- 3.1 Předpisy

- 3.1.1 Označení produktů a jejich změny
- 3.2 Normy ISO jako normy nahrazující DIN – normy DIN jako předchůdci norem ISO
- 3.3 Změny velikosti klíčů DIN - ISO
- 3.4 Přechod od norem DIN na normy ISO, obecné změny uspořádané podle věcných oblastí
 - 3.4.1 Technické dodací podmínky a základní normy
 - 3.4.2 Malé metrické šrouby
 - 3.4.3 Kolíky a svorníky
 - 3.4.4 Šrouby do plechu
 - 3.4.5 Šrouby se šestihrannou hlavou a šestihranné matice
 - 3.4.6 Stavěcí šrouby
- 3.5 Rozměrové změny u šroubů se šestihrannou hlavou a šestihranných matic

4 Výroba šroubů a matic

- 4.1 Výrobní postupy
 - 4.1.1 Tváření za studena (lisování za studena)
 - 4.1.2 Tváření za tepla
 - 4.1.3 Výroba třískovým obráběním
- 4.2 Výroba závitů
 - 4.2.1 Průběh vláken
- 4.3 Tepelná úprava
 - 4.3.1 Tepelné zušlechťení
 - 4.3.2 Kalení
 - 4.3.3 Popouštění
 - 4.3.4 Cementování (povrchové vytvrzení)
 - 4.3.5 Žihání
 - 4.3.6 Temperování

5 Povrchová ochrana

- 5.1 Koroze
- 5.2 Druhy koroze
- 5.3 Často používané druhy povrchových úprav spojovacích prvků
 - 5.3.1 Nekovové vrstvy aplikované postupy povrchové úpravy
 - 5.3.2 Kovové povlaky aplikované postupy povrchové úpravy
 - 5.3.3 Jiné typy vrstev aplikovaných postupy povrchové úpravy

- 5.4 Normování galvanických systémů ochrany vůči korozi
 - 5.4.1 Systém značení dle DIN EN ISO 4042
 - 5.4.2 Orientační hodnoty odolnosti vůči korozi pro zkoušku v solné mlze DIN 50021 SS (ISO 9227)
 - 5.4.3 Systém značení dle DIN 50979
 - 5.4.4 Značení galvanických povrchových úprav
 - 5.4.5 Pasivace
 - 5.4.6 Vrstvy uzavírající povrch
 - 5.4.7 Minimální tloušťky vrstev a doba trvání zkoušky
- 5.5 Normování neelektrolyticky nanášených protikorozních systémů
 - 5.5.1 Systémy zinkových lamel
 - 5.5.2 Normování neelektrolyticky nanášených systémů na ochranu vůči korozi – označení dle DIN EN ISO 10683
- 5.6 Normování žárového pozinkování šroubů dle DIN EN ISO 10684
 - 5.6.1 Postupy a oblasti aplikace
 - 5.6.2 Tolerance závitů a systém značení
- 5.7 Omezení použití nebezpečných látek
 - 5.7.1 Směrnice RoHS
 - 5.7.2 Směrnice ELV o starých vozidlech (do 3,5 tun celkové hmotnosti)
- 5.8 Vodíkové zřehnutí
- 6.9 Statické střížné síly u spojů tvořených pružnými kolíky těžkém provedení dle ISO 8752 (DIN 1481)
- 6.10 Konstrukční doporučení
- 6.11 Montáž

7 Pojistné prvky

- 7.1 Obecný úvod
- 7.2 Příčiny ztráty předpínací síly
- 7.3 Způsoby funkce
 - 7.3.1 Zajištění proti uvolnění
 - 7.3.2 Zajištění proti rozšroubování
 - 7.3.3 Zajištění proti ztrátě
- 7.4 Způsob účinku pojistných prvků
 - 7.4.1 Neúčinné pojistné prvky
 - 7.4.2 Zajištění proti ztrátě
 - 7.4.3 Zajištění proti rozšroubování
- 7.5 Opatření k zajištění šroubů
 - 7.5.1 Uvolnění
 - 7.5.2 Samočinné uvolnění

8 Ocelové konstrukce

- 8.1 Vysokopevnostní spoje u ocelových konstrukcí
- 8.2 Vysokopevnostní šrouby, matice a podložky
- 8.3 Konstrukční pokyny a důkazy pro vysokopevnostní spoje dle DIN 18800-1 a DIN EN 1993-1-8
 - 8.3.1 Vysokopevnostní spoje dle DIN 18 800-1 (2008)
 - 8.3.2 Vysokopevnostní spoje dle DIN EN 1993-1-8
- 8.4 Montáž
 - 8.4.1 Montáž a kontrola dle DIN 1800-7
 - 8.4.2 Montáž dle DIN EN 1090-2
- 8.5 Zvláštní pokyny při použití sad vysokopevnostních šroubů a matic

6 Dimenzování metrických šroubů

- 6.1 Hrubý odhad rozměru, příp. tříd pevnosti šroubů dle VDI 2230
- 6.2 Výběr postupu utahování a jeho provedení
- 6.3 Přiřazení tříd čísla tření s orientačními hodnotami k různým materiálům/povrchům a stavům namazání u šroubových spojů (dle VDI 2230)
- 6.4 Utahovací momenty a předpínací síly u konstrukčních šroubů s normálním metrickým závitem dle VDI 2230
- 6.5 Utahovací momenty a předpínací síly
- 6.6 Orientační hodnoty utahovacích momentů u austenitických šroubů dle DIN EN ISO 3506
- 6.7 Příklad práce s tabulkami předpínacích sil a utahovacích momentů
- 6.8 Párování různých prvků/kontaktní koroze

9 Přímé šroubování do plastů a kovů

- 9.1 Přímé šroubování do plastů
- 9.2 Přímé šroubování do kovů
 - 9.2.1 Metrické závitořezné šrouby
 - 9.2.2 Šroubové spoje pro závitořezné šrouby dle DIN 7500
 - 9.2.3 Přímé šroubování do kovů se závitořeznými šrouby dle DIN 7500
- 9.3 Šrouby do plechu
 - 9.3.1 Spojení pomocí šroubů do plechu
 - 9.3.2 Závity pro šrouby do plechu

10 Nýtovací technika

- 10.1 Typy nýtů
 - 10.1.1 Plný nýt
 - 10.1.2 Dutý nýt
 - 10.1.3 Trubkový nýt
 - 10.1.4 Rozpěrný nýt
 - 10.1.5 Polodutý nýt
 - 10.1.6 Dvoudílný dutý nýt
 - 10.1.7 Trhací nýt
- 10.2 Pokyny ke zpracování
 - 10.2.1 Spojení tvrdých a měkkých materiálů
 - 10.2.2 Rohové vzdálenosti spojů
- 10.3 Pojmy a mechanické charakteristiky
- 10.4 Zpracování trhacích nýtů
- 10.5 Nýtovací matice do plechu
 - 10.5.1 Zpracování nýtovacích matic do plechu
- 10.6 Řešení problémů
 - 10.6.1 Příliš velký svěrný rozsah
 - 10.6.2 Příliš malý svěrný rozsah
 - 10.6.3 Otvor příliš velký
 - 10.6.4 Otvor příliš malý
- 10.7 Vysvětlení pojmů
 - 10.7.1 Trhací nýt uzavřený
 - 10.7.2 Svěrný rozsah
 - 10.7.3 Nýt trhací Multi
 - 10.7.4 Průměr pouzdra nýtu
 - 10.7.5 Délka pouzdra nýtu
 - 10.7.6 Zavírací hlava
 - 10.7.7 Sázecí hlava
 - 10.7.8 Místo žádaného lomu

1. SPOJOVACÍ PRVKY Z OCELI PRO TEPLOTNÍ ROZSAH -50°C AŽ $+150^{\circ}\text{C}$

1.1 Materiály na spojovací prvky

Použitý materiál má rozhodující význam pro kvalitu spojovacích prvků (šroubů, matic a dílů příslušenství). Dojde-li k závadám použitého materiálu, nemůže z něj vyrobený spojovací prvek plnit požadavky na něj kladené.

Nejdůležitější normy pro šrouby a matice jsou:

- DIN EN ISO 989-1, Mechanické vlastnosti spojovacích prvků z uhlíkaté a legované oceli, část 1: Šrouby
- DIN EN 20898 část 2 (ISO 989 část 2), Mechanické vlastnosti spojovacích prvků, část 2: Matice

Tyto normy předepisují materiál k použití, jeho značení, vlastnosti hotových dílů a jejich zkoušky a zkušební metody.

Pro různé třídy pevnosti se používají různé materiály uvedené v následující tabulce 1.

Třída pevnosti	Materiál a tepelné zpracování	Chemické složení (analýza tavby %) ^a					Propouštěcí teplota
		C		P	S	B ^b	°C
		min.	max.	max.	max.	max.	min.
4.6 ^{c, d}	Uhlíková ocel samotná nebo s přísadami	–	0,55	0,050	0,060	není stanoveno	–
4.8 ^d							
5.6 ^c		0,13	0,55	0,050	0,060		
5.8 ^d		–	0,55	0,050	0,060		
6.8 ^d		0,15	0,55	0,050	0,060		
8.8 ^f	Uhlíková ocel s přísadami (např. bórem, manganem nebo chromem), kalená a popouštěná	0,15 ^e	0,40	0,025	0,025	0,003	425
	Uhlíková ocel kalená a popouštěná	0,25	0,55	0,025	0,025		
	Legovaná ocel kalená a popouštěná ^g	0,20	0,55	0,025	0,025		
9.8 ^f	Uhlíková ocel s přísadami (např. bórem, manganem nebo chromem), kalená a popouštěná	0,15 ^e	0,40	0,025	0,025	0,003	425
	Uhlíková ocel kalená a popouštěná nebo	0,25	0,55	0,025	0,025		
	Legovaná ocel, kalená a popouštěná ^g	0,20	0,55	0,025	0,025		
10.9 ^f	Uhlíková ocel s přísadami (např. bórem, manganem nebo chromem), kalená a popouštěná	0,20 ^e	0,55	0,025	0,025	0,003	425
	Uhlíková ocel kalená a popouštěná	0,25	0,55	0,025	0,025		
	Legovaná ocel kalená a popouštěná ^g	0,20	0,55	0,025	0,025		

Třída pevnosti	Materiál a tepelné zpracování	Chemické složení (analýza tavby %) ^a					Propouštěcí teplota
		C		P	S	B ^b	°C
		min.	max.	max.	max.	max.	min.
12.9 ^{c, h, i}	Legovaná ocel kalená a popouštěná ^a	0,30	0,50	0,025	0,025	0,003	425
12.9 ^{c, h, i}	Uhlíková ocel s přísadami (např. bórem, manganem, chromem nebo molybdenem), kalená a popouštěná	0,28	0,50	0,025	0,025	0,003	380

^a V případě sporu platí analýza produktu.
^b Obsah bóru smí dosáhnout 0,005 % za předpokladu, že se bude neúčinný bor kontrolovat přísadou titanu anebo hliníku.
^c U za studena tvářených šroubů tříd pevnosti 4.6 a 5.6 může být zapotřebí tepelná úprava drátu použitého k tváření za studena nebo samotného za studena tvářeného šroubu, aby se dosáhlo požadované kujnosti.
^d Pro tyto třídy pevnosti je přípustná automatová ocel s následujícími maximálními obsahy síry, fosforu a olova: síra 0,34 %, fosfor 0,11 %, olovo 0,35 %.
^e U jednoduché uhlíkové oceli s bórem jako přísadou a obsahem uhlíku pod 0,25 % (analýza tavby) musí mít materiál obsah manganu min. 0,6 % pro třídu pevnosti 8.8 a 0,7 % pro třídu pevnosti 9.8 a 10.9.
^f Materiály těchto tříd pevnosti musí být dostatečně kalitelné, aby se zajistilo, že v struktuře jádra závitové části bude podíl martenzitu přibližně 90 % v zakaleném stavu před popouštěním.
^g Legovaná ocel musí obsahovat min. následující legovací složky v uvedeném minimálním množství: chrom 0,30 %, nikl 0,30 %, molybden 0,20 %, vanad 0,10 %. Jsou-li předepsané v kombinaci dva, tři nebo čtyři prvky a mají-li menší legovací podíly než je uvedeno výše, pak se pro klasifikaci použije hraniční hodnota 70 % součtu výše uvedených jednotlivých hraničních hodnot pro dva, tři nebo čtyři postižené prvky.
^h Pro třídu pevnosti 12.9/12.9 není přípustná metalograficky zjištělná, fosforem obohacená bílá vrstva. Ta se musí prokázat vhodným testovacím postupem.
ⁱ U předpokládaného použití třídy pevnosti 12.9/12.9 je třeba dávat pozor. Přitom je třeba zohlednit vhodnost výroby šroubů, montáž a podmínky použití. Kvůli speciálním okolním podmínkám může dojít k napětové korozi, jak u šroubů s povrchovou úpravou, tak u šroubů bez povrchové úpravy.

1.2 Mechanické vlastnosti ocelových šroubů

Tato kapitola poskytuje krátký přehled, jakými metodami se zjišťují a stanovují mechanické vlastnosti šroubů. V této souvislosti se budeme zabývat nejběžněji používanými charakteristikami a jmenovitými veličinami.

1.2.1 Tahová zkouška

Pomocí tahové zkoušky se určují důležité charakteristiky šroubů jako pevnost v tahu R_m , mez kluzu R_e , 0,2% mez plasticity $R_{p0,2}$, 2 a poměrné prodloužení při přetržení A5 (%). Přitom se rozlišuje mezi „tahovou zkouškou s osoustruženými vzorky“ a „tahovou zkouškou s celými šrouby“ (DIN EN ISO 989 část 1).

1.2.2 Pevnost v tahu R_m (MPa)

Pevnost v tahu R_m uvádí, od jakého tahového pnutí může dojít k rozlomení šroubu. Vyplývá z největší síly a odpovídajícího průřezu. K lomu smí u šroubu s plnou zatížitelností dojít jen v dřívku nebo v závitě, nikoliv na přechodu mezi hlavou a dřívkem.

Pevnost tahu při zlomení ve válcovém dřívku (osoustružené vzorky nebo celé šrouby):

$$R_m = \text{maximální tažná síla} / \text{plocha průřezu} = F/S_0 \text{ [MPa]}$$

Pevnost tahu při zlomení v závitě:

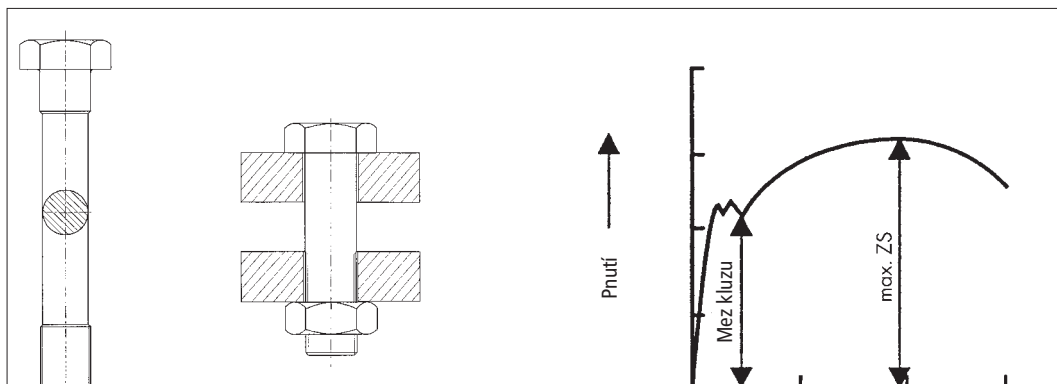
$$R_m = \text{maximální tažná síla} / \text{průřez pnutí} =$$

$$F/A_s \text{ [MPa]}$$

$$A_s \text{ je průřez pnutí}$$

1.2.3 Mez kluzu R_e (MPa)

Dle DIN EN ISO 989 část 1 lze zjistit přesnou mez kluzu jen u osoustružených vzorků. Jako mez kluzu se označuje hranice, po kterou lze materiál pod tahovým pnutím bez trvalé plastické deformace natahovat. Představuje přechod mezi elastickou a plastickou oblastí. Kvalitativní průběh šroubu 4.6 (tažná ocel) v diagramu pnutí proti protažení je znázorněn v obr. C



Tahová zkouška
na osoustruženém
šroubu
Obr. A

Tahová zkouška
celého šroubu
Obr. B

Diagram pnutí / kluzu šroub pevnosti
4.6 (kvalitativně)
Obr. C

1.2.4 0,2% mez plastifikace $R_{p0,2}$ (MPa)

Mez plastifikace $R_{p0,2}$ se zjišťuje jako tzv. náhradní mez kluzu, protože většina zúšlechťených ocelí nevykazuje ostrý přechod od elastické do plastické oblasti. 0,2% mez plastifikace $R_{p0,2}$ představuje $P_{nutí}$, při kterém se dosáhne trvalého protažení o délce 0,2 %. Kvalitativní průběh $P_{nutí}$ v diagramu závislosti protažení na $P_{nutí}$ u šroubu o pevnosti 10.9 je znázorněn na obr. D.

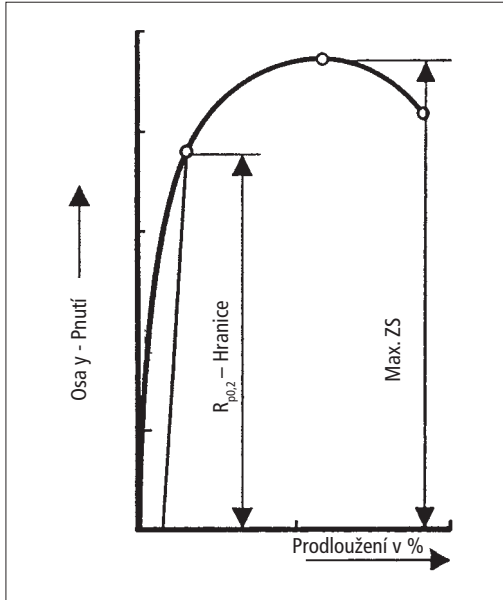


Diagram závislosti protažení na $P_{nutí}$ u šroubu třídy pevnosti 10.9 (kvalitativní)

Obr. D

1.2.5 Tahová zkouška u celých šroubů

Vedle tahové zkoušky u osoustružených vzorků lze provést i méně nákladnou zkoušku s celými šrouby. U této zkoušky se upne celý šroub za hlavu a za závit do testovacího zařízení. Protože v tomto případě není - na rozdíl od zkoušky s proporcionální tyčí - poměr délky a průměru vzorku konstantní, lze takto stanovit jen pevnost v tahu R_m , prodloužení při přetržení A_f a mez plasticity $0,0048 d R_{pf}$.

Mez plasticity $0,0048 d R_{pf}$ (MPa) podle kap. 9:3 ISO 898-1 2009-08.

1.2.6 Třídy pevnosti

Šrouby se označí třídami pevnosti tak, aby se dala snadno zjistit pevnost v tahu R_m a mez kluzu R_e (příp. mez plasticity $0,2\% R_{p0,2}$).

Příklad:

Šroub 8.8

1. Stanovení R_m : první číslo násobit 100.

$$\rightarrow R_m = 8 \times 100 = 800 \text{ MPa}$$

První číslo uvádí 1/100 minimální pevnosti v tahu v MPa.

2. Stanovení R_e příp. $R_{p0,2}$:

První číslo se násobí druhým číslem a výsledek se násobí 10, výsledkem je mez kluzu R_e příp. 0,2% mezi plasticity $R_{p0,2}$. $R_e = (8 \times 8) \times 10 = 640 \text{ MPa}$.

1.2.7 Poměrné prodloužení při přetržení A_5 (%)

Poměrné protažení při přetržení je důležitou charakteristikou pro posouzení tvárnosti materiálu a vzniká při zatížení do přetržení šroubu. To se určuje na osoustružených šroubech s definovaným úsekem dřívku (proporcionální tyč) (výjimka: šrouby z materiálu odolného vůči korozi a kyselinám, skupina ocelí A1 - A5). Zbývající plastické protažení se uvádí v procentech a počítá se podle následujícího vzorce:

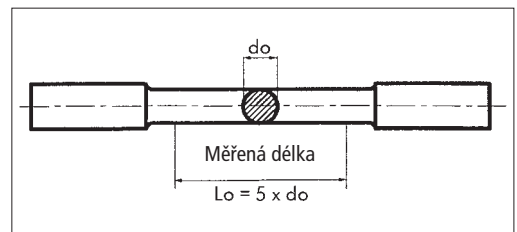
$$A_5 = (L_u - L_0) / L_0 \times 100\%$$

L_0 definovaná délka před tahovou zkouškou $L_0 = 5 \times d_0$

L_u délka po přetržení

d_0 průměr dřívku před tahovou zkouškou

Příklad proporcionální tyče



Obr. E

1.2.8 Testování tvrdosti

Definice:

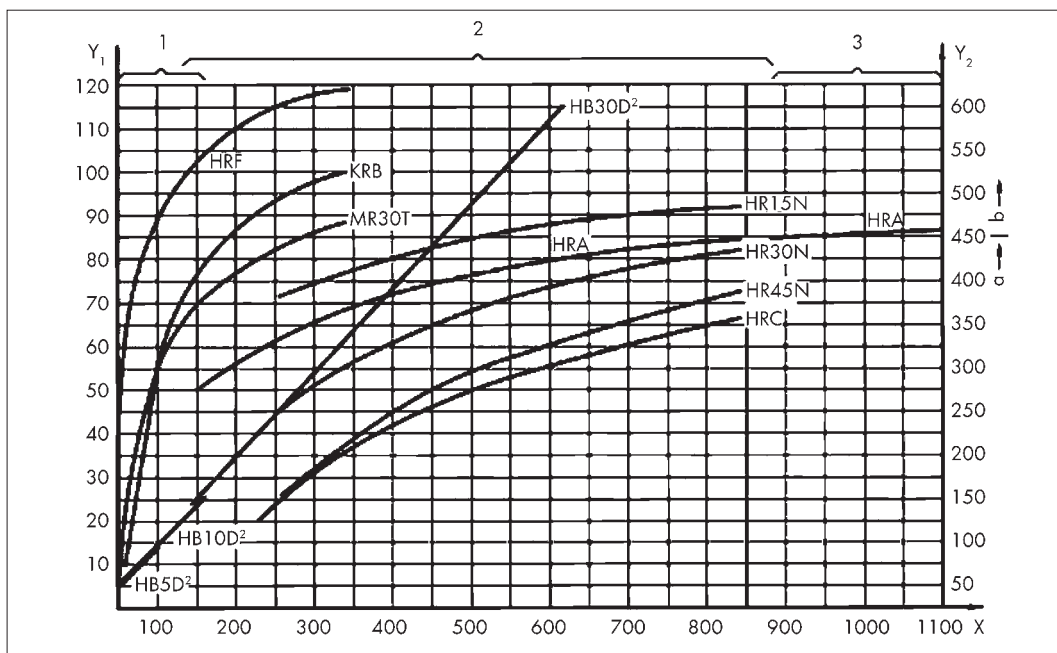
Tvrdost je odpor, který těleso klade jinému, tvrdšímu tělesu, které do něj proniká.

Nejdůležitější postupy testování tvrdosti v praxi jsou:

Postup testování	Tvrdost Vickers HV DIN EN ISO 6507	Tvrdost Brinell HB DIN EN ISO 6506	Tvrdost Rockwell HRC DIN EN ISO 6508
Zkušební těleso	Pyramida	Koule	Kužel

Zkouška podle Vickersova postupu zahrnuje celý rozsah tvrdost šroubů.

Znázornění různých stupnic tvrdosti k Vickersově stupnici



Legenda:

X tvrdost dle HV 30
 Y₁ tvrdost dle Rockwella
 Y₂ tvrdost dle Brinella

- 1 rozsah tvrdosti pro neželezné kovy
- 2 rozsah tvrdosti pro oceli
- 3 rozsah tvrdosti pro tvrdé kovy
- a tvrdost dle Brinella, stanovená pomocí ocelové kuličky (HBS)
- b tvrdost dle Brinella, stanovená pomocí tvrdokovové kuličky (HBW)

Obr. F: Výtah z DIN EN ISO 18265

Srovnání údajů tvrdosti

Následující grafika F platí pro oceli a odpovídá srovnávacím tabulkám tvrdosti v DIN EN ISO 18265. Mají sloužit jako záchytný bod, protože exaktní srovnání výsledků je možné jen se stejným postupem a za stejných podmínek.

1.3 Třídy pevnosti šroubů

Pomocí tříd pevnosti se popisují mechanické a fyzikální vlastnosti šroubů a matic. To se provádí pro šrouby v níže uvedené tabulce 2 podle 9 tříd pevnosti, u kterých jsou vždy uvedené vlastnosti jako pevnost v tahu, tvrdost, mez kluzu, poměrné protažení při přetržení atd.

Mechanické a fyzikální vlastnosti šroubů

Č.	Mechanické a fyzikální vlastnosti	Třída pevnosti											
		4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8		9.8	10.9	12.9/ 12.9		
								d ≤ 16 mm ^a	d > 16 mm ^b	d ≤ 16 mm			
1	Pevnost v tahu R _m , MPa	nom. ^c	400		500		600		800		900	1.000	1.200
		min.	400	420	500	520	600	800	830	900	1.040	1.220	
2	Spodní mez kluzu, R _{el} ^d , MPa	nom. ^c	240	–	300	–	–	–	–	–	–	–	–
		min.	240	–	300	–	–	–	–	–	–	–	–
3	0,2 % mez plasticity R _{p0,2} ^e , MPa	nom. ^c	–	–	–	–	–	640	640	720	900	1.080	1.080
		min.	–	–	–	–	–	640	660	720	940	1.100	1.100
4	Mez plasticity 0,004 8 d R _{p1} ^f pro celé šrouby, R _{p1} , MPa	nom. ^c	–	320	–	400	480	–	–	–	–	–	–
		min.	–	340 ^g	–	420 ^g	480 ^g	–	–	–	–	–	–
5	Pnutí pod testovací silou, S _{p1} ^f , MPa	nom.	225	310	280	380	440	580	600	650	830	970	970
			0,94	0,91	0,93	0,90	0,92	0,91	0,91	0,90	0,88	0,88	0,88
6	Poměr testované pevnosti S _{p1, nom} /R _{el, min} nebo S _{p1, nom} /R _{p0,2, min} nebo S _{p1, nom} /R _{p1, min}												
6	Procentuální protažení při přetržení osoustruženého vzorku, A, %	min.	22	–	20	–	–	12	12	10	9	8	8
7	Procentuální zúžení při přetržení osoustruženého vzorku, Z, %	min.	–	–	–	–	–	52	–	48	48	44	44
8	Prodloužení celého šroubu při přetržení, A, (viz také dodatek C)	min.	–	0,24	–	0,22	0,20	–	–	–	–	–	–
9	Odolnost vůči ulomení hlavy	bez přetržení											
10	Tvrdość dle Vickerse, HV F ≥ 98 N	min.	120	130	155	160	190	250	255	290	320	385	385
		max.	220 ^h	–	–	–	250	320	335	360	380	435	435
11	Tvrdość dle Brinella, HBW F = 30 D ²	min.	114	124	147	152	181	238	242	276	304	366	366
		max.	209 ^h	–	–	–	238	304	318	342	361	414	414
12	Tvrdość dle Rockwella, HRB	min.	67	71	79	82	89	–	–	–	–	–	–
		max.	95,0 ^h	–	–	–	99,5	–	–	–	–	–	–
	Tvrdość dle Rockwella, HRC	min.	–	–	–	–	–	22	23	28	32	39	39
		max.	–	–	–	–	–	32	34	37	39	44	44
13	Povrchová tvrdość, HV 0,3	max.	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	Výška neoduhlčené závitové zóny, E, mm	min.	–	–	–	–	–	1/2H ₁	–	–	2/3H ₁	3/4H ₁	3/4H ₁
	Hloubka oduhlčení v závitě, G, mm	max.	–	–	–	–	–	0,015	–	–	–	–	–
15	Pokles tvrdosti po opětém popouštění (tvrdosti), HV	max.	–	–	–	–	–	20	–	–	–	–	–
16	Zlomový točivý moment, M _y , Nm	min.	–	–	–	–	–	dle ISO 898-7	–	–	–	–	–
17	Nárazová práce, K _V ^{k, l} , J	min.	–	–	27	–	–	27	27	27	27	–	m
18	Povrchový stav dle		ISO 6157-1 ⁿ										ISO 6157-3

a Hodnoty neplatí pro šroub na ocelové konstrukce.

b Pro šrouby na ocelové konstrukce d ≥ M12.

c Jmenovité hodnoty jsou stanovené jen pro systém značení tříd pevnosti. Viz část 5.

d Nelze-li stanovit spodní mez kluzu R_{el}, u zjištění 0,2 % meze plasticity R_{p0,2} je přípustné.

e Pro třídy pevnosti 4.8, 5.8 a 6.8 se zjišťují hodnoty pro R_{p1, nom}. Aktuální hodnoty jsou uvedené jen pro výpočet poměru testovacího pnutí.

f Testovací síly jsou stanovené v tabulkách 5 a 7.

g Tvrdość stanovená na konci šroubu smí být max. 250 HV, 238 HB, příp. 99,5 HRB.

h Povrchová tvrdość nesmí překročit na příslušném šroubu 30 bodů Vickerse změněné tvrdośći jádra, zjišťují-li se také povrchové tvrdośći stejně jako tvrdość jádra s HV 0,3.

i Nárůst povrchové tvrdośći přes 390 HV není přípustný.

j Nárůst povrchové tvrdośći přes 435 HV není přípustný.

k Hodnoty se určují při testovací teplotě -20°C, viz 9.14.

l Platí pro d ≥ 16 mm.

m Hodnoty pro K_V se kontrolují.

n Místo ISO 6157-1 může platit ISO 6157-3 dle dohody mezi výrobcem a zákazníkem.

Tab. 2: Výťah z DIN EN ISO 989-1, mechanické a fyzikální vlastnosti šroubů

1.3.1 Testovací síly

Testovací síla podle tabulek 3 a 4 se v tahové zkoušce aplikuje axiálně na šroub a nechá působit 15 s. Zkouška platí za absolvovanou, odpovídá-li délka šroubu po měření délce před pokusem. Přitom platí tolerance $\pm 12,5 \mu\text{m}$. Pro uživatele představují následující tabulky důležitou pomůcku k výběru vhodného šroubu.

Normální metrický závit ISO

Závit ^{a d}	Jmenovitý průřez pnutí	Třída pevnosti									
		4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9/ 12.9	
		Testovací síla, $F_p (A_{s, \text{nom}} \times S_p)$, N									
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 ^c	11.400	10.200 ^c	13.900	16.100	21.200 ^c	23.800	30.400 ^c	35.500	
M10	58	13.000 ^c	18.000	16.200 ^c	22.000	25.500	33.700 ^c	37.700	48.100 ^c	56.300	
M12	84,3	19.000	26.100	23.600	32.000	37.100	48.900 ^d	54.800	70.000	81.800	
M14	115	25.900	35.600	32.200	43.700	50.600	66.700 ^d	74.800	95.500	112.000	
M16	157	35.300	48.700	44.000	59.700	69.100	91.000 ^d	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	

a Není-li v označení závitu uvedeno jeho stoupání, jde o normální závit.
b Pro výpočet $A_{s, \text{nom}}$ viz 9.1.6.1.
c Pro šrouby s tolerancí závitu 6az dle ISO 965-4 se zároveň pozinkem platí snížené hodnoty dle ISO 10684:2004, příloha A.
d Pro šrouby na ocelové konstrukce 50700 N (M12), 68800 N (M14) a 94500 N (M16).

Tab. 3: Výťah z DIN EN ISO 898-1, testovací síly pro normální metrický závit ISO

Jemný metrický závit ISO

Závit d x P	Jmenovitý průřez pnutí	Třída pevnosti								
		4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9/ 12.9
		Testovací síla, $F_p (A_{s, nom} \times S_p)$, N								
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 1,5	88,1	19.800	27.300	24.700	33.500	38.800	51.100	57.300	73.100	85.500
M12 x 1,25	92,1	20.700	28.600	25.800	35.000	40.500	53.400	59.900	76.400	89.300
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

a Pro výpočet $A_{s, nom}$ viz 9.1.6.1.

Tab. 4: Výťah z DIN EN ISO 898-1, testovací síly pro jemný metrický závit ISO

1.3.2 Vlastnosti šroubů při zvýšených teplotách

Uvedené hodnoty platí jen jako záchytný bod ke snížení mezí kluzu u šroubů, které se testují za zvýšených teplot. Nejsou určeny pro přejímací zkoušku šroubů.

Třída pevnosti	Teplota				
	+ 20°C	+ 100°C	+ 200°C	+ 250°C	+ 300°C
	Spodní mez kluzu R_{el} nebo 0,2% mez plasticity $R_{p, 0.2}$ MPa				
5.6	300	250	210	190	160
8.8	640	590	540	510	480
10.9	940	875	790	745	705
12.9	1.100	1.020	925	875	825

Tab. 5: Výťah z DIN EN ISO 898-1 1999-11, mez kluzu za tepla

1.4 Třídy pevnosti matic

U matic se v praxi uvádí testovací pnutí a z něj vypočtená testovací síla jako charakteristika (04 až 12), protože uvedení meze kluzu není zapotřebí. Po testovací síly uvedené v tab. 6 lze šroub namáhat tahem bez omezení (pozor na párování 1.5). Třída pevnosti matice je popsána testovacím pnutím vztaženým na tvrzený testovací trn, které se dělí 100.

Příklad:

M6, testovací pnutí 600 MPa
 $600/100 = 6$ Třída pevnosti 6

Testovací síly pro normální metrický závit ISO (matice)

Závit	Stoupání závitu	Jmenovitý průřez pnutí testovacího trnu A_s	Třída pevnosti																	
			04		05		4		5		6		8		9		10		12	
			Testovací síla ($A_s \times S_p$), N																	
mm	mm ²	–	–	Typ 1	Typ 1	Typ 1	Typ 1	Typ 2	Typ 2	Typ 1	Typ 1	Typ 2	Typ 2	Typ 1	Typ 1	Typ 2	Typ 2			
M3	0,5	5,03	1.910	2.500	–	2.600	3.000	4.000	–	4.500	5.200	5.700	5.800	–	–	–	–	–		
M3,5	0,6	6,78	2.580	3.400	–	3.550	4.050	5.400	–	6.100	7.050	7.700	7.800	–	–	–	–	–		
M4	0,7	8,78	3.340	4.400	–	4.550	5.250	7.000	–	7.900	9.150	10.000	10.100	–	–	–	–	–		
M5	0,8	14,2	5.400	7.100	–	8.250	9.500	12.140	–	13.000	14.800	16.200	16.300	–	–	–	–	–		
M6	1	20,1	7.640	10.000	–	11.700	13.500	17.200	–	18.400	20.900	22.900	23.100	–	–	–	–	–		
M7	1	28,9	11.000	14.500	–	16.800	19.400	24.700	–	26.400	30.100	32.900	33.200	–	–	–	–	–		
M8	1,25	36,6	13.900	18.300	–	21.600	24.900	31.800	–	34.400	38.100	41.700	42.500	–	–	–	–	–		
M10	1,5	58,0	22.000	29.000	–	34.200	39.400	50.500	–	54.500	60.300	66.100	67.300	–	–	–	–	–		
M12	1,75	84,3	32.000	42.200	–	51.400	59.000	74.200	–	80.100	88.500	98.600	100.300	–	–	–	–	–		
M14	2	115	43.700	57.500	–	70.200	80.500	101.200	–	109.300	120.800	134.600	136.900	–	–	–	–	–		
M16	2	157	59.700	78.500	–	95.800	109.900	138.200	–	149.200	164.900	183.700	186.800	–	–	–	–	–		
M18	2,5	192	73.000	96.000	97.900	121.000	138.200	176.600	170.900	176.600	203.500	–	230.400	–	–	–	–	–		
M20	2,5	245	93.100	122.500	125.000	154.400	176.400	225.400	218.100	225.400	259.700	–	294.000	–	–	–	–	–		
M22	2,5	303	115.100	151.500	154.500	190.900	218.200	278.800	269.700	278.800	321.200	–	363.600	–	–	–	–	–		
M24	3	353	134.100	176.500	180.000	222.400	254.200	324.800	314.200	324.800	374.200	–	423.600	–	–	–	–	–		
M27	3	459	174.400	229.500	234.100	289.200	330.550	422.300	408.500	422.300	486.500	–	550.800	–	–	–	–	–		
M30	3,5	561	213.200	280.500	286.100	353.400	403.900	516.100	499.300	516.100	594.700	–	673.200	–	–	–	–	–		
M33	3,5	694	263.700	347.000	353.900	437.200	499.700	638.500	617.700	638.500	735.600	–	832.800	–	–	–	–	–		
M36	4	817	310.500	408.500	416.700	514.700	588.200	751.600	727.100	751.600	866.000	–	980.400	–	–	–	–	–		
M39	4	976	370.900	488.000	497.800	614.900	702.700	897.900	868.600	897.900	1.035.000	–	1.171.000	–	–	–	–	–		

Tab. 6: Výťah z DIN EN 20898-2, testovací síly pro normální metrický závit ISO (matice)

Testovací síla F_p se počítá následovně pomocí testovacího pnutí S_p (DIN EN 20898 Teil 2) a jmenovitého průřezu pnutí:

$$A_s \cdot F_p = A_s \times S_p$$

Jmenovitý průřez pnutí se počítá takto:

$$A_s = \frac{\pi}{4} \left(\frac{d_2 + d_3}{2} \right)^2$$

kde:

d_2 je průměr náběhu vnějšího závitu (jmenovitý rozměr) d_3 je průměr jádra výrobního profilu vnějšího závitu (jmenovitý rozměr)

$$d_3 = d_1 - \frac{H}{6}$$

kde:

d_1 je průměr jádra základního profilu vnějšího závitu

H je výška profilového trojúhelníku závitu

1.5 Párování šroubů a matic

Pravidlo:

Se šroubem třídy pevnosti 8.8 je třeba použít i matici třídy pevnosti 8.

Aby se eliminovalo nebezpečí stržení závitů při utahování moderními postupy montážní techniky, musí být šroub a matice spárované podle výše uvedeného pravidla. Pak je takový šroubový spoj plně zatížitelný.

Poznámka:

Obecně lze použít matice s vyšší třídou pevnosti místo matic nižší třídy pevnosti. To je radno pro spojení šroubu a matice vystavené zatížení nad mez kluzu nebo nad testovacím pnutím (pružné spojovací šrouby).

Párování šroubů a matic (jmenovité výšky $\geq 0,8 D$)

Třída pevnosti matic	Příslušný šroub			Matic		
				Typ 1	Typ 2	
	Třída pevnosti	Rozsah závitu		Rozsah závitu		
4	3.6	4.6	4.8	> M16	> M16	–
5	3.6	4.6	4.8	\leq M16	\leq M39	–
	5.6	5.8		\leq M39		
6	6.8			\leq M39	\leq M39	–
8	8.8			\leq M39	\leq M39	> M16 \leq M39
9	9.8			\leq M16	–	\leq M16
10	10.9			\leq M39	\leq M39	–
12	12.9			\leq M39	\leq M16	\leq M39

Tab. 7: Výťah z DIN EN 20898 část 2

1.5.1 Upozornění pro ocelové matice

Šroub třídy pevnosti 8.8 se páruje s maticí třídy pevnosti 8 nebo vyšší. Díky tomuto spojení lze šroub zatížit po mez kluzu.

Při použití matic s omezenou zatížitelností – např. třídy pevnosti 04, 05; matice s údajem tvrdosti 14H, 22H – tomu tak není. Pro tyto matice předepisuje DIN EN 20898-2 testovací síly.

1.5.2 Odolnost vůči tažení u matic jmenovité výšky $\geq 0,5 d$ a $< 0,8 d$ (dle DIN EN 20898, část 2)

Při párování matic se šrouby vyšší třídy pevnosti lze očekávat stržení závitu matice.

Zde uvedená orientační hodnota pro odolnost vůči stržení se vztahuje na uvedenou třídu pevnosti.

Třída pevnosti matic	Testovací pnutí matic	Minimální pnutí ve šroubu před stržením při párování se šroubem třídy pevnosti N/mm ²			
	N/mm ²	6.8	8.8	10.9	12.9
04	380	260	300	330	350
05	500	290	370	410	480

Tab. 8: Výťah z DIN EN 20898 část 2

Omezená zatížitelnost platí i pro matice dle DIN 934 se značením I8I stejně jako I4I, I5I, I6I, I9I, I10I, I12K. Při použití šroubu třídy pevnosti 8.8 a matice dle DIN 934 (jmenovitá výška asi $0,8 \times d$) se takový spoj nedá bezpečně zatěžovat do meze kluzu šroubu. K označení a rozlišení se takové matice místo značení 8 označují kolmou čárkou před a za číslem (I8I).

1.6 Mechanické vlastnosti kolíků závitových (dle DIN EN ISO 989, část 5)

Mechanické vlastnosti platí pro závitové kolíky apod., dříve se závitem nenamáhané tahem vyrobené z legované a nelegované oceli.

Mechanická vlastnost		Třída pevnosti ¹⁾			
		14H	22 H	33 H	45H
Tvrdość dle Vickerse HV	min.	140	220	330	450
	max.	290	300	440	560
Tvrdość dle Brinella HB, F = 30 D ²	min.	133	209	314	428
	max.	276	285	418	532
Tvrdość dle Rockwella HRB	min.	75	95		
	max.	105			
Tvrdość dle Rockwella HRC	min.		30	33	45
	max.			44	53
Povrchová tvrdość HV 0,3			320	450	580

¹⁾ Třídı pevností 14H, 22H a 33H neplatı pro zıvitovı kolıky s vnitřnım řestihranem

Tab. 9: Výtah z DIN EN ISO 898-5

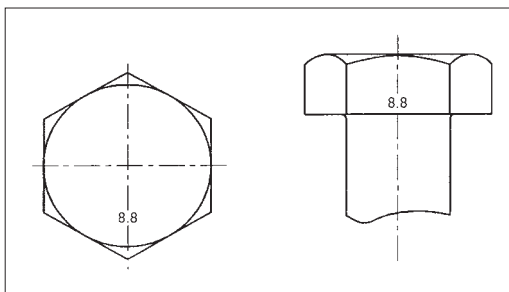
1.7 Značení řroubů a matic

Značení řroubů s plnou zatıžitelností

Řrouby se řestihrannou hlavou:

Značení řroubů se řestihrannou hlavou značkou vırobce a třídou pevnosti je pıedepsané pro všechny třídı pevnosti a jmenovitı průměr zıvıtu $d \geq 5$ mm.

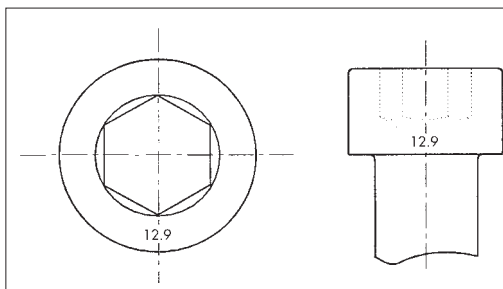
Značení řroubu se umıstı tam, kde to tvar řroubu pıipouřtı.



Obr. G: Pııklad značení řroubů se řestihrannou hlavou

Řrouby s vılcovou hlavou a vnitřnım řestihranem:

Značení řroubů se vılcovou hlavou a vnitřnım řestihranem značkou vırobce a třídou pevnosti je pıedepsané pro třídı pevnosti ≥ 8.8 a jmenovitı průměr zıvıtu $d \geq 5$ mm.

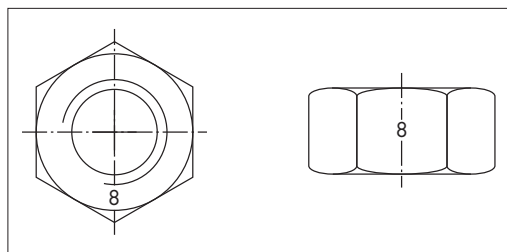


Obr. H: Pııklad značení řroubů s vılcovou hlavou a vnitřnım řestihranem

Značení matic

Třída pevnosti	04	05	4	5	6	8	9	10	12
Označení	04	05	4	5	6	8	9	10	12

Tab. 10: Výťah z DIN EN 20898-2



Obr. I: Příklad značení s uvedením třídy pevnosti

Označení šestihranných matic značkou výrobce a třídou pevnosti je předepsané pro všechny pevnostní třídy od velikosti závitů M5. Šestihranné matice se musí na kontaktní ploše nebo ploše k přiložení klíče označit vyražením nebo na sražení vyvýšeně. Vyvýšené značky nesmí přecházet přes kontaktní plochu matice. Alternativně ke značení třídou pevnosti lze provést označení i pomocí ručičkového systému (další informace viz DIN EN 20898 část 2).

Značení šroubů se sníženou zatížitelností

U šroubů se sníženou zatížitelností se před známé označení tříd pevnosti, např. 8.8, uvádí „0“. Tečka mezi čísly uvedených být nemusí, takže jsou možné varianty „08.8“ a „088“.

Toto označení lze použít u všech tříd pevnosti.

1.8 Palcový závit - převáděcí tabulka palce/mm

Palce	1/4"	5/16"	3/8"	7/16"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"	1.1/4"
mm	6,3	7,9	9,5	11,1	12,7	15,9	19,1	22,2	25,4	31,8

Palce	1.1/2"	1.3/4"	2"	2.1/4"	2.1/2"	2.3/4"	3"	3.1/2"	4"	
mm	38,1	44,5	50,8	57,1	63,5	69,9	76,2	88,9	102,0	

Počet závitů na 1" UNC/UNF

Průměr v palcích	1/4"	5/16"	3/8"	7/16"	1/2"	5/8"	3/4"		
Počet závitů UNC	20	18	16	14	13	11	10		
Počet závitů UNF	28	24	24	20	20	18	16		

Tab. 11: Stoupání závitů UNC/UNF

2. SPOJOVACÍ PRVKY ODOLNÉ VŮČI KOROZI A KYSELINÁM

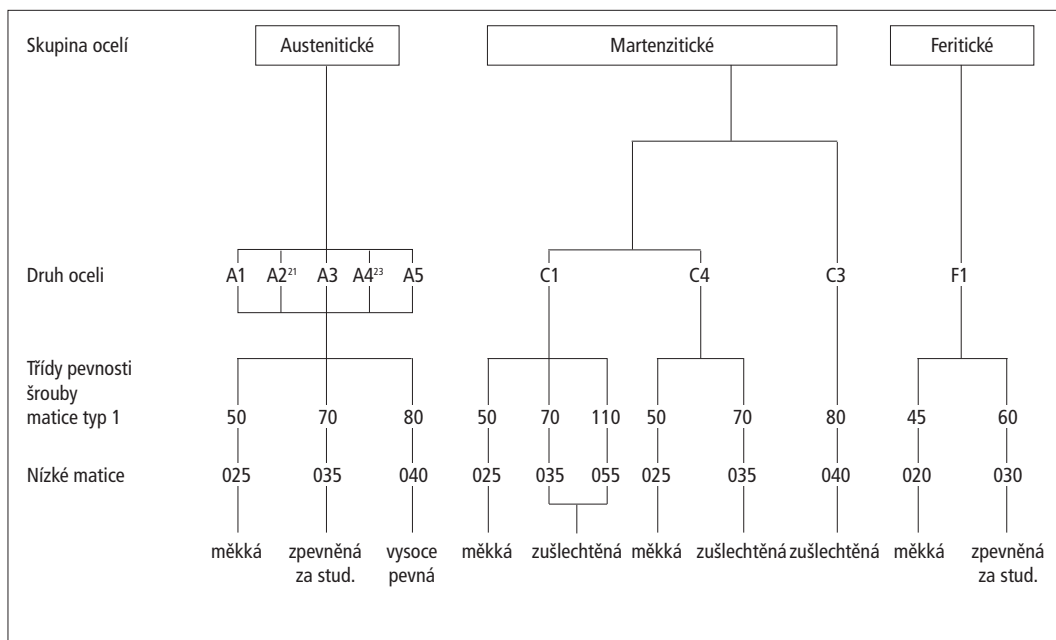
2.1 Mechanické vlastnosti

Pro šrouby a matice z nerezí platí DIN EN ISO 3506. Existuje celá řada nerezavějících ocelí, které se dělí na tři skupiny - austenitické, feritické a martenzitické oceli, přičemž nejrozšířenější je austenitická ocel.

Příklad:

- A2-70
 A Austenitická ocel
 2 Typ slitiny v rámci skupiny A
 70 Pevnost v tahu min 700 MPa, tvářeno za studena

Skupiny oceli a třídy pevnosti se označují čtyřmístnou kombinací písmen a čísel.



Rozlišovací znaky austenitických druhů ocelí (dle ISO 3506)

Skupina ocelí	Chemické složení v % (max. hodnoty, není-li uvedeno nic jiného)								
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu
A1	0,12	1	6,5	0,2	0,15–0,35	16–19	0,7	5–10	1,75–2,25
A2	0,1	1	2	0,05	0,03	15–20	–	8–19	4
A3	0,08	1	2	0,045	0,03	17–19	–	9–12	1
A4	0,08	1	2	0,045	0,03	16–18,5	2–3	10–15	4
A5	0,08	1	2	0,045	0,03	16–18,5	2–3	10,5–14	1

A3 a A5 stabilizované proti interkystalické korozi přidavkem titanu, niobu nebo tantalů.

Chemické složení austenitických ocelí (dle ISO 3506)

Nejdůležitější nerezavějící oceli a jejich složení

	Označení materiálu	Materiál č.	C %	Si ≤ %	Mn ≤ %	Cr %	Mo %	Ni %	Altri %
A1	X 8 Cr Ni S 18-9	1.4305	≤ 0,10	1,0	2,0	17,0 ÷ 19,0	–	8 ÷ 10	S 0,15 ÷ 0,35
A2	X 5 Cr Ni 1810	1.4301	≤ 0,07	1,0	2,0	17,0 ÷ 20,0	–	8,5 ÷ 10	–
	X 2 Cr Ni 1811	1.4306	≤ 0,03	1,0	2,0	17,0 ÷ 20,0	–	10 ÷ 12,5	–
	X 8 Cr Ni Ti 19/10	1.4303	≤ 0,07	1,0	2,0	17,0 ÷ 20,0	–	10,5 ÷ 12	–
A3	X 6 Cr Ni Ti 1811	1.4541	≤ 0,10	1,0	2,0	17,0 ÷ 19,0	–	9,0 ÷ 11,5	Ti ≥ 5 X % C
A4	X 5 Cr Ni Mo 1712	1.4401	≤ 0,07	1,0	2,0	16,5 ÷ 18,5	2,0 ÷ 2,5	10,5 ÷ 13,5	–
	X 2 Cr Ni Mo 1712	1.4404	≤ 0,03	1,0	2,0	16,5 ÷ 18,5	2,0 ÷ 2,5	11 ÷ 14	–
A5	X 6 Cr Ni Mo Ti 1712	1.4571	≤ 0,10	1,0	2,0	16,5 ÷ 18,5	2,0 ÷ 2,5	10,5 ÷ 13,5	Ti ≥ 5 X % C

Tab. 15: Běžné nerezavějící oceli a jejich chemické složení

Druh oceli A1

Druh oceli A1 je určený speciálně pro třískové obrábění. Vzhledem k vysokému obsahu síry mají oceli tohoto druhu nižší odolnost vůči korozi než odpovídající oceli s normálním obsahem síry.

Druh oceli A2

Oceli druhu A2 jsou nejčastěji používanými nerezavějícími druhy oceli. Používají se do kuchyňských zařízení a přístrojů pro chemický průmysl. Oceli tohoto druhu nejsou vhodné k použití v neoxidujících kyselinách a médiích obsahujících chlor, např. do bazénů a mořské vody.

Druh oceli A3

Oceli druhu A3 jsou nerezavějící oceli stabilizované přídavkem titanu, příp. niobu nebo tantalu, s vlastnostmi ocelí A2 (stabilizované proti interkristalické korozi např. po svařování)

Druh oceli A4

Oceli druhu A4 jsou „kyselinovzdorné oceli“, které jsou legované molybdenem a vykazují podstatně vyšší odolnost vůči korozi. A4 se ve velkém objemu používá v papírenském průmyslu, protože tento druh oceli byl vyvinut pro vařící kyselinu sírovou (proto označení „kyselinovzdorné“) a je do jisté míry vhodný i pro okolí s obsahem chloridů. A4 se dále často používá v potravinářském průmyslu a v loděnicích

Druh oceli A5

Oceli typu A5 jsou stabilizované „kyselinovzdorné oceli“ s vlastnostmi ocelí typu A4 (viz také A3)..

2.1.1 Rozdělení pevnosti nerezavějících šroubů

V DIN EN ISO 3506 jsou pro sestavené druhy oceli doporučované pro spojovací prvky. Používá se především austenitická ocel A2. Při zvýšeném namáhání korozi se naproti tomu používají chromniklové oceli z druhu A4. Pro charakteristiku šroubových spojení z austenitické oceli jsou základem mechanické hodnoty pevnosti následující tabulky 17.

Mechanické vlastnosti šroubů z austenitických ocelí

Skupina ocelí	Druh oceli	Třída pevnosti	Rozsah průměru	Šrouby		
				Pevnost v tahu R_m ¹⁾ MPa min.	0,2% mez plasticity $R_{p0,2}$ ¹⁾ MPa min.	Protažení při přetržení A ²⁾ mm min.
Austenitické	A1, A2, A3, A4 a A5	50	≤ M39	500	210	0,6 d
		70	< M24 ³⁾	700	450	0,4 d
		80	< M24 ³⁾	800	600	0,3 d

¹⁾ Tažné pnutí je spočítané ve vztahu k průřezu pnutí (viz příloha A nebo DIN EN ISO 3506-1).
²⁾ Protažení při přetržení se stanoví dle 6.2.4 na příslušné délce šroubu a na neosoustružených vzorcích. d je jmenovitý průměr.
³⁾ Pro spojovací prvky s jmenovitým průměrem závitu $d > 24$ mm se musí mezi uživatelem a výrobcem dohodnout mechanické vlastnosti. Musí se označit druhem oceli a třídou pevnosti dle této tabulky.

Tab. 16: Výťah z DIN EN ISO 3506-1

Stanovení meze kluzu $R_{p0,2}$ proběhne dle DIN EN ISO 3506-1 v tahové zkoušce na celých šroubech, protože se výrobních vlastností zčásti dosahuje tvářením za studena.

2.1.2 Zatížení šroubů s dřikem na mezi kluzu

Austenitické chromniklové oceli nelze kalit. Vyšší meze kluzu se dosahuje jen zpevněním za studena, tvářením (např. válcování závitu). V tab. 17 jsou uvedena zatížení pro mez kluzu u šroubů s dřikem dle DIN EN ISO 3506.

Jmenovitý průměr	Zatížení u meze kluzu pro austenitické oceli dle DIN EN ISO 3506 A2 a A4 v N	
	50	70
M5	2.980	6.390
M6	4.220	9.045
M8	7.685	16.470
M10	12.180	26.100
M12	17.700	37.935
M16	32.970	70.650
M20	51.450	110.250
M24	74.130	88.250
M27	96.390	114.750
M30	117.810	140.250

Tab. 17: Zatížení u meze kluzu pro šrouby s dřikem dle DIN EN ISO 3506

2.1.3 Orientační hodnoty utahovacích momentů šroubů viz kap. 6.6

2.2 Odolnost A2 a A4 vůči korozi

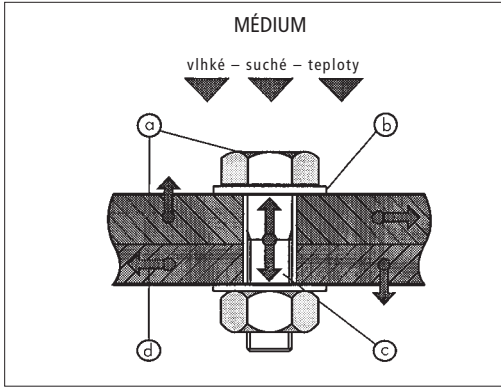
Nerezavějící a kyselinovzdorné oceli jako A2 a A4 spadají do kategorie „aktivní“ ochrany proti korozi.

Nerezavějící ušlechtilé oceli obsahují min. 16% chromu (Cr) a jsou odolné vůči oxidačním činidlům. Vyšší obsahy chromu a další legovací složky jako nikl (Ni), molybden (Mo), titan (Ti) nebo niob (Nb) zvyšují odolnost vůči korozi. Tyto přísady ovlivňují i mechanické vlastnosti. Jiné legovací složky se přidávají jen kvůli zlepšení mechanických vlastností, např. dusík (N), nebo zpracovatelnosti při třískovém obrábění, např. síra (S).

Spojovací prvky z austenitických ocelí obecně nejsou magnetizovatelné, po tvářením za studena však může k jisté zmagnetizovatelnosti dojít. Odolnost vůči korozi po tvářením za studena tím však není ovlivněna. Zmagnetizování zpevněním za studena může jít tak daleko, že ocelový díl zůstane držet na magnetu.

Nerez tvoří vlivem kyslíku stabilní vrstvu oxidů (pasivační vrstvu), která kov chrání před další korozi

Přitom je třeba dbát na to, že v praxi dochází k řadě různých druhů koroze. Následně jsou uvedené a na obr. K znázorněny nejčastější druhy koroze u nerezí:



- a plošná koroze, důlková koroze
- b kontaktní koroze
- c napěťová koroze
- d mechanické účinky

Obr. K: Znázornění nejčastějších druhů koroze u šroubových spojů

2.2.1 Plošná a erozní koroze

Při rovnoměrné plošné korozi, zvané též erozní koroze, povrch rovnoměrně eroduje. Tomuto druhu koroze lze pečlivým výběrem materiálů předejít.

Na základě laboratorních pokusů zveřejnily výrobní závody tabulky odolnosti, které poskytují pokyny o chování druhů oceli při různých teplotách a koncentracích jednotlivých médií (viz oddíl 2.2.5).

2.2.2 Důlková koroze

Důlková koroze se projevuje plošnou erozní korozí rozšířenou o tvorbu prohlubní a důlků. Přitom dochází k místnímu prolovení pasivační vrstvy.

U nerezavějící ušlechtilé oceli dochází v kontaktu s médiem obsahujícím chlór i k samotné důlkové korozi s bodovými

dírkami v materiálu. I usazeniny a rez mohou být výchozími body důlkové koroze. Proto je třeba všechny spojovací prvky pravidelně čistit od zbytků a usazenin.

Austenitické oceli jako A2 a A4 jsou vůči důlkové korozi odolnější než feritické oceli s obsahem chromu.

Rozdělení stupně odolnosti na různé skupiny

Stupeň odolnosti	Posouzení	Ztráta hmotnosti v g/m ² h
A	zcela odolná	< 0,1
B	prakticky odolná	0,1–1,0
C	méně odolná	1,0–10
D	bez odolnosti	> 10

Tab. 22

2.2.3 Kontaktní koroze

Kontaktní koroze vzniká, nacházejí-li se dva dílce různého složení v metalickém kontaktu v prostředí vlhkosti ve formě elektrolytu. Přitom se rozrušuje povrch méně ušlechtilého prvku.

Aby se předešlo kontaktní korozi, je třeba dbát na následující body:

- vzájemná izolace kovů v místě kontaktu, např. gumou, plasty nebo nátěry, aby nemohl téct kontaktní proud
- dle možnosti předcházet kontaktům dvou nerovnocenných materiálů. Příklad: šrouby, matice a podložky je třeba přizpůsobit spojovaným dílcům.
- prevence kontaktu spoje s elektrolyticky účinným médiem → viz též kap. 6.8

2.2.4 Koroze v trhlinách

Tento druh koroze vzniká zpravidla u dílců použitých v průmyslové atmosféře, kde jsou vystavené silnému mechanickému tahovému a ohybovému zatížení. I vlastní pnutí způsobené svařováním může vést k napěťové korozi.

INFORMACE

Zvlášť citlivé na napětovou korozi jsou austenitické oceli v atmosféře obsahující chlor.

Přítom je podstatný vliv teploty. Jako kritická teplota se uvádí 50°C.

2.2.5 A2 a A4 ve spojení s korozivními médii

Následující tabulka uvádí přehled odolnosti A2 a A4 ve spojení s různými korozivními médii. Uvedené hodnoty slouží jen jako záchytné body, umožňují však dobře srovnání.

Přehled chemické odolnosti šroubů z A2 a A4

Agresivní médium	Koncentrace	Teplota v °C	Stupeň odolnosti A2	Stupeň odolnosti A4
Aceton	všechny	všechny	A	A
Éter	–	všechny	A	A
Alkohol	všechny	20	A	A
Kyselina mravenčí	10%	20 var	A B	A A
Amoniak (čpavek)	všechny	20 var	A A	A A
Benzín všech typů	–	všechny	A	A
Kyselina benzoová	všechny	všechny	A	A
Benzen	–	všechny	A	A
Pivo	–	všechny	A	A
Kyselina kyanodíková	–	20	A	A
Krev	–	20	A	A
Bonderizační roztok (na fosfátování)	–	98	A	A
Chlor: suchý plyn vlhký plyn	–	20 všechny	A D	A D
Chloroform	všechny	všechny	A	A
Kyselina chromová	10% čistá 50% čistá	20 var 20 var	A C B D	A B B D
Vývojka (fotogr.)	–	20	A	A
Kyselina octová	10%	20 var	A A	A A
Mastná kyselina	technicky	150 180 200–235	A B C	A A A
Ovocné šťávy	–	všechny	A	A
Tanin (kys. tříslová)	všechny	všechny	A	A
Glycerin	konc.	všechny	A	A
Průmysl. vzduch	–	–	A	A
Manganistan draselný	10%	všechny	A	A
Vápenné mléko	–	všechny	A	A
Oxid uhličitý	–	–	A	A
Octan měďnatý	–	všechny	A	A
Dusičnan měďnatý	–	–	A	A

Agresivní médium	Koncentrace	Teplota v °C	Stupeň odolnosti A2	Stupeň odolnosti A4
Síran měďnatý	všechny	všechny	A	A
Síran hořečnatý	ca. 26%	všechny	A	A
Mořská voda	–	20	A	A
Metylalkohol	všechny	všechny	A	A
Kyselina mléčná	1,5% 10%	všechny 20 var	A A C	A A A
Uhličitan sodný	stud. nasyc.	všechny	A	A
Hydroxid sodný	20 % 50%	20 var 120	A B C	A B C
Dusičnan sodný	–	všechny	A	A
Chloristan sodný	10%	všechny	A	A
Síran sodný	stud. nasyc.	všechny	A	A
Ovoce	–	–	A	A
Oleje (min. a rostl.)	–	všechny	A	A
Kyselina šťavelová	10% 50%	20 var var	B C D	A C C
Petrolej	–	všechny	A	A
Fenol	čistá	var	B	A
Kyselina fosforečná	10% 50% 80% konc.	var 20 var 20 var 20 var	A A C B D B D	A A B A C A D
Rtuť	–	do 50	A	A
Dusičnan rtuťnatý	–	všechny	A	A
Kyselina salicylová	–	20	A	A
Kyselina dusičná	do 40% 50% 90%	všechny 20 var 20 var	A A B A C	A A B A C
Kyselina chlorovodíková	0,2% 2% do 10%	20 50 20 50 20	B C D D D	B B D D D
1% kyselina sírová	do 70% 2,5% 5% 10% 60%	B var do 70 var 20 > 70 20 70 všechny	A B B C B B C C D	B A C A B B C D
Kyselina siřičitá	vodný roztok	20	A	A

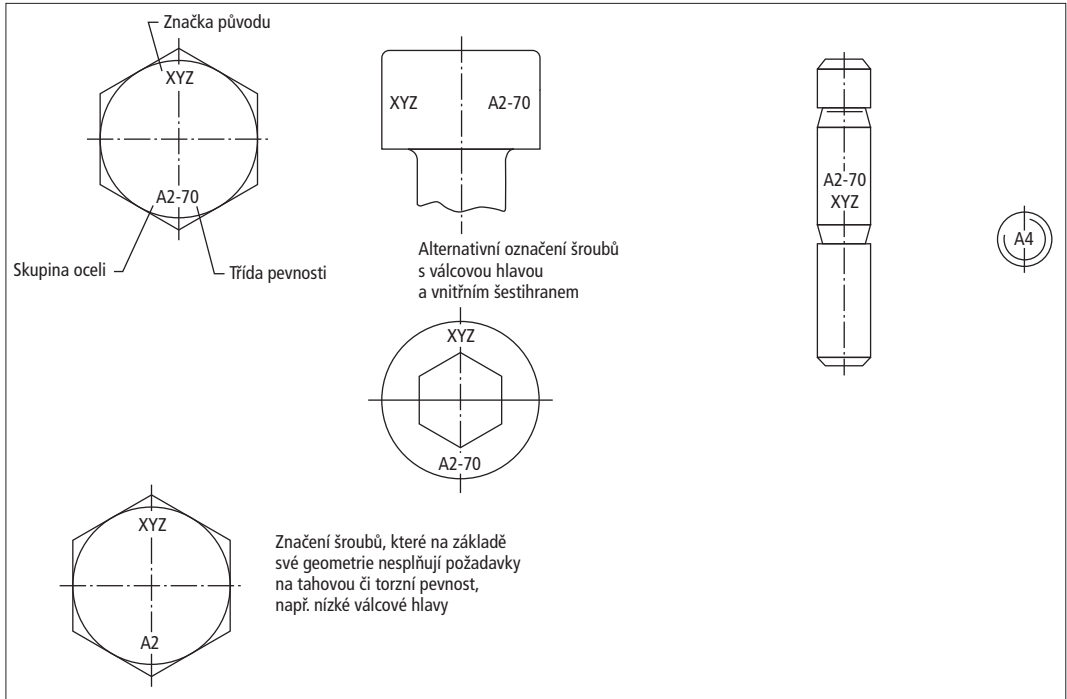
Agresivní médium	Koncentrace	Teplota v °C	Stupeň odolnosti A2	Stupeň odolnosti A4
Oxid siřičitý	–	100–500 900	C D	A C
Tér	–	horký	A	A
Víno	–	20 a horký	A	A
Kyselina vinná	do 10%	20 var	A B	A A
	nad 100%	20	A	A
	do 50%	var	C	C
	75%	var	C	C
Citronová šťáva	–	20	A	A
Kyselina citronová	do 10% 50%	všechny	A	A
		20	A	A
		var	C	B
Roztok cukru	–	všechny	A	A

2.2.6 Vznik cizí rzi

Cizí rez jsou částice uhlíkové oceli („normální“ ocel) ulpělé na povrchu nerezavějící oceli, které se vlivem kyslíku mění v rez. Jestliže se tato místa neočistí a rez neodstraní, může vyvolat i u nerezí elektrochemickou důlkovou korozi.

Cizí rez může vzniknout:

- kontaktem nerezavějícího povrchu s předměty, které rezivějí
- odlétajícími jiskrami při práci s úhlovou bruskou nebo brusným prachem nebo rozstříkem při svařování
- odkapávání vody se rzí na nerezový povrch
- používání nástrojů, se kterými se předtím zpracovávala uhlíková ocel.



Obr. L: Výtah z DIN EN ISO 3506-1

2.3 Značení nerezových šroubů a matic

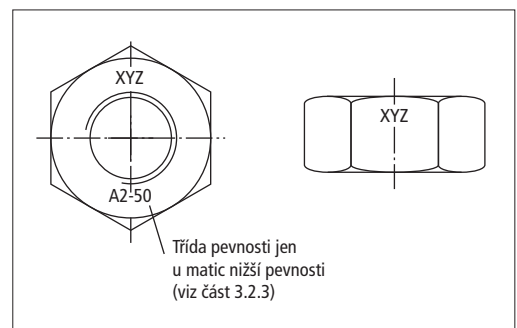
Značení nerezových šroubů a matic musí obsahovat skupinu oceli a třídu pevnosti stejně jako značku výrobce.

Značení šroubů dle DIN EN ISO 3506-1

Šrouby se šestihrannou hlavou a šrouby s válcovou hlavou s vnitřním šestihranem od jmenovitého průměru M5 je třeba zřetelně značit podle systému značení. Značení by mělo být pokud možno na hlavě šroubu.

Značení matic dle DIN EN ISO 3506-2

Matice se jmenovitým průměrem závitu od 5 mm je třeba zřetelně značit dle systému značení. Značení je přípustné jen na kontaktní ploše a smí být jen vyražené. Alternativně je přípustné i označení na kontaktních plochách pro klíč.



Obr. M: Výtah z DIN EN ISO 3506-2

3. INFORMACE O TECHNICKÉM NORMOVÁNÍ ISO – PŘECHOD NA ISO

3.1 Předpisy

Technické normování je unifikací práce v technické oblasti, prováděná společně všemi zainteresovanými okruhy. Jejím účelem je stanovení pojmů, výrobků, postupů aj. v oblasti techniky, jejich uspořádání a sjednocení. Tak se např. pro konstrukce všeho druhu najdou optimální řešení, přičemž se objednávání potřebných konstrukčních dílců výrazně zjednoduší.

Tato sjednocovací práce byla v rámci Německa v minulosti prováděna na národní úrovni Německým institutem pro normování (Deutsches Institut für Normung e.V. - DIN). Dále existují na regionální úrovni evropské normy (EN) a na mezinárodní úrovni normy ISO, vydávané Mezinárodní organizací pro standardizaci.

Národní normy (DIN) jsou/byly z větší části nahrazeny mezinárodními/evropskými normami. Normy DIN budou dále existovat jen pro produkty, pro které nebudou existovat žádné normy EN/ISO.

Mezinárodní normy (ISO) by měly dle zadání a cíle organizace ISO založené v r. 1946 sloužit k celosvětovému sjednocení technických pravidel, a tím zjednodušit výměnu zboží a odbourat překážky obchodu.

Evropské normy (EN) se snaží o harmonizaci technických pravidel a zákonů na společném evropském trhu (EU/EHS) od 1.1.1995. V zásadě by se měly stávající normy ISO přebírat jako normy EN pokud možno nezměněné. Rozdíl mezi normami ISO a EN spočívá v tom, že normy EN je třeba po usnesení Evropské rady neprodleně a beze změny přebírat a zavádět jako národní normy v členských státech – za současného stahování odpovídajících národních norem.

3.1.1 Označení produktů a jejich změny

V řadě případů se zavádění evropských norem označuje za neprůhledné nebo dokonce chaotické. Při podrobnějším pohledu tomu tak, ale není. Řada norem DIN sloužila jako podklad pro normy ISO. Přitom se přešlo od starých norem DIN na nové normy ISO.

Převzme-li se norma ISO beze změny do národních norem, dostane národní norma stejné označení jako odpovídající norma ISO. Matice ISO tedy pak bude na celém světě ISO 4032-M12-8.

V řadě případů nemůže být o přechodu z „DIN na ISO“ v podstatě vůbec řeč, protože už v minulosti byla řada norem DIN převzata do norem ISO. Při harmonizaci jednotlivých norem se sice mění některá označení, ale na produktech samotných se mnoho nemění. Mezitím se začalo při přebírání norem ISO do evropských norem (EN) k číslu normy ISO přičítat číslo 20000 (např. DIN EN ISO 24034). Od tohoto systému označování se však před několika lety opět upustilo a byl nahrazen nyní běžnou formou „DIN EN ISO...“.

Změny označení jsou s ohledem na výrobní podklady nebo objednávací soubory jistě pracné, protože je nutné je dřív nebo později změnit. Ale jedno musí být jasné: čím rychleji se evropské normy sjednotí, tím rychleji z toho vznikne výhoda ve formě odstranění překážek obchodu, příp. konstrukčních prací v rámci Evropy.

Jak již bylo uvedeno, odpovídá obsah řady norem DIN už normám ISO, protože byly zavedeny v okamžiku, kdy „přechod na ISO“ ještě nebyl aktuální.

V případě asi nejdůležitější normy pro šrouby a matice, normy ISO 898-1 „Mechanické vlastnosti spojovacích prvků“ nedochází po europeizaci k žádným změnám, protože tato norma byla od začátku převzata s nezměněným obsahem do německých norem.

Jednou z asi nejdůležitějších změn produktů při harmonizaci norem byla jistě změna velikostí klíčů u všech šestihranných produktů. Týká se to šroubů a matic rozměrů M10, M12 a M14 (u kterých došlo ke zmenšení velikosti klíčů o 1 mm) a M22 (kde je klíč o 2 mm větší).

Odhlédneme-li od těchto čtyř rozměrů, jsou všechny ostatní rozměry šroubů již kompletně identické s ISO. To znamená, že např. DIN 933 M16 x 50-8.8 je jak rozměrově, tak z hlediska technických vlastností naprosto stejná jako ISO 4017 M16 x 50-8.8. Zde je tedy zapotřebí jen změna označení ve výrobních podkladech nebo objednacích souborech.

Naproti tomu zvýšila ISO podle novějších technických poznatků u šestihranných matic výšku, protože se zjistilo, že zvláště při používání moderních utahovacích postupů nebylo možné zaručit odolnost proti stržení závitu. V takovém případě by u spoje nebyla dostatečná jistota, že spoj neselže. Výhradně z tohoto důvodu se naléhavě doporučuje použití matic dle norem ISO.

3.2 Normy ISO jako normy nahrazující DIN

normy DIN jako předchůdci norem ISO

DIN	ISO	DIN	ISO	DIN	ISO	ISO	DIN	ISO	DIN	ISO	DIN
1	2339	931	4014	6914	7412	1051	660/661	4036	439	8673	934
7	2338	933	4017	6915	7414	1207	84	4161	6923	8673	971
84	1207	934	4032	6916	7416	1234	94	4762	912	8674	971-2
85	1580	934	8673	6921	8102	1479	7976	4766	551	8676	961
94	1234	960	8765	6923	4161	1481	7971	7040	982	8677	603
125	7089	961	8676	6924	7040	1482	7972	7040	6924	8733	7979
125	7090	963	2009	6925	7042	1483	7973	7042	980	8734	6325
126	7091	964	2010	7343	8750	1580	85	7042	6925	8735	7979
417	7435	965	7046	7343	8751	2009	963	7045	7985	8736	7978
427	2342	966	7047	7344	8748	2010	964	7046	965	8737	7977
433	7092	971-1	8673	7346	13337	2338	7	7047	966	8738	1440
438	7436	971-2	8674	7971	1481	2339	1	7049	7981	8740	1473
439	4035	980	7042	7972	1482	2341	1434	7050	7982	8741	1474
439	4036	980	10513	7973	1483	2342	427	7051	7983	8742	1475
440	7094	982	7040	7976	1479	2936	911	7072	11024	8744	1471
551	4766	982	10512	7977	8737	4014	931	7089	125	8745	1472
553	7434	985	10511	7978	8736	4016	601	7090	125	8746	1476
555	4034	1440	8738	7979	8733	4017	933	7091	126	8747	1477
558	4018	1444	2341	7979	8735	4018	558	7092	433	8748	7344
601	4016	1471	8744	7981	7049	4026	913	7093	9021	13337	7346
603	8677	1472	8745	7982	7050	4027	914	7094	440	8750	7343
660	1051	1473	8740	7983	7051	4028	915	7412	6914	8751	7343
661	1051	1474	8741	7985	7045	4029	916	7414	6915	8752	1481
911	2936	1475	8742	7991	10642	4032	934	7416	6916	8765	960
912	4762	1476	8746	9021	7093	4034	555	7434	553	10642	7991
913	4026	1477	8747	11024	7072	4035	439	7435	417	10511	985
914	4027	1481	8752					7436	438	10512	982
915	4028	6325	8734					8102	6921	10513	980
916	4029										

3.3 Změny velikosti klíčů DIN - ISO

Velikosti šestihranných klíčů	DIN	ISO
M10	17 mm	16 mm
M12	19 mm	18 mm
M14	22 mm	21 mm
M22	32 mm	34 mm

3.4 Přechod od norem DIN na normy ISO, obecné změny uspořádané podle věcných oblastí

Aktuálně platné normy

3.4.1 Technické dodací podmínky a základní normy

DIN (stará)		DIN (nová), příp. DIN EN	Název	Změna
267 část 20	–	DIN EN ISO 6157-2	Spojovací součásti - Povrchové vady - Matice	nic podstatného
267 část 21	–	DIN EN ISO 10484	Spojovací součásti - Povrchové vady - Matice	nic podstatného
DIN ISO 225	225	DIN EN 20225	Mechanické spojovací součásti - Šrouby a matice - Označování rozměrů (ISO 225:1991)	nic podstatného
DIN ISO 273	273	DIN EN 20273	Mechanické spojovací součásti - Díry pro šrouby (ISO 989-1:1988)	nic podstatného
DIN ISO 989 část 1	898-1	DIN EN ISO 898 část 1	Mechanické vlastnosti spojovacích součástí - Šrouby (ISO 898-1:1988)	nic podstatného
267 část 4	898-2	DIN EN 20898-2	Mechanické vlastnosti spojovacích součástí - Matice se stanovenými hodnotami zkušebního zatížení (ISO 898-2:1992)	nic podstatného
DIN ISO 898 část 6	898-6	DIN EN ISO 898 část 6	Mechanické vlastnosti spojovacích součástí - Matice se stanovenými hodnotami zkušebního zatížení, jemný závit (ISO 898-6:1988)	nic podstatného
267 část 19	6157-1	DIN EN 26157 část 1	Spojovací součásti - Povrchové vady - Matice (ISO 6157-1:1988)	nic podstatného
267 část 19	6157-3	DIN EN 26157 část 3	Spojovací součásti - Povrchové vady - Matice (ISO 6157-3:1988)	nic podstatného
DIN ISO 7721	7721	DIN EN 27721	Šrouby se zápuštnou hlavou - Rozměry hlavy a jejich kontrola (ISO 7721:1983)	nic podstatného
267 část 9	–	DIN ISO 4042	Součásti se závitem - Elektrolyticky vyloučené povlaky	nic podstatného
267 část 1	–	DIN ISO 8992	Všeobecné požadavky na šrouby a matice	nic podstatného
267 část 5	–	DIN EN ISO 3269	Mechanické spojovací součásti - Přejímková kontrola	nic podstatného
267 část 11	–	DIN EN ISO 3506 část 1, 2, 3	Spojovací součásti z nerezavějících ocelí - Technické dodací podmínky	nic podstatného
267 část 12	–	DIN EN ISO 2702	Ocelové šrouby do plechu zakalené - Mechanické vlastnosti	nic podstatného
267 část 18	8839	DIN EN 28839	Mechanické vlastnosti spojovacích součástí - Šrouby a matice vyrobené z nezelezných kovů (ISO 8839:1986)	nic podstatného

3.4.2 Malé metrické šrouby

DIN (stará)	ISO	DIN (nová), příp. DIN EN	Název	Změna
84	1207	DIN EN 21207	Šrouby s válcovou hlavou a drážkou; třída produktu A (ISO 1207:1992)	zčásti výška a průměr hlavy
85	1580	DIN EN 21580	Šrouby s plochou hlavou a drážkou; třída produktu A	zčásti výška a průměr hlavy
963	2009	DIN EN 22009	Šrouby se zápuštnou hlavou a drážkou; tvar A	zčásti výška a průměr hlavy
964	2010	DIN EN 22010	Šrouby s čočkovou zápuštnou hlavou a drážkou; tvar A	zčásti výška a průměr hlavy
965	7046-1	DIN EN 27046-1	Šrouby s válcovou hlavou a křížovou drážkou (jednotná hlava); třída produktu A, třída pevnosti 4.8	zčásti výška a průměr hlavy
965	7046-2	DIN EN 27046-2	Šrouby s válcovou hlavou a křížovou drážkou (jednotná hlava); třída produktu A, třída pevnosti 4.8	zčásti výška a průměr hlavy
966	7047	DIN EN 27047	Šrouby s čočkovou zápuštnou hlavou a křížovou drážkou (jednotná hlava); třída produktu A	zčásti výška a průměr hlavy
7985	7045	DIN EN 27045	Šrouby s plochou hlavou a křížovou drážkou; třída produktu A	zčásti výška a průměr hlavy

3.4.3 Kolíky a čepy

DIN (stará)	ISO	DIN (nová), příp. DIN EN	Název	Změna
1	2339	DIN EN 22339	Kuželové kolíky; nekalené (ISO 2339:1986)	délka l vč. zaoblených konců
7	2338	DIN EN 22338	Válcové kolíky; nekalené (ISO 2339:1986)	délka l vč. zaoblených konců
1440	8738	DIN EN 28738	Podložky pod svorníky; třída produktu A (ISO 8738:1986)	zčásti vnější průměr
1443	2340	DIN EN 22340	Svorníky bez hlavy (ISO 2340:1986)	nic podstatného
1444	2341	DIN EN 22341	Svorníky s hlavou (ISO 2341:1986)	nic podstatného
1470	8739	DIN EN 8739	Válcové rýhované kolíky se zaváděcím koncem (ISO 8739:1997)	nic podstatného
1471	8744	DIN EN 8744	Kuželové rýhované kolíky (ISO 8744:1997)	nic podstatného
1472	8745	DIN EN 8745	Kuželové rýhované kolíky (ISO 8745:1997)	nic podstatného
1473	8740	DIN EN 8740	Kuželové rýhované kolíky (ISO 8740:1997)	nic podstatného
1474	8741	DIN EN 8741	Zasouvací rýhované kolíky (ISO 8741:1997)	nic podstatného
1475	8742	DIN EN 8742	Rýhované kolíky s rýhovanou střední třetinou délky (ISO 8742:1997)	zvýšené střížné síly
1476	8746	DIN EN 8746	Hřeby rýhované půlkulatou hlavou (ISO 8746:1997)	nic podstatného
1477	8747	DIN EN 8747	Hřeby rýhované zápuštnou hlavou (ISO 8747:1997)	nic podstatného
1481	8752	DIN EN 8752	Pružné kolíky; s drážkou (ISO 8752:1997)	škrtnutý úhel fází
6325	8734	DIN EN 8734	Válcové kolíky; kalené (ISO 8734:1997)	forma A/B odpadla
7977	8737	DIN EN 28737	Kolíky kuželové se závitovými čipky; nekalené (ISO 8737:1986)	nic podstatného
7978	8736	DIN EN 28736	Kuželové kolíky s vnitřním závitem; nekalené (ISO 8736:1986)	nic podstatného
7979	8733	DIN EN 8733	Válcové kolíky s vnitřním závitem; nekalené (ISO 8733:1997)	nic podstatného
7979	8735	DIN EN 8735	Válcové kolíky s vnitřním závitem; kalené (ISO 8735:1997)	nic podstatného

3.4.4 Šrouby do plechu

DIN (stará)	ISO	DIN (nová), příp. DIN EN	Název	Změna
7971	1481	DIN ISO 1481	Šrouby do plechu s plochou hlavou a drážkou (ISO 1481:1983)	zčásti výška a průměr hlavy
7972	1482	DIN ISO 1482	Šrouby do plechu s drážkou, zápuštná hlava	zčásti výška a průměr hlavy
7973	1483	DIN ISO 1483	Šrouby do plechu s drážkou, zápuštná čočková hlava	zčásti výška a průměr hlavy
7976	1479	DIN ISO 1479	Šrouby do plechu se šestihrannou hlavou	zčásti výška a průměr hlavy
7981	7049	DIN ISO 7049	Šrouby do plechu s křížovou drážkou, čočková hlava	zčásti výška a průměr hlavy
7982	7050	DIN ISO 7050	Šrouby do plechu s křížovou drážkou, zápuštná hlava	zčásti výška a průměr hlavy
7983	7051	DIN ISO 7051	Šrouby do plechu s křížovou drážkou, zápuštná čočková hlava	zčásti výška a průměr hlavy

3.4.5 Šrouby se šestihrannou hlavou a šestihranné matice

DIN (stará)	ISO	DIN (nová), příp. DIN EN	Název	Změna
439 T1	4036	DIN EN 24036	Šestihranná matice bez sražení (ISO 4036:1979)	4 vel. klíčů
439 T2	4035	DIN EN 24035	Šestihranná matice se sražením (ISO 4036:1979)	4 vel. klíčů
555	4034	DIN EN 24034	Šestihranné matice, třída produktu C	Výška matic a 4 vel. klíčů
558	4018	DIN EN 24018	Šroub s šestihrannou hlavou, závit až k hlavě	4 vel. klíčů
601	4016	DIN EN 24016	Šroub s šestihrannou hlavou a maticí DIN 555	4 vel. klíčů
931	4014	DIN EN 24014	Šroub s šestihrannou hlavou a dřikem	4 vel. klíčů
933	4017	DIN EN 24017	Šrouby s šestihrannou hlavou, závit k hlavě	4 vel. klíčů
934 ISO-Typ 1	4032	DIN EN 24032	Šestihranná matice s normálním metrickým závitem	Výška matic a 4 vel. klíčů
934 ISO-Typ 1	8673	DIN EN 28673	Šestihranná matice s jemným metrickým závitem	Výška matic a 4 vel. klíčů
960	8765	DIN EN 28765	Šrouby s šestihrannou hlavou s dřikem a metrickým jemným závitem	4 vel. klíčů
961	8676	DIN EN 28676	Šrouby s šestihrannou hlavou 10.9, závit až k hlavě	4 vel. klíčů

3.4.6 Stavěcí šrouby

DIN (stará)	ISO	DIN (nová), příp. DIN EN	Název	Změna
417	7435	DIN EN 27435	Stavěcí šrouby s drážkou a čepem (ISO 7431:1983)	nic podstatného
438	7436	DIN EN 27436	Stavěcí šrouby s drážkou a kruhovým zápichem (ISO 7436:1983)	nic podstatného
551	4766	DIN EN 24766	Stavěcí šrouby s drážkou a kuželovým koncem (ISO 7466:1983)	nic podstatného
553	7434	DIN EN 27434	Stavěcí šrouby s drážkou a špičkou (ISO 7431:1983)	nic podstatného
913	4026	DIN 913		nic podstatného

DIN (stará)	ISO	DIN (nová), příp. DIN EN	Název	Změna
914	4027	DIN 914	Stavěcí šrouby s vnitřním šestihranem a špičkou	nic podstatného
915	4028	DIN 915	Stavěcí šrouby s vnitřním šestihranem a čepem	nic podstatného
916	4029	DIN 916	Stavěcí šrouby s vnitřním šestihranem a kuželovým důlkem	nic podstatného

3.5 Rozměrové změny u šroubů se šestihrannou hlavou a šestihranných matic

Jmen. rozměr d	Velikost klíče s		Výška matice m min. - max			
	DIN	ISO	DIN 555	ISO 4034 ISO-Typ 1	DIN 934	ISO 4032 (RG) 8673 (FG) typ ISO 1
M1	2,5	–	–	0,55–0,8	0,55–0,8	–
M1,2	3	–	–	–	0,75–1	–
M1,4	3	–	–	–	0,95–1,2	–
M1,6	3,2	–	–	–	1,05–1,3	1,05–1,3
M2	4	–	–	–	1,35–1,6	1,35–1,6
M2,5	5	–	–	–	1,75–2	1,75–2
M3	5,5	–	–	–	2,15–2,4	2,15–2,4
(M3,5)	6	–	–	–	2,55–2,8	2,55–2,8
M4	7	–	–	–	2,9–3,2	2,9–3,2
M5	8	–	3,4–4,6	4,9–5,6	3,7–4	4,4–4,7
M6	10	–	4,4–5,6	4,6–6,1	4,7–5	4,9–5,2
(M7)	11	–	–	–	5,2–5,5	–
M8	13	–	5,75–7,25	6,4–7,9	6,14–6,5	6,44–6,8
M10	17	16	7,25–8,75	8–9,5	7,64–8	8,04–8,4
M12	19	18	9,25–10,75	10,4–12,2	9,64–10	10,37–10,8
(M14)	22	21	–	12,1–13,9	10,3–11	12,1–12,8
M16	24	–	12,1–13,1	14,1–15,9	12,3–13	14,1–14,8
(M18)	27	–	–	15,1–16,9	14,3–15	15,1–15,8
M20	30	–	15,1–16,9	16,9–19	14,9–16	16,9–18
(M22)	32	34	17,1–18,9	18,1–20,2	16,9–18	18,1–19,4
M24	36	–	17,95–20,05	20,2–22,3	17,7–19	20,2–21,5
(M27)	41	–	20,95–23,05	22,6–24,7	20,7–22	22,5–23,8
M30	46	–	22,95–25,05	24,3–26,4	22,7–24	24,3–25,6
(M33)	50	–	24,95–27,05	27,4–29,5	24,7–26	27,4–28,7
M36	55	–	27,95–30,05	29,4–31,9	27,4–29	29,4–31
(M39)	60	–	29,75–32,25	31,8–34,3	29,4–31	31,8–33,4
M42	65	–	32,75–35,25	32,4–34,9	32,4–34	32,4–34
(M45)	70	–	34,75–37,25	34,4–36,9	34,4–36	34,4–36
M48	75	–	36,75–39,25	36,4–38,9	36,4–38	36,4–38
(M52)	80	–	40,75–43,25	40,4–42,9	40,4–42	40,4–42
M56	85	–	43,75–46,25	43,4–45,9	43,4–45	43,4–45
(M60)	90	–	46,75–49,25	46,4–48,9	46,4–48	46,4–48
M64	95	–	49,5–52,5	49,4–52,4	49,1–51	49,1–51
>M64	–	–	do M100*6	–	do M100*6	–/–

INFORMACE

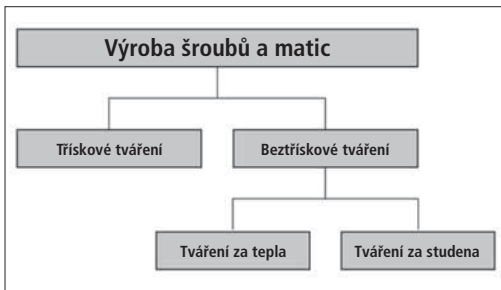
Jmen. rozměr d		Velikost klíče s	Výška matice m min. - max			
Faktor výšky matice m/d přibližně		≤ M4	–	–	0,8	0,8
		M5–M39	0,8	0,83–1,12		0,84–0,93
		≥ M42		~0,8		0,8
Třída produktu			C (hrubá)		≤ M16 = A (střední) >M16 = B (stř. hrubá)	
Tolerance závitu			7 H		6 H	
Třída pevnosti Ocel	Jádrová oblast ~M5-39		5 M16 < d ≤ M39 = 4,5		6,8,10 (ISO 8673 = tř. pevnosti 10 ≤ M16)	
	>M39		podle dohody		podle dohody	
Mechanické vlastnosti dle normy			DIN 267 část 4	ISO 898 část 2 (RG) d ≤ M39	DIN 267 část 4	ISO 898 část 2 (RG) část 6 (FG)
RG – normální závit, FG – jemná závit						

4. VÝROBA ŠROUBŮ A MATIC

4.1 Výrobní postupy

V zásadě rozlišujeme následující výrobní postupy: beztržiskové a tržiskové tváření. U beztržiskového tváření se navíc rozlišuje mezi tvářením za studena a za tepla.

Následující schéma výrobní postupy ještě jednou ozejmí:



Obr. N: Přehled různých výrobních postupů

4.1.1 Tváření za studena (lisování za studena)

V dnešní spojovací technice se většina spojovacích prvků vyrábí lisováním za studena. Zde se většinou ve víceetapových procesech spojovací prvek tváří pěchováním, protlačováním a redukováním nebo kombinací těchto postupů. Pro tento druh výroby se razí pojem masivní tváření za studena nebo tváření za studena.

Tento postup se zpravidla používá při vysokém počtu kusů v sérii, protože je z hospodářského hlediska nejracionálnější.

Výběr vhodných tvářecích strojů závisí na velikosti spojovacího prvku a míře tváření. Čím více tváření je třeba, tím více tvářecích stupňů je zapotřebí. K tváření za studena nejsou vhodné ostrohranné přechody ani tenké profily a vedou k vyššímu opotřebení nástrojů.

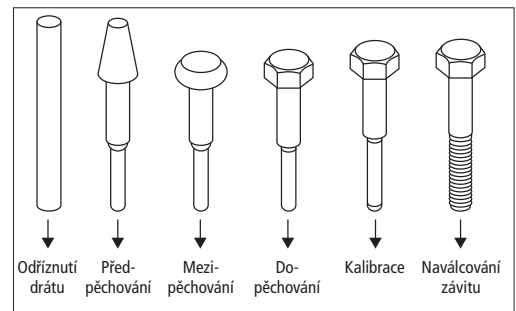
Rozhodující roli z hlediska kvality konečného produktu hraje výběr a kvalita výchozího materiálu (drátu). Zpravidla dostává výrobce šroubů drát navinutý na rolích o hmotnosti části více než 1.000 kg.

Aby se dal drát bezvadně zpracovat a aby se minimalizovalo opotřebení nástrojů, obvykle se fosfátuje.

Konstruktor šroubu nebo spojovacího prvku se pokouší již při vývoji uvést do rovnováhy výhody a nevýhody různých materiálů s požadavky kladenými na spojovací prvek.

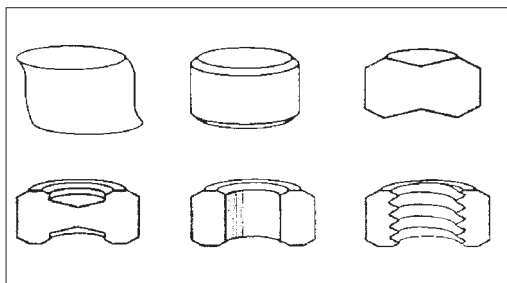
U materiálů se rozlišují vedle nerezavějících ocelí i nelegované a legované oceli. Požadují-li se např. zvýšené pevnosti, je nezbytné nutné díly po tváření podrobit tepelné úpravě, aby se daly cíleně ovlivnit mechanické vlastnosti.

Schéma stupňů výroby šroubu se šestihyannou hlavou



I matice se normálně vyrábějí tvářením za studena nebo za tepla. Použití toho kterého postupu záleží na velikosti a potřebném počtu kusů.

Schéma stupňů výroby šestihřanné matice



Přednosti tváření za studena:

- optimální využití materiálu
- vysoký množstevní výkon
- vysoká přesnost rozměrů a kvalita povrchu
- zvýšení pevnosti zpevněním za studena
- v lisovaných dílech probíhají vlákna tak, jak je optimální při namáhání produktu

4.1.2 Tváření za tepla

Tímto výrobním postupem se vyrábějí zejména velké průměry počínaje od asi M27 a velké délky počínaje od cca 300 mm. Dále přicházejí v úvahu díly, které nelze kvůli nízkému počtu kusů nebo také velmi vysokého stupně tváření vyrobit lisováním za studena.

U tohoto postupu se výchozí materiál (zpravidla tyčový materiál) zcela nebo jen zčásti roztaví na teplotu kování. Tento ohřev umožňuje provést komplikované geometrie nebo velmi vysoký stupeň tváření. Typickým rysem dílu tvářeného za tepla je drsná povrchová struktura. Zpevnění za studena, při tváření za tepla neprobíhá!

Přednosti tváření za tepla:

- možnost výroby složitých geometrických tvarů
- nízké počty kusů
- velké průměry a délky

4.1.3 Výroba třískovým obráběním

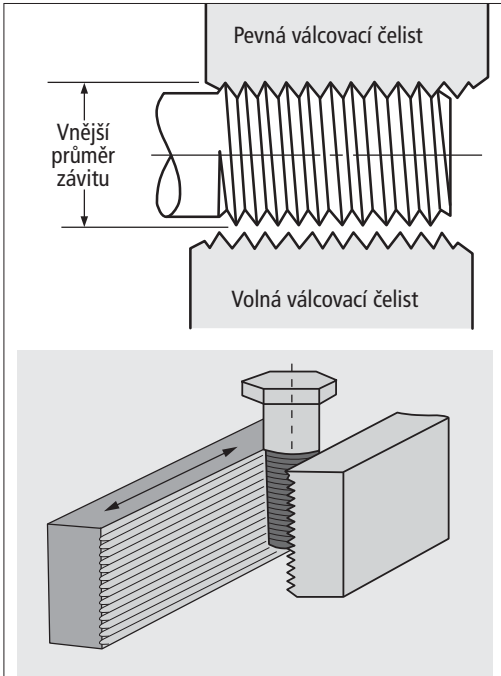
Pod pojmem třískové obrábění se obvykle rozumí frézování, soustružení, broušení nebo stružení. Nejběžnější metoda ve vztahu k spojovacím prvkům je soustružení, ztratilo však svůj význam na základě technických možností lisování za studena.

Při soustružení se požadovaná kontura dílu snese třískovým obráběním soustružnickým nožem z výchozího materiálu. Průměr výchozího materiálu se řídí podle největšího průměru dílu. Zpravidla se používá tyčový materiál do délky až 6 m. Při tomto výrobním procesu se na rozdíl od tváření za studena či za tepla narušuje průběh vláken.

Tyto výrobní postupy se uplatňují tehdy, když buď nejsou velké počty kusů v sérii, nebo se nedá dodržet geometrie dílů kvůli ostrým hranám, malým poloměřům nebo také těsným rozměrům při postupech tváření za studena/za tepla. U tohoto výrobního postupu lze bez problému dosáhnout drsností povrchu Ra 0,4 nebo Rz 1,7. U velmi vysokých počtů kusů se často surové díly vyrábí lisováním za studena a poté se třískově obrobí

4.2 Výroba závitů

Při masové výrobě šroubů se závit obvykle tváří nebo válcuje. U tohoto postupu se šroub otáčí mezi dvěma válcovacími (plochými) čelistmi, z nichž jedna je pevná a druhá pohyblivá, takže vzniká závit (viz obrázek). Při tomto druhu výroby závitů lze za minutu opatřit závitěm několik stovek šroubů. Aplikace závitů probíhá zpravidla před zušlechťením. Aplikuje-li se závit kvůli zvláštním požadavkům po procesu tepelné úpravy, hovoříme o „závitu aplikovaném na závěr“ (schlussgerolltes Gewinde).



Další postupy vytváření závitu: Zapichovací postup

Se stejným počtem otáček poháněné nástrojové válečky mají stejný směr otáčení. Obrobek se otáčí, aniž by se axiálně posouval. Tímto postupem se dají vyrobit závity s velmi vysokou přesností stoupání.

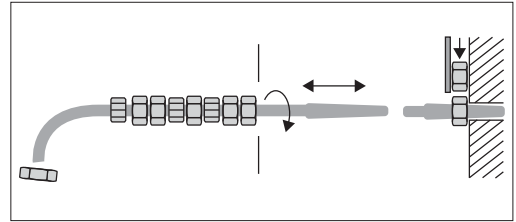
Průběhový postup

Stoupání závitu se generuje sklonem os váleček v úhlu stoupání. Obrobek se posouvá axiálně a přitom se pohybuje při jedné plné otáčce o jedno stoupání závitu v axiálním směru. Takto lze vyrábět zvláště dlouhé závity.

Řezání závitu

Tímto postupem se závit vytvoří pomocí závitníku nebo závitnice. Používá se u šroubů zpravidla jen u velmi nízkých počtů kusů nebo u dílů vyrobených třískovým obráběním.

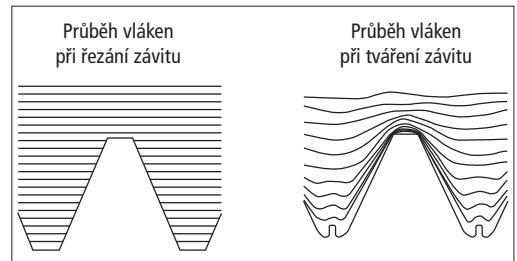
Při výrobě závitu matice vypadá situace jinak. Zde se závit většinou řeže závitníkem nebo plovoucím závitníkem.



Řezání závitu na automatu pomocí plovoucího závitníku

4.2.1 Průběh vláken

Z obou obrázků jsou zřejmé rozdíly mezi válcovaným a řezaným závitem. Při tváření závitu se materiál ještě jednou za studena zpevní a vlákna se nepřerouší. Výchozí průměr šroubu je zhruba průměr vrcholu zubů. Při řezání závitu je výchozí průměr čepu roven jmenovitému průměru závitu. Při řezání se vlákna přerouší.



4.3 Tepelná úprava

4.3.1 Tepelné zušlechťení

Kombinací „kalení“ a následného „popouštění“ označujeme jako zušlechťování.

Zušlechťování je předepsané pro šrouby od třídy pevnosti 8.8 dle DIN EN ISO 898 část 1 a pro matice dle DIN EN 20898 část 2 ve třídě pevnosti 05 a 8 (>M16) a od třídy pevnosti 10.

4.3.2 Kalení

Šroub se mj. v závislosti na svém obsahu uhlíku ohřeje na určitou teplotu a na ní se delší dobu drží. Přitom se mění struktura. Následným ochlazením (vodou, olejem atd.) se dosáhne značného zvýšení tvrdosti.

4.3.3 Popouštění

Jako sklo tvrdý, a tedy i křehký materiál nelze v tomto stavu v praxi použít. Nyní je ještě třeba materiál ohřát na minimální teplotu předepsanou normou, aby se snížilo pnutí ve struktuře. Tímto opatřením se sice sníží předtím dosažená tvrdost (přesto však zůstane zřetelně vyšší oproti hodnotám neošetřeného materiálu), ale dosáhne se větší tuhosti. Tento postup je tedy důležitou pomůckou pro výrobce, jak vyrobit šrouby tak, aby odpovídaly požadavkům, které na ně klade praxe.

4.3.4 Cementování (povrchové vytvrzení)

Tento postup se používá mj. u šroubů do plechu, závitových a samozávrtných šroubů. Přitom je rozhodující vysoká tvrdost povrchu, aby šrouby byly schopné si závit samočinně vyříznout. Jádro šroubu je naproti tomu měkké.

U těchto druhů šroubů se používají oceli s obsahem uhlíku od 0,05 do 0,2%. Ty se zahřejí a delší dobu se drží v prostředí odevzdávajícím uhlík (např. v metanu). Uhlík difunduje do okrajových zón, a tím zvýší místně obsah uhlíku. Tento postup se označuje jako cementování nebo nauhlíkování. Poté se materiál ochladí, a tím se v okrajové zóně vytvrdí. To má tu výhodu, že povrch bude velmi tvrdý, zatímco v jádru šroubu zůstane dostatečně houževnatý.

4.3.5 Žihání

Existuje řada různých žihacích postupů, které mají různé účinky na strukturu a na napěťové stavy v materiálu. Velmi důležitým postupem v souvislosti se spojovacími prvky je žihání kvůli snížení pnutí (nahřátí na asi 600°C a delší výdrž). Při tváření za studena vzniklé ztužení za studena lze žiháním kvůli snížení pnutí vrátit zpět. To je zvláště důležité u šroubů pevnostních tříd 4.6 a 5.6, protože zde musí být šroub dost natažený.

4.3.6 Temperování

Pod pojmem temperování se rozumí tepelná úprava vysoce pevných dílů (pevnosti ≥ 1.000 MPa nebo tvrdosti ≥ 320 HV) s cílem minimalizovat nebezpečí vodíkového zkrěhnutí. Temperování se musí provést nejpozději 4 h po ukončení galvanické povrchové úpravy. Minimální teplota se řídí podle tříd pevnosti, příp. použitých materiálů.

5. POVRCHOVÁ OCHRANA

5.1 Korozie

Zhruba 4 % hrubého sociálního produktu západního průmyslového státu se zničí korozi.

Asi 25% z toho by se dalo předejít aplikací současných znalostí.

Korozie je reakce kovového materiálu s jeho okolím, která má za následek měřitelnou změnu materiálu a může vést k narušení funkčnosti dílce nebo celého systému.

Každý z nás může korozi každodenně pozorovat:

- rez na vozidlech, zábradlích a plotech
- plíživé ničení silničních staveb, mostů a budov
- netěsnosti ve vedení vody a topení z oceli

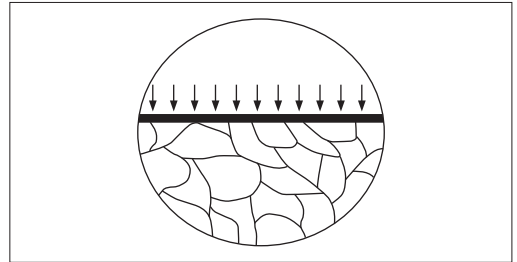
Korozí nelze zastavit - lze však správným plánováním vhodných opatření proti korozi omezit její způsobené škody.

„Korozní systém šroubovaného spoje“ by měl být za podmínky použití nejméně tak odolný vůči korozi jako spojované díly.

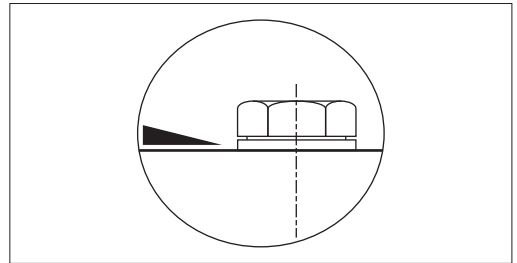
Úkolem konstruktéra je určit potřebná opatření na ochranu proti korozi. Přitom je třeba zohlednit kapacitu systému na ochranu proti korozi a okolní podmínky.

Vzhled koroze může být různý (druhy koroze viz DIN 50900).

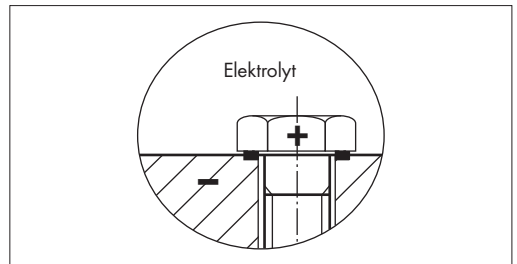
5.2 Druhy koroze



Plošná koroze, např. rez



Štěrbínová koroze



Kontaktní koroze

Rychlosti odběru materiálu, orientační hodnoty v μm za rok

Médium	Nechromátovaný zinek	Mosaz Ms 63	Měď CuNi 1,5 Si	Nelegovaná nechráněná ocel
Venkovský vzduch	1–3	≤ 4	≤ 2	≤ 80
Městský vzduch	≤ 6	≤ 4	≤ 2	≤ 270
Průmyslový vzduch	6–20	≤ 8	≤ 4	≤ 170
Mořský vzduch	2–15	≤ 6	≤ 3	≤ 170

Tab. 1

5.3 Často používané druhy potahů spojovacích prvků

5.3.1 Nekovové vrstvy aplikované postupy povrchové úpravy

Označení	Postup	Aplikace	Odolnost vůči korozi
Naolejování	Namočení obrobků do oleje	Ocelové dílce bez povrchové úpravy Vhodné pro krátkodobou ochranu vůči korozi, např. při transportu	nedefinovaná
Brynění (DIN 50938)	Obrobky se namočí do kyselých nebo zásaditých roztoků. Reakcí vzniká vrstva oxidů (hnědé)černé barvy. Nevytváří se vrstva Účel: tvorba slabé povrchové vrstvy na povrchu Nedochází k vodíkovému křehnutí	Části zbraní Měry a měřicí technika	V testu s nástřikem slané mlhy asi 0,5 h Olej na ochranu vůči korozi může odolnost zvýšit
Fosfátování (DIN EN 12476)	Rozlišuje se železné/zinkové/manganové fosfátování. Obrobky se ponoří do lázně fosfátu kovu. Vzniká vrstva o tloušťce 2 - 15 μm (v závislosti na systému)	Tváření oceli za studena Spojení s prostředky ochrany vůči korozi Snížení opotřebení při manganovém fosfátování Podklad pro vrstvu laku (brání rzi mezi lakem a materiálem)	V testu s nástřikem slané mlhy asi 3 h Olej na ochranu vůči korozi může odolnost zvýšit

Tab. 2

5.3.2 Kovové vrstvy aplikované postupy povrchové úpravy

Označení	Postup	Aplikace	Odolnost vůči korozi
Galvanické pozinkování (ISO 4042, DIN 50979)	Vylučování kovu v galvanické lázni Následná úprava pasivací Variantně se zavřením pórů	V oblastech s nízkým až středním namáháním korozi, např. všeobecné strojírenství, elektrotechnika - tepelná zatížitelnost v závislosti na systému 80°C - 120°C	Odolnost vůči korozi do 200 h vůči korozi základního kovu (červená rez) v testu nástřiku solného roztoku dle DIN 50021 SS (ISO 9227) (tloušťky vrstev a v závislosti na systému)
Galvanická zinková legovaná vrstva (zinek - železo) (zinek - nikl) (ISO 4042, DIN 50979)	Vylučování kovu v galvanické lázni Následná úprava pasivací Variantně se zavřením pórů	V oblastech s vysokým namáháním korozi, např. u dílců v motorovém prostoru nebo na brzdách, kde je normální galvanické pozinkování přetíženo jak velkým teplem, tak vlivem posypové soli v zimě	Nejvyšší katodická ochrana proti korozi - již při tloušťkách vrstev od 5 μm (důležité pro do sebe pasující díly) žádné objemné produkty koroze u zink-niklu) Odolnost vůči korozi základního kovu do 720 (červená rez) v testu nástřiku solného roztoku dle DIN 50021 SS (ISO 9227) (tloušťky vrstev a v závislosti na systému)

Označení	Postup	Aplikace	Odolnost vůči korozi
Galvanické poniklování (DIN EN 12540)	Vylučování kovu v galvanické lázni Volitelně s impregnací	V oblastech velmi nízkého namáhání korozi, např. dekorativní aplikace v interiéru	Nikl nemůže převzít vůči oceli funkci reakční anody vzhledem ke svým elektrochemickým vlastnostem.
Galvanické pochromování (DIN EN 12540)	Odlučování kovu v galvanické lázni Většinou jako povlak na poniklovaných površích Tloušťka chromové vrstvy většinou mezi 0,2 a 0,5 μm	V oblastech velmi nízkého namáhání korozi, např. dekorativní aplikace v interiéru Složka vícevrstevného systému, např. měď-nikl-chrom	Chrom nemůže převzít vůči oceli funkci reakční anody vzhledem ke svým elektrochemickým vlastnostem.
Mechanické pozinkování (DIN EN 12540)	Kovový prášek se na dílce aplikuje kladivem, skleněné perličky slouží jako „nárazový materiál“. Povrchová úprava se provádí pomocí chemického média, bez použití proudu Povrchová úprava se provádí při pokojové teplotě	Pojistné podložky, vysoce pevné pružné díly (během aplikace nehrozí nebezpečí vodíkového zkréhnutí)	Odolnost vůči korozi až 144 h oproti korozi základního materiálu (červená rez) v testu s rozstříknutou slanou vodou dle DIN 50021 SS (ISO 9227) (závisí na tloušťce vrstvy a systému)

Tab. 3

5.3.3 Jiné typy vrstev aplikovaných postupy povrchové úpravy

Postup	Vysvětlivky	Maximální aplikační teplota
Veralizace	Speciální tvrdé poniklování	
Pomosazení	Nánosy mosazi se používají hlavně pro dekorativní účely. Kromě toho se pomosazují ocelové díly, aby se zlepšila přilnavost gumy na oceli.	
Pomědění	Je-li to třeba, jako mezivrstva před poniklováním, pochromováním a postříbřením. Jako krycí vrstva pro dekorativní účely.	
Postříbření	Nánosy stříbra se používají k dekorativním a technickým účelům.	
Pocínování	Pocínování se používá hlavně k dosažení, příp. zlepšení letovatelnosti (měkkou pájkou). Slouží současně jako ochrana vůči korozi. Následná tepelná úprava není možná.	
Eloxace	Anodickou oxidací se u hliníku vytvoří ochranná vrstva, která působí proti korozi a brání vzniku skvrn. Pro dekorativní účely lze prakticky dosáhnout všech barevných odstínů.	
Ruspertizace	Vysoce kvalitní lamelová vrstva zinku a hliníku, dá se vyrobit v nejrůznějších barvách. Podle tloušťky vrstvy 500 nebo 1000 h v testu s rozstříknutou slanou vodou dle DIN 50021.	
Brynýrování (černění)	Chemický postup. Teplota lázně s asi 140°C s následným naolejováním. Pro dekorativní účely, jen lehká ochrana vůči korozi.	
Černění (nerez)	Chemický postup. Umožňuje ovlivnění odolnosti vůči korozi u A1-A5. Pro dekorativní účely. Není vhodné pro vnější aplikace.	70 °C
Aplikace vrstvy polyseal	Podle běžného ponorného postupu se nejprve aplikuje vrstva fosfátu zinečnatého. Poté se nanese organická ochranná vrstva, která se vytvrdí při asi 200°C. Poté se navíc ještě aplikuje olej na ochranu proti rzi. Tento ochranný nátěr se dá provést v různých barvách (tloušťka vrstvy asi 12 μm).	
Impregnace	Především u poniklovaných dílů lze mikropóry uzavřít vo m pomocí dodatečné úpravy v „odvodňovací kapaline“. Podstatné zvýšení odolnosti vůči korozi. Voskový film je suchý, neviditelný.	

Tab. 4

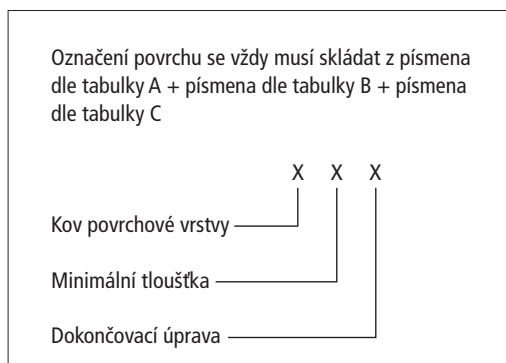
5.4 Normování galvanických systémů ochrany vůči korozi

5.4.1 Systém značení dle DIN EN ISO 4042

Nejběžnější systém ke krátkému označení galvanických povrchů na spojovacích prvcích je norma DIN EN ISO 4042. Tato norma stanoví v první řadě rozměrové požadavky na spojovací prvky ze slitin oceli a mědi, které se mají opatřit galvanickou vrstvou. Stanoví tloušťky vrstev a uvádí doporučení ke snížení nebezpečí vodíkového zkrěhnutí u spojovacích prvků vysoké pevnosti nebo tvrdosti a u povrchově tvrzených spojovacích prvků.

DIN EN ISO 4042 nerozlišuje mezi povrchovou úpravou s obsahem šestimocného chromu a bez něj.

Příklad



Tabulka A Kov/slitina povrchové vrstvy

Kov/slitina povrchové vrstvy		Písmeno označení
Chemická značka	Prvek	
Zn	zinek	A
Cd	kadmium	B
Cu	měď	C
CuZn	měď-zinek	D
Ni	nikl	E
Ni b Cr	nikl-chrom	F
CuNi b	měď-nikl	G
CuNi Cr	měď-nikl-chrom	H
Sn	cín	J
CuSn	měď-cín	K
Ag	stříbro	L
CuAg	měď-stříbro	N
ZnNi	zinek-nikl	P

Kov/slitina povrchové vrstvy		Písmeno označení
Chemická značka	Prvek	
ZnCo	zinek-kobalt	O
ZnFe	zinek-železo	R

Tab. 5: Výtah z ISO 4042

Tabulka B Tloušťky vrstev

Tloušťka vrstvy v μm		Písmeno označení
Kov povrchové vrstvy	Dva kovy povrchové vrstvy	
Nepředepsaná tloušťka vrstvy	–	0
3	–	1
5	2+3	2
8	3+5	3
10	4+6	9
12	4+8	4
15	5+10	5
20	8+12	6
25	10+15	7
30	12+18	8

Tab. 6: Výtah z ISO 4042

Tabulka C Pasivace/chromátování

Stupeň lesku	Pasivace chromátováním	Písmeno označení
matný	bezbarvý	A
	modrý až modravě duhový	B
	žlutavě bílý až žlutohnědý duhový	C
	olivově zelený až olivově hnědý	D
bez povrchové úpravy	bezbarvý	E
	modrý až modravě duhový	F
	žlutavě bílý až žlutohnědý duhový	G
	olivově zelený až olivově hnědý	H
lesklý	bezbarvý	J
	modrý až modravě duhový	K
	žlutavě bílý až žlutohnědý duhový	L
	olivově zelený až olivově hnědý	M
vyšoký lesk	bezbarvý	N
libovolný	jako B, C nebo D	P
matný	hnědočerný až černý	R
bez povrchové úpravy	hnědočerný až černý	S
lesklý	hnědočerný až černý	T
všechny stupně lesku	bez chromátování	U

Tab. 7: Výtah z ISO 4042

5.4.2 Orientační hodnoty odolnosti vůči korozi pro zkoušku v solné mlze DIN 50021 SS (ISO 9227)

Skupina postupů	Označení chromátování	Vlastní barva chromátové vrstvy	Označení dle ISO 4042	Jmenovitá tloušťka vrstvy	Bílá rez h	Červená rez h
Bezbarvá pasivace	A	transparentní	A1A, A1E, A1J	3	2	12
			A2A, A2E, A2J	5	6	24
			A3A, A3E, A3J	8	6	48
Modrá pasivace	B	modrá duhová	A1B, A1F, A1K	3	6	12
			A2B, A2F, A2K	5	12	36
			A3B, A3F, A3K	8	24	72
Žluté chromátování	C	žlutá duhová	A1C, A1G, A1L	3	24	24
			A2C, A2G, A2L	5	48	72
			A3C, A3G, A3L	8	72	120
Olivové chromátování	D	olivově zelená	A1D, A1H, A1M	3	24	24
			A2D, A2H, A2M	5	72	96
			A3D, A3H, A3M	8	96	144
Černé chromátování	BK	hnědočerná až černá	A1R, A1S, A1T	3	12	36
			A2R, A2S, A2T	5	12	72
			A3R, A3S, A3T	8	24	96

Tab. 8

5.4.3 Systém značení dle DIN 50979

Tato norma platí pro galvanicky vyloučené pasivované zinkové a zinkem legované povrstvení bez šestimocného chromu na železných materiálech. Zinkem legované povrstvení obsahuje jako legovací komponenty nikl nebo železo (zinek/nikl, zinek/železo).

Hlavním účelem po užití povrstvení, příp. povrstvovacích systémů je ochrana dílů z železných materiálů vůči korozi. Tato norma definuje pro dále uvedené povrstvovací systémy označení a stanovuje minimální odolnosti vůči korozi v popsaných testovacích postupech a pro to potřebné minimální tloušťky vrstev.

5.4.4 Značení galvanicky aplikovaných vrstev

Galvanické povrstvení se skládá ze zinku nebo zinkových přísad.

Krátké označení	Definice
Zn	Zinkové povrstvení bez přidaného legovacího partnera
ZnFe	Legování zinkem s hmotnostním podílem 0,3 - 1,0 % železa
ZnNi	Legování zinkem s hmotnostním podílem 12 - 16 % niklu

Tab. 9: Výťah z DIN 50979

5.4.5 Pasivace

Pasivace je výroba konverzních vrstev ošetření vhodnými roztoky bez obsahu šestimocného chromu, aby se snížila odolnost povrstvení vůči korozi. Možná jsou zabarvení.

Skupina postupů, příp. pasivace	Krátké označení	Vzhled povrchu	Poznámka
Transparentně pasivovaný	An	Bezbarvý až barevně duhový	Často označeno jako „tenkovrstevná pasivace“
Duhově pasivovaný	Cn	Barevně duhový	Často označeno jako „silnovrstevná pasivace“
Černá pasivace	Fn	Černý	

Tab. 10: Výťah z DIN 50979

5.4.6 Vrstvy uzavírající povrch

Vrstvy uzavírající povrch zvyšují odolnost vůči korozi a mají obvykle tloušťku vrstvy do 2 µm. Obvykle se skládají z organických anebo anorganických sloučenin bez obsahu šestimocného chromu.

Produkty odstranitelné čištěním za studena, např. na bázi oleje, tuku, vosku, se v rámci této normy nepovažují za vrstvy uzavírající povrch. Vliv těchto vrstev na funkční vlastnosti dílu jako např. přechodový odpor, svařitelnost, snášenlivost vůči provozním látkám, lepené spoje je třeba posuzovat specificky pro konstrukční dílce. U zvláštních nároků na funkčnost povrchu se musí dohodnout použití vrstvy uzavírající povrch stejně jako druh prostředku na uzavření povrchu, protože škála možných povrchových modifikací vrstvami uzavírajícími povrch je velká.

Většinou se vrstvami uzavírajícími povrch odstraňují i interferenční barvy tvořené pasivací (iridizace)

Krátké označení	Popis
T0	bez uzavření
T2	s uzavřením

Tab. 11: Výťah z DIN 50979

5.4.7 Minimální tloušťky vrstev a doba trvání zkoušky

Druh povrchové vrstvy	Způsob provedení	Druh procesu	Bez přetahové koroze	Minimální doba testování v hodinách. Bez koroze podkladového materiálu (v závislosti na tloušťce vrstvy zinku nebo jeho slitin)		
				5 µm	8 µm	12 µm
galv. povrstvení zinkem, transparentně pasivovaný	Zn/An/T0	Buben	8	48	72	96
		Stojan	16	72	96	120
galv. povrstvení zinkem, duhově pasivovaný	Zn/Cn/T0	Buben	72	144	216	288
		Stojan	120	192	264	336
galv. povrstvení zinkem, duhově pasivovaný a uzavřený	Zn/Cn/T2	Buben	120	192	264	360
		Stojan	168	264	360	480
galv. legování zinkem-železem, duhově pasivovaný	ZnFe/Cn/T0	Buben	96	168	240	312
		Stojan	168	240	312	384
galv. legování zinkem-železem, duhově pasivovaný a uzavřený	ZnFe/Cn/T2	Buben	144	216	288	384
		Stojan	216	312	408	528
galv. legování zinkem-niklem, duhově pasivovaný	ZnNi/Cn/T0	Buben	120	480	720	720
		Stojan	192	600	720	720
galv. legování zinkem-niklem, duhově pasivovaný a uzavřený	ZnNi/Cn/T2	Buben	168	600	720	720
		Stojan	360	720	720	720
galv. legování zinkem-železem, černě pasivovaný a uzavřený	ZnFe/Fn/T2	Buben	120	192	264	360
		Stojan	168	264	360	480
galv. legování zinkem-niklem, černě pasivovaný a uzavřený	ZnNi/Fn/T2	Buben	168	480	720	720
		Stojan	240	600	720	720
galv. legování zinkem-niklem, černě pasivovaný	ZnNi/Fn/T0	Buben	48	480	720	720
		Stojan	72	600	720	720

Tab. 12: Výtah z DIN 50979

Příklady označení:

Z Povrstvení slitinou zinku/niklu na dílu z oceli (Fe), s nejmenší místní tloušťkou vrstvy 8 µm (8) a duhově pasivovaný (Cn), bez uzavření (T0)
Fe//ZnNi8//Cn//T0

Povrstvení slitinou zinku/železa na dílu z oceli (Fe), s nejmenší místní tloušťkou vrstvy 5 µm (5) a černě pasivovaný (Fn), s uzavřením (T2)
Fe//ZnFe5//Fn//T2

5.5 Normování neelektrolyticky nanášených protikoročních systémů

5.5.1 Systémy zinkových lamel

Povrstvované díly se ponoří v odstředivém koši do povrstvovacího média. Odstředěním se odmrští částice povrstvovací

látky. Tak vzniká do značné míry rovnoměrná vrstva. Nátěr se poté vpálí (podle systému) v průběžné peci při 150 - 300°C. K dosažení rovnoměrné a krycí vrstvy je nutné, aby povrstvované díly absolvovaly dva povrstvovací postupy. Větší díly se dají povrstvit i nástřikem povrstvovacího média.

Tento postup není vhodný pro závitové díly ≤ M6 a spojovací prvky s malými vnitřními drážkami nebo jemnými konturami. Zde je třeba počítat s ne zcela přesnými závitů a nepoužitelnými vnitřními drážkami.

Zinkové lamelové systémy se hodí k povrstvení vysoce pevných dílů. Vodíkové zřeknutí při procesu povrstvení je vyloučeno při použití vhodných očišťovacích postupů.

5.5.2 Normování neelektrolyticky nanášených povrchů na ochranu vůči korozi

Označení dle DIN EN ISO 10683

- f1Zn-480h = lamelové zinkové povrstvení (f1Zn), odolnost vůči korozi do RR 480 h, např. Geomet 500A, Geomet 321A, Dacromet 500A, Dacromet 320A, Delta Tone/Seal
- f1ZnL-480h = lamelové zinkové povrstvení (f1Zn), odolnost vůči korozi do RR 480 h, s integrovaným mazadlem např. Geomet 500A, Dacromet 500A
- f1Zn-480h-L = lamelové zinkové povrstvení (f1Zn), odolnost vůči korozi do RR 480 h, s následně aplikovaným mazadlem např. Geomet 321A+VL, Dacromet 320A+VL
- f1Znnc-480h = lamelové zinkové povrstvení (f1Zn), odolnost vůči korozi do RR 480 h, bez chromátu, např. Geomet 321A, Geomet 500A, Delta Protect, Delta Tone/Seal
- f1Znyc-480h = lamelové zinkové povrstvení (f1Zn), odolnost vůči korozi do RR 480 h, s chromátem např. Dacromet 500A, Dacromet 320A

5.6 Normování žárového zinkování šroubů dle DIN EN ISO 10684

5.6.1 Postupy a oblasti aplikace

Žárové zinkování je postup ponoření do roztaveného materiálu, při kterém se spojovací prvky ponoří po vhodném přípravném procesu do roztaveného kovu. Poté se nadbytečný roztavený kov odstředí, aby se nastavila tloušťka zinkové vrstvy potřebná k ochraně vůči korozi. Poté se spojovací prvky ochladí zpravidla ve vodní lázni.

Žárový zinek je přípustný do třídy pevnosti 10.9. DIN EN ISO 10684 uvádí pokyny k přípravě a k procesu zinkování, které minimalizují riziko křehkých lomů. Zejména u šroubů třídy pevnosti 10.9 jsou nutné další údaje popsané v technické směrnici organizace Gemeinschaftsausschuss Verzinken e.V. (GAV - Společný výbor pro zinkování) a organizace Deutscher Schraubenverband e. V. (DSV - Německého šroubařského svazu). Nad velikostí závitu M24 by se měl použít jen postup zinkování při normální teplotě.

Odolnost vůči korozi dle DIN 50021 SS (ISO 9227) v závislosti na tloušťce vrstvy

Doby testování v hodinách (test rozprašení solného roztoku)	Minimální hodnoty místní tloušťky vrstvy (je-li objednatelem předepsaná)	
	Povrstvení chromátem (f1Znyc) μm	Povrstvení bez chromátu (f1Znnc) μm
240	4	6
480	5	8
720	8	10
960	9	12
Je-li předepsaná hmotnost vrstvy na plošnou jednotku v g/m ² , dá se následně přepočítat na tloušťku vrstvy::		
<ul style="list-style-type: none"> • povrstvení s chromátem: 4,5 g/m² odpovídá tloušťce 1 μm • povrstvení bez chromátu: 3,8 g/m² odpovídá tloušťce 1 μm 		
Objednatel může předepsat, zda si přeje povrstvení s chromátem (f1Znyc) nebo bez něj (f1Znnc); jinak platí zkratka f1Zn.		

Tab. 13: Výtah z DIN EN ISO 10683

U dílů s vnitřním závitem jako matic se závit řeže teprve po pozinkování.

U velikostí závitu pod M12 může být snížená nosnost párového závitu, protože zinkové povrstvení se svou tloušťkou průměrně 50 µm vede ke snížení překryvu závitu.

5.6.2 Tolerance závitů a systém značení

Aby se při párování závitu šroubu a matice vytvořilo dostatek místa pro správně silné povrstvení, osvědčily se dva různé postupy. Vycházejí z nulové čáry systému tolerance závitu se místo pro povrstvení umístí buď do závitu šroubu, nebo do závitu matice. Tyto postupy se nesmí kombinovat. Proto je radno žárově zinkované, metrické spojovací prvky kupovat jako sady.

Kombinace postupů 1 a 2 uvedených v tabulce 15 vede buď ke snížení nosností spojení, nebo při montáži.

Zvláštní označení se aplikuje podle značení třídy pevnosti. V objednacím označení se vyjadřuje žárový zinek dodatkem „tZn“.

Příklad:

Šroub se šestihrannou hlavou ISO 4014 M12x80 - 8.8U - tZn.

5.7 Omezení použití nebezpečných látek

5.7.1 Směrnice RoHS

Od 1. července 2006 nově do provozu uvedené elektrické a elektronické přístroje nesmí obsahovat olovo, rtuť, kadmium, šestimocný chrom, polybromovaný bifenyl (PBB), příp. polybromovaný difenyleter (PBDE).

Výjimky mj.

- olovo jako legovací prvek v oceli do 0,35 hmotn. %
- olovo jako legovací prvek v hliníku do 0,4 hmotn. %
- olovo jako legovací prvek ve slitinách mědi do 4,0 hmotn. %

Přípustné jsou do 0,1 hmotn. % výše uvedené látky (kadmium 0,01 hmotn. %) na homogenní materiál.

	Tolerance závitu matice	Tolerance závitu šroubu před pozinkováním
Postup „1“	6AZ/6AX	6g/6h
Zvláštní značení	„Z“ nebo „X“	žádné
Postup „2“	6H/6G	6az
Zvláštní značení	žádné	„U“

Tab. 14: Toleranční systémy při párování žárově pozinkovaných šroubů a matic

Týká se to:

- malých a velkých přístrojů do domácností
- přístrojů informační a komunikační techniky
- přístrojů zábavné elektroniky
- osvětlovacích těles
- elektrických a elektronických nástrojů, s výjimkou pevných průmyslových strojů
- hraček
- přístrojů pro sport a volný čas
- zdravotnických produktů
- dohlížecích a kontrolních přístrojů
- automatických výdajových přístrojů

5.7.2 Směrnice ELV o starých vozidlech (do 3,5 tun celkové hmotnosti)

Od 1. července 2007 nově do oběhu uvedené materiály a díly pro vozidla nesmí obsahovat olovo, rtuť, kadmium ani šestimocný chrom.

Výjimky mj.

- olovo jako legovací prvek v oceli do 0,35 hmotn. %
- šestimocný chrom ve vrstvách na ochranu vůči korozi (do 01. července 2007)
- olovo jako legovací prvek ve slitinách mědi do 4,0 hmotn. %

Přípustné jsou do 0,1 hmotn. % výše uvedené látky (kadmium 0,01 hmotn. %) na homogenní materiál, jestliže nebyly přidány úmyslně.

Postižená jsou:

všechna vozidla s přípustnou celkovou hmotností do 3,5 tun

5.8 Vodíkové zkřehnutí

U galvanicky povrstvených dílců z oceli s pevnostmi v tahu $R_m \geq 1000$ MPa nebo tvrdostmi ≥ 320 HV pod tahovým pnutím hrozí nebezpečí vodíkem indukovaného křehnutí.

Temperační ošetření dílců bezprostředně po procesu nanášení přispívá ke snížení rizika. Kompletní odstranění nebezpečí křehnutí však nelze podle současného stavu techniky garan-

tovat. Musí-li se snížit riziko vodíkem indukovaného křehnutí, měly by se upřednostnit alternativní povrstvovací systémy.

Pro bezpečnostně relevantní dílce by se měla volit ochrana proti korozi a povrstvovací systémy, které svým procesem vylučují indukování vodíku při povrstvování, jako např. mechanické pozinkování a zinkové lamelové povrstvení.

Uživatel spojovacích prvků zná příslušný účel použití a z toho vyplývající požadavky, takže musí zvolit nevhodnější systém povrchové ochrany.

6. DIMENZOVÁNÍ METRICKÝCH ŠROUBŮ

Základní pokyny k dimenzování, zvláště u vysokopevnostních šroubů ve strojírenství uvádí směrnice VDI 2230 z r. 2003.

Výpočet šroubového spoje vychází z provozní síly F_B , která působí na spoj zvenčí. Tato provozní síla a jí způsobené elastické deformace dílců působí na jednotlivém místě sešroubování axiální provozní sílu F_A , příčnou sílu F_Q , ohybový moment M_b a příp. utahovací moment M_T .

Při výpočetním zjištění potřebného rozměru šroubu se musí vycházet z předem známých zátěžových poměrů, zohlednit skutečnost, že postupem práce a změnami teploty může dojít ke ztrátě předpětí.

Dále se musí zohlednit, že v závislosti na zvoleném montážním postupu a poměrům tření se může předpínací montážní síla F_M pohybovat ve více či méně širokých hranicích.

Pro první výběr vhodného rozměru šroubu část stačí nadměrně dimenzování. V závislosti na aplikačním případě je pak třeba dle VDI 2230 prověřit další kritéria.

6.1 Hrubý odhad rozměru, příp. tříd pevnosti šroubů dle VDI 2230

Na základě výše uvedených znalostí se v prvním kroku provede předběžný odhad šroubu podle níže uvedené tabulky.

1	2	3	4
Síla v N	Jmenovitý průměr v 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

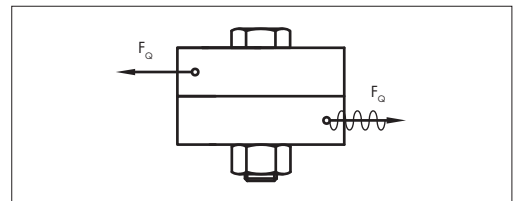
1	2	3	4
Síla v N	Jmenovitý průměr v mm		
	Třída pevnosti		
	12.9	10.9	8.8
6.300	M4	M5	M6
10.000	M5	M6	M8
16.000	M6	M8	M10
25.000	M8	M10	M12
40.000	M10	M12	M14
63.000	M12	M14	M16
100.000	M16	M18	M20
160.000	M20	M22	M24
250.000	M24	M27	M30
400.000	M30	M33	M36
630.000	M36	M39	

Tab. 1

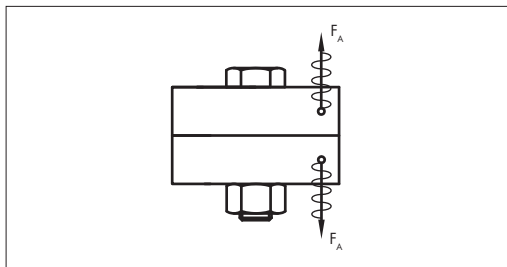
A Ve sloupci 1 se vybere nejbližší vyšší síla k zatížení působícímu na šroubový spoj. Platí-li u kombinovaného zatížení (podélné a příčné síly) $F_{Amax} < F_{Qmax} / \mu_{Tmin}$ použije se jen F_{Qmax} .

B Potřebná minimální předpínací síla F_{Mmin} následující postupem od tohoto čísla:

B1 Pracuje-li se s F_{Qmax} : čtyři kroky pro statickou nebo dynamickou příčnou sílu

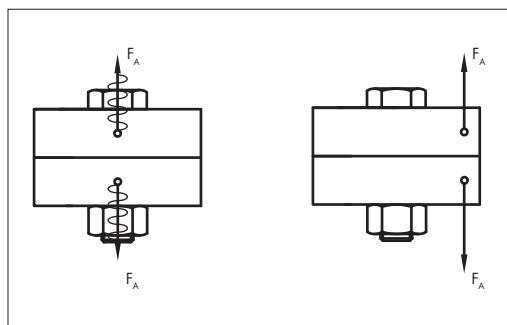


B2 Pracuje-li se s F_{Amax} : dva kroky pro statickou a excentricky působící axiální sílu



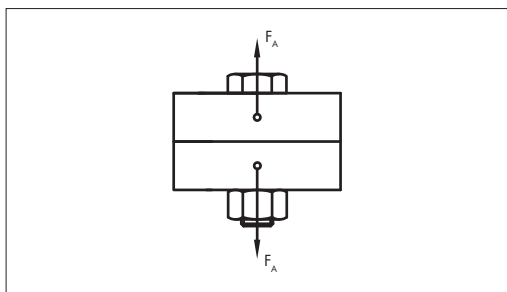
nebo

jeden krok pro dynamicky a centricky či staticky a excentricky působící axiální sílu



nebo

Žádné kroky pro staticky a centricky působící axiální sílu



C Maximální předpínací síla F_{Mmax} , kterou prvek musí snést, vyplývá z této síly F_{Mmin} : dva kroky k utažení šroubu jednoduchým šroubovákem, který se nastavuje přes dotahovací moment

nebo

jeden krok k dotahování momentovým klíčem či precizním šroubovákem, který se nastavuje pomocí dynamického měření kroutícího momentu nebo měření délky šroubu

nebo

žádné kroky k utahování přes kontrolu úhlu v nadelastické oblasti nebo prostřednictvím kontroly meze tahu s řízením přes počítač

D Vedle zjištěného čísla je ve sloupci 2 až 4 potřebný rozměr šroubu v mm z vybrané třídy pevnosti šroubů.

Příklad:

Spoj se dynamicky a excentricky vystaví axiální síle 9.000 N (F_A). Třída pevnosti byla již předem stanovena na 10.9. Montáž se provede momentovým klíčem.

A 10.000 N je nejbližší vyšší síla ve sloupci 1 pro sílu F_A

B další dva kroky kvůli excentricky a dynamicky působící axiální síle

Odečet: 25.000 N ($= F_{Mmin}$)

C další krok dále kvůli utahování momentovým klíčem

Odečet: 40.000 N ($= F_{Mmax}$)

D Nyní se odečte pro tuto sílu ve sloupci 3 u pevnostní třídy 10.9 velikost šroubu M12.

6.2 Výběr postupu utahování a jeho provedení

Utahovací faktor α_A (zohlednění nejistoty utahování). Všechny utahovací postupy jsou více nebo méně přesné.

To je způsobeno:

- velkým rozptylem skutečného tření při montáži (koeficienty tření lze pro výpočet jen zhruba odhadnout)
- rozdíly při manipulaci s momentovým klíčem (např. rychlé či pomalé utahování šroubu)

Podle toho, jak lze výše uvedené vlivy kontrolovat, se musí zvolit utahovací faktor α_A .

Zjištění tedy proběhne s ohledem na postupy utahování a seřizování, stejně jako příp. třídy koeficientu tření dle níže uvedené tabulky.

Orientační hodnoty utahovacího faktoru α_A

Utahovací faktor α_A	Rozptyl	Utahovací postup	Seřizovací postup	Poznámka
1,05 až 1,2	±2% do ±10%	Protahováním řízené utahování ultrazvukem	Doba trvání zvuku	<ul style="list-style-type: none"> • jsou zapotřebí kalibrační hodnoty • $U_u I_k/d < 2$ pozor na progresivní nárůst chyby • menší chyba při přímém mechanickém napojení, větší u nepřímého napojení
1,1 až 1,5	±5% do ±20%	Mechanické měření délky	Nastavení přes měření prodloužení	<ul style="list-style-type: none"> • nutné je přesné zjištění axiální elastické poddajnosti šroubu. Řízení je silně závislé na přesnosti měřícího postupu. • u $I_k/d < 2$ pozor na progresivní nárůst chyby
1,2 až 1,2	±9% do ±17%	Utahování řízené mezi průtažnosti, motorické nebo ruční	Předepsání relativního koeficientu točivého momentu a úhlu otočení	Rozptyl předpínací síly je v podstatě určen rozptylem meze průtažnosti v instalované šarži šroubů. Šrouby se zde dimenzují pro F^{Mmin} . Dimenzování šroubů pro F^{Mmax} s utahovacím faktorem α_A odpadá, proto pro tyto utahovací metody.
1,2 až 1,4	±9% do ±17%	Utahování řízené úhlem otočení, motorické nebo ruční	Pokusné stanovení předběžného utahovacího momentu a úhlu otočení	
1,2 až 1,6	±9% do ±23%	Hydraulické utahování	Nastavení přes měření délky, příp. tlaku	<ul style="list-style-type: none"> • nižší hodnoty dlouhých šroubů ($I_k/d \geq 5$) • vyšší hodnoty krátkých šroubů ($I_k/d \leq 2$)
1,4 až 1,6	±17% do ±23%	Utahování momentovým klíčem, klíčem dávajícím signál nebo šroubovákem s dynamickým měřením točivého momentu, řízené utahovacím momentem	Pokusné stanovení požadovaných utahovacích momentů na originálním šroubovacím dílu, příp. měřením prodloužení šroubu	<p>Nižší hodnoty: nutný velký počet pokusů nastavení, příp. kontrolních pokusů (např. 20). Nutný nízký rozptyl vytvořeného momentu (např. ±5%).</p> <p>Nižší hodnoty pro: malé úhly otočení, tj. relativně tuhé spoje</p> <p>Vyšší hodnoty pro: relativně nízká tvrdost protivrstvy</p> <p>Protivrstvy, které nemají sklon k „zažrání“, např. jsou fosfátované nebo dostatečně namazané</p>
1,6 až 2,0	±23% do ±33%	Utahování momentovým klíčem, klíčem dávajícím signál nebo šroubovákem s dynamickým měřením točivého momentu, řízené utahovacím momentem	Stanovení požadovaného utahovacího momentu odhadem koeficientu tření (povrchové a mazací poměry)	<p>Nižší hodnoty pro: měřící momentové klíče při rovnoměrném utahování a pro precizní šroubováky. Vyšší hodnoty pro: momentové klíče dávající signál nebo momentové klíče, které se vyhnou</p> <p>Vyšší hodnoty pro: velké úhly otáčení, tj. relativně poddajné spoje a jemně závitý</p> <p>Vysoká tvrdost protivrstvy, spojená s drsností povrchu.</p>
1,7 až 2,5	±26% do ±43%			
2,1 až 4	±43% do ±60%	Utahování přiklepovým nebo impulsním šroubovákem	Nastavení šroubováku přes dotahovací moment, složený z požadovaného dotahovacího momentu (pro odhadnutý koeficient tření) a přídavku.	<p>Nižší hodnoty pro:</p> <ul style="list-style-type: none"> • vyšší počet pokusů nastavení (dotahovací moment) • na horizontální větvi charakteristiky šroubováku • beztoleranční přenos impulzu

Podle stavu povrchu a mazání podkladu šroubu nebo matice se musí zvolit různý koeficient tření „ μ “. U řady povrchů a variant mazání je často obtížné zjistit správný koeficient tření. Není-li přesně známý, je třeba počítat s nejnižším předpokladatelným koeficientem tření, aby nedošlo k přetížení šroubu.

6.3 Přiřazení tříd koeficientu tření s orientačními hodnotami k různým materiálům/povrchům a stavům namazání u šroubových spojů (dle VDI 2230)

Třída koeficientu tření	Rozsah pro μ_g a μ_k	Výběr typických příkladů pro	
		Materiál/povrch	Mazadla
A	0,04 do 0,10	metalicky čistý černý po zušlechtění fosfátovaný galvanické povrstvení jako Zn, Zn/Fe, Zn/Ni, zinkové lamelové povrstvení	Pevná mazadla jako MoS ₂ , grafit, PTFE, PA, PE, kluzné laky Plin jako povrchová vrstva nebo v pastách; roztavený vosk, vosková disperze
B	0,08 do 0,16	metalicky čistý černý po zušlechtění fosfátovaný galvanické povrstvení jako Zn, Zn/Fe, Zn/Ni, zinkové lamelové povrstvení	Pevná mazadla jako MoS ₂ , grafit, PTFE, PA, PE, kluzné laky Plin jako povrchová vrstva nebo v pastách; roztavený vosk, vosková disperze; tuky, oleje, stav při dodání
		žárový zinek	MoS ₂ ; grafit, voskové disperze
		organické povrstvení	s integrovaným pevným mazadlem nebo voskovou disperzí
		austenitická ocel	pevná mazadla, tuky, pasty
C	0,14 do 0,24	austenitická ocel	voskové disperze, pasty
		metalicky čistý, fosfátovaný	stav při dodání (lehce naolejovaný)
		galvanická povrstvení jako Zn, Zn/Fe, Zn/Ni, zinkové lamelové povrstvení, lepidlo	bez
D	0,20 do 0,35	austenitická ocel	bez
		galvanické povrstvení jako Zn, Zn/Fe, žárový zinek	olej
E	≥ 0,30	galvanické povrstvení jako Zn, Zn/Fe, austenitická ocel, slitiny hliníku, hořčíku	bez

Tab. 3

Měla by být snaha o třídu koeficientu tření B, aby se dala aplikovat co nejvyšší předepínací síla se současně nízkým rozptylem. (Tabulka platí pro pokojovou teplotu)

6.4 Utahovací momenty a předpínací síly u konstrukčních šroubů s normálním metrickým závitem dle VDI 2230

Utahovací momenty M_A a montážní předpínací síly F_m Tab při 90% využití meze pružnosti šroubu R_{el} příp. 0,2% meze plasticity $R_{p0,2}$ u **dřívkových šroubů s normálním metrickým závitem** dle DIN ISO 262; rozměry hlavy u šroubů se šestihrannou hlavou dle DIN EN ISO 4014 až 4018, šroubů s vnějším šestihranem dle DIN 34800, příp. šroubů s válcovou hlavou dle DIN EN ISO 4762 a otvorem „uprostřed“ dle DIN EN 20 273 (dle VDI 2230)

Standardní závit

Roz- měr.	Tř. pev- nosti	Montážní předpínací síly F_{MTab} v kN pro $\mu_G =$								Utahovací momenty M_A v Nm pro $\mu_k = \mu_G =$							
		0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,20	0,24	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,20	0,24		
M4	8.8	4,6	4,5	4,4	4,3	4,2	3,9	3,7	2,3	2,6	3,0	3,3	3,6	4,1	4,5		
	10.9	6,8	6,7	6,5	6,3	6,1	5,7	5,4	3,3	3,9	4,6	4,8	5,3	6,0	6,6		
	12.9	8,0	7,8	7,6	7,4	7,1	6,7	6,3	3,9	4,5	5,1	5,6	6,2	7,0	7,8		
M5	8.8	7,6	7,4	7,2	7,0	6,8	6,4	6,0	4,4	5,2	5,9	6,5	7,1	8,1	9,0		
	10.9	11,1	10,8	10,6	10,3	10,0	9,4	8,8	6,5	7,6	8,6	9,5	10,4	11,9	13,2		
	12.9	13,0	12,7	12,4	12,0	11,7	11,0	10,3	7,6	8,9	10,0	11,2	12,2	14,0	15,5		
M6	8.8	10,7	10,4	10,2	9,9	9,6	9,0	8,4	7,7	9,0	10,1	11,3	12,3	14,1	15,6		
	10.9	15,7	15,3	14,9	14,5	14,1	13,2	12,4	11,3	13,2	14,9	16,5	18,0	20,7	22,9		
	12.9	18,4	17,9	17,5	17,0	16,5	15,5	14,5	13,2	15,4	17,4	19,3	21,1	24,2	26,8		
M7	8.8	15,5	15,1	14,8	14,4	14,0	13,1	12,3	12,6	14,8	16,8	18,7	20,5	23,6	26,2		
	10.9	22,7	22,5	21,7	21,1	20,5	19,3	18,1	18,5	21,7	24,7	27,5	30,1	34,7	38,5		
	12.9	26,6	26,0	25,4	24,7	24,0	22,6	21,2	21,6	25,4	28,9	32,2	35,2	40,6	45,1		
M8	8.8	19,5	19,1	18,6	18,1	17,6	16,5	15,5	18,5	21,6	24,6	27,3	29,8	34,3	38,0		
	10.9	28,7	28,0	27,3	26,6	25,8	24,3	22,7	27,2	31,8	36,1	40,1	43,8	50,3	55,8		
	12.9	33,6	32,8	32,0	31,1	30,2	28,4	26,6	31,8	37,2	42,2	46,9	51,2	58,9	65,3		
M10	8.8	31,0	30,3	29,6	28,8	27,9	26,3	24,7	36	43	48	54	59	68	75		
	10.9	45,6	44,5	43,4	42,2	41,0	38,6	36,2	53	63	71	79	87	100	110		
	12.9	53,3	52,1	50,8	49,4	48,0	45,2	42,4	62	73	83	93	101	116	129		
M12	8.8	45,2	44,1	43,0	41,9	40,7	38,3	35,9	63	73	84	93	102	117	130		
	10.9	66,3	64,8	63,2	61,5	59,8	56,3	52,8	92	108	123	137	149	172	191		
	12.9	77,6	75,9	74,0	72,0	70,0	65,8	61,8	108	126	144	160	175	201	223		
M14	8.8	62,0	60,6	59,1	57,5	55,9	52,6	49,3	100	117	133	148	162	187	207		
	10.9	91,0	88,9	86,7	84,4	82,1	77,2	72,5	146	172	195	218	238	274	304		
	12.9	106,5	104,1	101,5	98,8	96,0	90,4	84,8	171	201	229	255	279	321	356		
M16	8.8	84,7	82,9	80,9	78,8	76,6	72,2	67,8	153	180	206	230	252	291	325		
	10.9	124,4	121,7	118,8	115,7	112,6	106,1	99,6	224	264	302	338	370	428	477		
	12.9	145,5	142,4	139,0	135,4	131,7	124,1	116,6	262	309	354	395	433	501	558		
M18	8.8	107	104	102	99	96	91	85	220	259	295	329	360	415	462		
	10.9	152	149	145	141	137	129	121	314	369	421	469	513	592	657		
	12.9	178	174	170	165	160	151	142	367	432	492	549	601	692	769		
M20	8.8	136	134	130	127	123	116	109	308	363	415	464	509	588	655		
	10.9	194	190	186	181	176	166	156	438	517	592	661	725	838	933		
	12.9	227	223	217	212	206	194	182	513	605	692	773	848	980	1.092		
M22	8.8	170	166	162	158	154	145	137	417	495	567	634	697	808	901		
	10.9	242	237	231	225	219	207	194	595	704	807	904	993	1.151	1.284		
	12.9	283	277	271	264	257	242	228	696	824	945	1.057	1.162	1.347	1.502		
M24	8.8	196	192	188	183	178	168	157	529	625	714	798	875	1.011	1.126		
	10.9	280	274	267	260	253	239	224	754	890	1.017	1.136	1.246	1.440	1.604		
	12.9	327	320	313	305	296	279	262	882	1.041	1.190	1.329	1.458	1.685	1.877		
M27	8.8	257	252	246	240	234	220	207	772	915	1.050	1.176	1.292	1.498	1.672		
	10.9	367	359	351	342	333	314	295	1.100	1.304	1.496	1.674	1.840	2.134	2.381		
	12.9	429	420	410	400	389	367	345	1.287	1.526	1.750	1.959	2.153	2.497	2.787		
M30	8.8	313	307	300	292	284	268	252	1.053	1.246	1.428	1.597	1.754	2.031	2.265		
	10.9	446	437	427	416	405	382	359	1.500	1.775	2.033	2.274	2.498	2.893	3.226		
	12.9	522	511	499	487	474	447	420	1.755	2.077	2.380	2.662	2.923	3.386	3.775		
M33	8.8	389	381	373	363	354	334	314	1.415	1.679	1.928	2.161	2.377	2.759	3.081		
	10.9	554	543	531	517	504	475	447	2.015	2.322	2.747	3.078	3.385	3.930	4.388		
	12.9	649	635	621	605	589	556	523	2.358	2.799	3.214	3.601	3.961	4.598	5.135		
M36	8.8	458	448	438	427	415	392	368	1.825	2.164	2.482	2.778	3.054	3.541	3.951		
	10.9	652	638	623	608	591	558	524	2.600	3.082	3.535	3.957	4.349	5.043	5.627		
	12.9	763	747	729	711	692	653	614	3.042	3.607	4.136	4.631	5.089	5.902	6.585		
M39	8.8	548	537	525	512	498	470	443	2.348	2.791	3.208	3.597	3.958	4.598	5.137		
	10.9	781	765	748	729	710	670	630	3.345	3.975	4.569	5.123	5.637	6.549	7.317		
	12.9	914	895	875	853	831	784	738	3.914	4.652	5.346	5.994	6.596	7.664	8.562		

Tab. 5

INFORMACE

Utahovací momenty M_A a montážní předpínací síly F_{mTab} při 90% využití meze pružnosti šroubu R_{ef} , příp. 0,2% meze plasticity $R_{p0,2}$ u **dříkových šroubů s jemným metrickým závitem** dle DIN ISO 262; rozměry hlavy u šroubů se šestihrannou hlavou dle DIN EN ISO 4014 až 4018, šroubů s vnějším šestihranem dle DIN 34800, příp. šroubů s válcovou hlavou dle DIN EN ISO 4762 a otvorem „uprostřed“ dle DIN EN 20 273 (dle VDI 2230)

Jemný závit

Rozměr.	Tř. pevnosti	Montážní předpínací síly F_{mTab} v kN pro $\mu_G =$							Utahovací momenty M_A v Nm pro $\mu_K = \mu_G =$						
		0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,20	0,24	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,20	0,24
M8 x 1	8.8	21,2	20,7	20,2	19,7	19,2	18,1	17,0	19,3	22,8	26,1	29,2	32,0	37,0	41,2
	10.9	31,1	30,4	29,7	28,9	28,1	26,5	24,9	28,4	33,5	38,3	42,8	47,0	54,3	60,5
	12.9	36,4	35,6	34,7	33,9	32,9	31,0	29,1	33,2	39,2	44,9	50,1	55,0	63,6	70,8
M9 x 1	8.8	27,7	27,2	26,5	25,9	25,2	23,7	22,3	28,0	33,2	38,1	42,6	46,9	54,4	60,7
	10.9	40,7	39,9	39,0	38,0	37,0	34,9	32,8	41,1	48,8	55,9	62,6	68,8	79,8	89,1
	12.9	47,7	46,7	45,6	44,4	43,3	40,8	38,4	48,1	57,0	65,4	73,3	80,6	93,4	104,3
M10 x 1	8.8	35,2	34,5	33,7	32,9	32,0	30,2	28,4	39	46	53	60	66	76	85
	10.9	51,7	50,6	49,5	48,3	47,0	44,4	41,7	57	68	78	88	97	112	125
	12.9	60,4	59,2	57,9	56,5	55,0	51,9	48,8	67	80	91	103	113	131	147
M10 x 1,25	8.8	33,1	32,4	31,6	30,8	29,9	28,2	26,5	38	44	51	57	62	72	80
	10.9	48,6	47,5	46,4	45,2	44,0	41,4	38,9	55	65	75	83	92	106	118
	12.9	56,8	55,6	54,3	52,9	51,4	48,5	45,5	65	76	87	98	107	124	138
M12 x 1,25	8.8	50,1	49,1	48,0	46,8	45,6	43,0	40,4	66	79	90	101	111	129	145
	10.9	73,6	72,1	70,5	68,7	66,9	63,2	59,4	97	116	133	149	164	190	212
	12.9	86,2	84,4	82,5	80,4	78,3	73,9	69,5	114	135	155	174	192	222	249
M12 x 1,5	8.8	47,6	46,6	45,5	44,3	43,1	40,6	38,2	64	76	87	97	107	123	137
	10.9	70,0	68,5	66,8	65,1	63,3	59,7	56,0	95	112	128	143	157	181	202
	12.9	81,9	80,1	78,2	76,2	74,1	69,8	65,6	111	131	150	167	183	212	236
M14 x 1,5	8.8	67,8	66,4	64,8	63,2	61,5	58,1	45,6	104	124	142	159	175	203	227
	10.9	99,5	97,5	95,2	92,9	90,4	85,3	80,2	153	182	209	234	257	299	333
	12.9	116,5	114,1	111,4	108,7	105,8	99,8	93,9	179	213	244	274	301	349	390
M16 x 1,5	8.8	91,4	89,6	87,6	85,5	83,2	78,6	74,0	159	189	218	244	269	314	351
	10.9	134,2	131,6	128,7	125,5	122,3	115,5	108,7	233	278	320	359	396	461	515
	12.9	157,1	154,0	150,6	146,9	143,1	135,1	127,2	273	325	374	420	463	539	603
M18 x 1,5	8.8	122	120	117	115	112	105	99	237	283	327	368	406	473	530
	10.9	174	171	167	163	159	150	141	337	403	465	523	578	674	755
	12.9	204	200	196	191	186	176	166	394	472	544	613	676	789	884
M18 x 2	8.8	114	112	109	107	104	98	92	229	271	311	348	383	444	495
	10.9	163	160	156	152	148	139	131	326	386	443	496	545	632	706
	12.9	191	187	182	178	173	163	153	381	452	519	581	638	740	826
M20 x 1,5	8.8	154	151	148	144	141	133	125	327	392	454	511	565	660	741
	10.9	219	215	211	206	200	190	179	466	558	646	728	804	940	1.055
	12.9	257	252	246	241	234	222	209	545	653	756	852	941	1.100	1.234
M22 x 1,5	8.8	189	186	182	178	173	164	154	440	529	613	692	765	896	1.006
	10.9	269	264	259	253	247	233	220	627	754	873	985	1.090	1.276	1.433
	12.9	315	309	303	296	289	273	257	734	882	1.022	1.153	1.275	1.493	1.677
M24 x 1,5	8.8	228	224	219	214	209	198	187	570	686	796	899	995	1.166	1.311
	10.9	325	319	312	305	298	282	266	811	977	1.133	1.280	1.417	1.661	1.867
	12.9	380	373	366	357	347	330	311	949	1.143	1.326	1.498	1.658	1.943	2.185
M24 x 2	8.8	217	213	209	204	198	187	177	557	666	769	865	955	1.114	1.248
	10.9	310	304	297	290	282	267	251	793	949	1.095	1.232	1.360	1.586	1.777
	12.9	362	355	348	339	331	312	294	928	1.110	1.282	1.442	1.591	1.856	2.080
M27 x 1,5	8.8	293	288	282	276	269	255	240	822	992	1.153	1.304	1.445	1.697	1.910
	10.9	418	410	402	393	383	363	342	1.171	1.413	1.643	1.858	2.059	2.417	2.720
	12.9	489	480	470	460	448	425	401	1.370	1.654	1.922	2.174	2.409	2.828	3.183

Roz- měr.	Tř. pev- nosti	Montážní předpínací síly $F_{M\text{Tab}}$ v kN pro $\mu_G =$							Utahovací momenty M_A v Nm pro $\mu_k = \mu_G =$						
		0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,20	0,24	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,20	0,24
M27 x 2	8.8	281	276	270	264	257	243	229	806	967	1.119	1.262	1.394	1.630	1.829
	10.9	400	393	384	375	366	346	326	1.149	1.378	1.594	1.797	1.986	2.322	2.605
	12.9	468	460	450	439	428	405	382	1.344	1.612	1.866	2.103	2.324	2.717	3.049
M30 x 2	8.8	353	347	339	331	323	306	288	1.116	1.343	1.556	1.756	1.943	2.276	2.557
	10.9	503	494	483	472	460	436	411	1.590	1.912	2.216	2.502	2.767	3.241	3.641
	12.9	588	578	565	552	539	510	481	1.861	2.238	2.594	2.927	3.238	3.793	4.261
M33 x 2	8.8	433	425	416	407	397	376	354	1.489	1.794	2.082	2.352	2.605	3.054	3.435
	10.9	617	606	593	580	565	535	505	2.120	2.555	2.965	3.350	3.710	4.350	4.892
	12.9	722	709	694	678	662	626	591	2.481	2.989	3.470	3.921	4.341	5.090	5.725
M36 x 2	8.8	521	512	502	490	478	453	427	1.943	2.345	2.725	3.082	3.415	4.010	4.513
	10.9	742	729	714	698	681	645	609	2.767	3.340	3.882	4.390	4.864	5.711	6.428
	12.9	869	853	836	817	797	755	712	3.238	3.908	4.542	5.137	5.692	6.683	7.522
M39 x 2	8.8	618	607	595	581	567	537	507	2.483	3.002	3.493	3.953	4.383	5.151	5.801
	10.9	880	864	847	828	808	765	722	3.537	4.276	4.974	5.631	6.243	7.336	8.263
	12.9	1.030	1.011	991	969	945	896	845	4.139	5.003	5.821	6.589	7.306	8.585	9.669

Tab. 6

6.5 Utahovací momenty a předpínací síly

- pojistných šroubů s maticemi a
- přírubových šroubů s maticemi

při 90% využití meze průtažnosti šroubu R_{ef} , příp. 0,2% meze plasticity $R_{p0,2}$ (podle údajů výrobce)

	Protih- lehlý materiál	Předpínací síly F_{Vmax} (N)							Utahovací moment M_A (Nm)						
		M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16
Šrouby s drážkováním pod hlavou - třída pevnosti 100 a matice třída pevnosti 10	Ocel $R_m < 800$ MPa	9.000	12.600	23.200	37.000	54.000	74.000	102.000	11	19	42	85	130	230	330
	Ocel $R_m = 800$ – 1.100 MPa	9.000	12.600	23.200	37.000	54.000	74.000	102.000	10	18	37	80	120	215	310
	Šedá litina	9.000	12.600	23.200	37.000	54.000	74.000	102.000	9	16	35	75	115	200	300

Orientační hodnoty

6.6 Orientační hodnoty utahovacích momentů u austenitických šroubů dle DIN EN ISO 3506

Orientační hodnotu utahovacího momentu potřebného pro jednotlivý případ sešroubování najdete podle jmenovitého průměru, koeficientu tření a třídy pevnosti FK v následujících tabulkách.

Koeficient tření μ_{ges} 0,10

	Přepínací síly F_{Vmax} [KN]			Utahovací moment M_A [Nm]		
	FK 50	FK 70	FK 80	FK 50	FK 70	FK 80
M3	0,90	1,00	1,20	0,85	1,00	1,30
M4	1,08	2,97	3,96	0,80	1,70	2,30
M5	2,26	4,85	6,47	1,60	3,40	4,60
M6	3,2	6,85	9,13	2,80	5,90	8,00
M8	5,86	12,6	16,7	6,80	14,5	19,3
M10	9,32	20,0	26,6	13,7	30,0	39,4
M12	13,6	29,1	38,8	23,6	50,0	67,0
M14	18,7	40,0	53,3	37,1	79,0	106,0
M16	25,7	55,0	73,3	56,0	121,0	161,0
M18	32,2	69,0	92,0	81,0	174,0	232,0
M20	41,3	88,6	118,1	114,0	224,0	325,0
M22	50,0	107,0	143,0	148,0	318,0	424,0
M24	58,0	142,0	165,0	187,0	400,0	534,0
M27	75,0			275,0		
M30	91,0			374,0		
M33	114,0			506,0		
M36	135,0			651,0		
M39	162,0			842,0		

Koeficient tření μ_{ges} 0,20

	Přepínací síly F_{Vmax} [KN]			Utahovací moment M_A [Nm]		
	FK 50	FK 70	FK 80	FK 50	FK 70	FK 80
M3	0,60	0,65	0,95	1,00	1,10	1,60
M4	1,12	2,40	3,20	1,30	2,60	3,50
M5	1,83	3,93	5,24	2,40	5,10	6,90
M6	2,59	5,54	7,39	4,10	8,80	11,8
M8	4,75	10,2	13,6	10,1	21,4	28,7
M10	7,58	16,2	21,7	20,3	44,0	58,0
M12	11,1	23,7	31,6	34,8	74,0	100,0
M14	15,2	32,6	43,4	56,0	119,0	159,0
M16	20,9	44,9	59,8	86,0	183,0	245,0
M18	26,2	56,2	74,9	122,0	260,0	346,0
M20	33,8	72,4	96,5	173,0	370,0	494,0
M22	41,0	88,0	118,0	227,0	488,0	650,0
M24	47,0	101,0	135,0	284,0	608,0	810,0
M27	61,0			421,0		
M30	75,0			571,0		
M33	94,0			779,0		
M36	110,0			998,0		
M39	133,0			1.300		

Koeficient tření μ_{ges} 0,30

	Přepínací síly F_{Vmax} [KN]			Utahovací moment M_A [Nm]		
	FK 50	FK 70	FK 80	FK 50	FK 70	FK 80
M3	0,40	0,45	0,70	1,25	1,35	1,85
M4	0,90	1,94	2,59	1,50	3,00	4,10
M5	1,49	3,19	4,25	2,80	6,10	8,00
M6	2,09	4,49	5,98	4,80	10,4	13,9
M8	3,85	8,85	11,0	11,9	25,5	33,9
M10	6,14	13,1	17,5	24,0	51,0	69,0
M12	9,00	19,2	25,6	41,0	88,0	117,0
M14	12,3	26,4	35,2	66,0	141,0	188,0
M16	17,0	36,4	48,6	102,0	218,0	291,0
M18	21,1	45,5	60,7	144,0	308,0	411,0
M20	27,4	58,7	78,3	205,0	439,0	586,0
M22	34,0	72,0	96,0	272,0	582,0	776,0
M24	39,0	83,0	110,0	338,0	724,0	966,0
M27	50,0			503,0		
M30	61,0			680,0		
M33	76,0			929,0		
M36	89,0			1.189		
M39	108,0			1.553		

Tab. 8

6.7 Příklad práce s tabulkami předpínacích sil a utahovacích momentů

Postup je následující:

A) Stanovení celkového koeficientu tření μ_{ges} :

Podle stavu povrchu a mazání šroubů, příp. matic se musí počítat s různými koeficienty tření „ μ “. Výběr se provádí podle tabulky 3, kap. 6.

Příklad:

Výběr pro šroub a matici s transparentně pasivovaným galvanickým pozinkováním, bez mazadel:

$$\mu_{ges} = 0,14$$

(Upozornění: pro dimenzování šroubu je třeba počítat s nejmenší očekávanou hodnotou tření, aby nemohlo dojít k přetížení šroubu)

B) Utahovací moment $M_A \text{ max.}$

Maximální utahovací moment leží při 90% využití 0,2% meze plasticity ($R_{p0,2}$), příp. meze pružnosti (R_e).

Příklad:

Šroub se šestihlannou hlavou DIN 933, M12 x 50, třída pevnosti 8.8, pozinkovaný, modrá pasivace:

Najděte v tab. 5 kap. 6 ve sloupci pro $\mu G = 0,14$ řádek pro M12 s třídou pevnosti 8.8

Z části (oblasti) „Utahovací moment M_A [Nm]“ vyberete požadovanou hodnotu.

$$M_{A \text{ max}} = 93 \text{ Nm}$$

C) Utahovací faktor α_A (zohlednění nejistoty utahování)

Všechny utahovací postupy jsou více nebo méně přesné, což je způsobeno:

- velkým rozptylem skutečného tření při montáži (koeficienty tření lze pro výpočet jen zhruba odhadnout)
- rozdíly při manipulaci s momentovým klíčem (např. rychlé či pomalé utahování šroubu)
- rozptylem samotného momentového klíče.

Podle toho, jak lze výše zmíněné vlivy kontrolovat, se musí zvolit utahovací faktor α_A .

Příklad:

Utuje-li se běžným momentovým klíčem s elektronickým ukazatelem, musí se počítat s utahovacím faktorem

$$\alpha_A = 1,4-1,6.$$

Vybere se:

$\alpha_A = 1,4$ (viz tab. 2 kap. 6 „Orientační hodnoty pro utahovací faktor...“)

D) Předpínací síla F_{Vmin}

Příklad:

Vyberete z tabulky 5 kap. 6 ve sloupci $\mu G = 0,14$ a řádku M12 a třídy pevnosti 8.8 v oblasti „montážních předpínacích sil“ hodnotu maximální předpínací síly

$$F_{Vmax} = 41,9 \text{ KN}$$

Minimální předpínací síla F_{Vmin} se získá tak, že se F_{Vmax} dělí utahovacím faktorem.

$$\text{Předpínací síla } F_{Vmin} = \frac{41,9 \text{ KN}}{1,4}$$

$$F_{Vmin} = 29,92 \text{ KN}$$

E) Kontrola výsledku

Je nutné zodpovědět následující otázky:

- Stačí zbytková svěrná síla?
- Stačí minimální očekávaná předpínací síla F_{Vmin} pro maximální síly, které budou působit v praxi?

6.8 Párování různých prvků/kontaktní koroze

K prevenci kontaktní koroze platí pravidlo:

Spojovací prvky musí mít v příslušném aplikačním případě minimálně stejnou odolnost vůči korozi jako spojované díly. Nelze-li vybrat rovnocenné spojovací prvky, musí být kvalitnější než spojované díly.

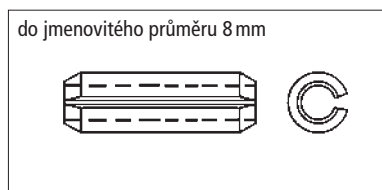
Párování různých materiálů spojovacích prvků/dílčů z hlediska kontaktní koroze

Materiál/povrch dílčů*	Nerez A2/A4	Hliník	Měď	Mosaz	Ocel, pozink., černě pasiv.	Ocel, pozink., žlutě chrom.	Ocel, pozink., modře pasiv.	Ocel bez povrch. úpravy
Materiál/povrch spoj. prvku								
Nerez A2/A4	+++	+++	++	++	++	++	++	++
Hliník	++	+++	++	++	+	+	+	+
Měď	+	+	+++	++	+	+	+	+
Mosaz	+	+	++	+++	+	+	+	+
Ocel, pozink., černě pasiv.	-	-	-	-	+++	++	++	+
Ocel, pozink., žlutě chromát.	-	-	-	-	+	+++	++	+
Ocel, pozink., modře pasiv.	-	-	-	-	+	+	+++	+
Ocel bez povrch. úpravy	-	-	-	-	-	-	-	+++

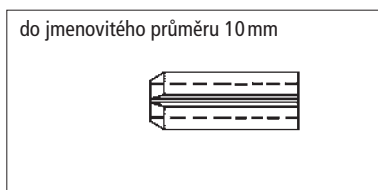
+++ párování velmi doporučeno
 ++ párování doporučeno
 + párování lze doporučit
 - párování spíše nedoporučeno
 — párování nedoporučeno
 — párování v žádném případě nedoporučeno
 * Tento předpoklad platí u plošného poměru (poměr dílce k spojovacímu prvku mezi 1:10 a 1:40)

Tab. 9

6.9 Statické střížné síly u spojů tvořených pružnými kolíky v těžkém provedení dle ISO 8752 (DIN 1481)



Obr. AU



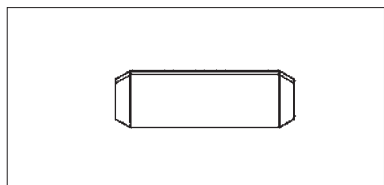
Obr. AV

Materiál:
 Pružinová ocel zušlechťena
 na 420 až 560 HV

Jmenovitý průměr [mm]		1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	8	10	12	13	14	16	18	20
Střížná síla min. [kN]	jednostřížná	0,35	0,79	1,41	2,19	3,16	4,53	5,62	7,68	8,77	13	21,3	35	52	57,5	72,3	85,5	111,2	140,3
	dvoustřížná	0,7	1,58	2,82	4,38	6,32	9,06	11,2	15,4	17,5	26	42,7	70,1	104,1	115,1	144,1	171	222,5	280,6

Tab. 10

Spirálové pružné kolíky, normální provedení dle ISO 8750 (DIN 7343)



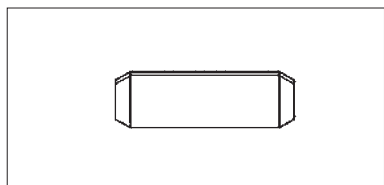
Materiál:
Pružinová ocel zušlechťená
na 420 do 520 HV

Obr. AW

Jmenovitý průměr [mm]	0,8	1	1,2	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5	6	8	10	12	14	16	
Střížná síla min. [kN]	jednostřížná	0,21	0,3	0,45	0,73	1,29	1,94	2,76	3,77	4,93	7,64	11,05	19,6	31,12	44,85	61,62	76,02
	dvoustřížná	0,40	0,6	0,90	1,46	2,58	3,88	5,52	7,54	9,86	15,28	22,1	39,2	62,24	89,7	123,2	152

Tab. 11

Spirálové pružné kolíky, těžké provedení dle ISO 8748 (DIN 7344)



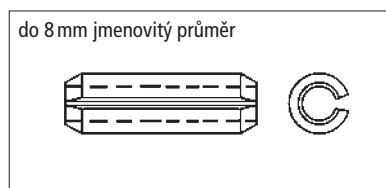
Materiál:
Pružinová ocel zušlechťená
na 420 do 520 HV

Obr. AX

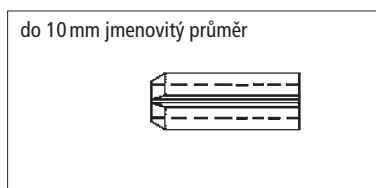
Jmenovitý průměr [mm]	1,5	2	2,5	3	4	5	6	
Střížná síla min. [kN]	jednostřížná	0,91	1,57	2,37	3,43	6,14	9,46	13,5
	dvoustřížná	1,82	3,14	4,74	6,86	12,2	18,9	27

Tab. 12

Spirálové pružné kolíky, lehké provedení dle ISO 13337 (DIN 7346)



Obr. AY

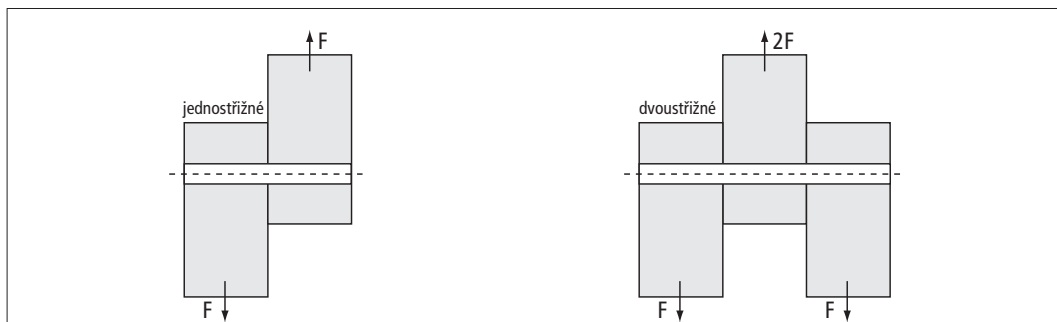


Obr. AZ

Materiál:
Pružinová ocel zušlechťená
na 420 do 560 HV

Jmenovitý průměr [mm]	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8	10	11	12	13	14	16	18	20	
Střížná síla min. [kN]	jednostřížná	0,75	1,2	1,75	2,3	4	4,4	5,2	9	10,5	12	20	22	24	33	42	49	63	79
	dvoustřížná	1,5	2,4	3,5	4,6	8	8,8	10,4	18	21	24	40	44	48	66	84	98	126	158

Tab. 13

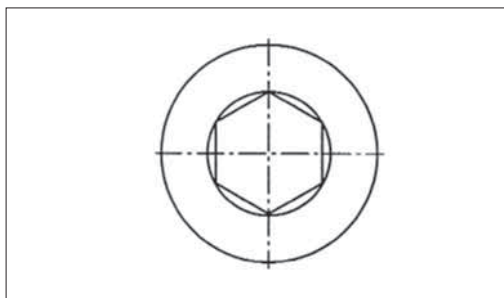


Obr. BA

6.10 Konstrukční doporučení

Technický pokrok a ekonomické úvahy vedly celosvětově k téměř kompletnímu nahrazení šroubů s průběžnou drážkou šrouby s vnitřními drážkami

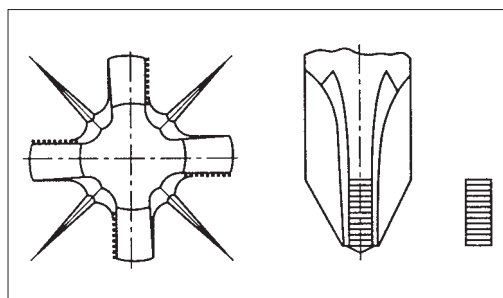
Vnitřní šestihran



Obr. AS

Dobrý přenos sil několika kontaktními body. Šrouby s vnitřním šestihranem mají menší velikosti klíčů než šrouby s šestihrannou hlavou, což znamená i hospodárnější konstrukce díky menším rozměrům.

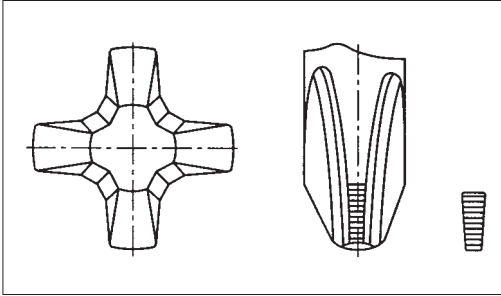
Křížová drážka Z (Pozidrive) dle ISO 4757



Obr. AT

Čtyři „utahovací stěny“ v křížové drážce, k nimž při zašroubování šroubu šroubovák doléhá, jsou kolmé. Zbývající stěny a žebra jsou šikmé. To může u optimálně vyrobených křížových drážek šroubovatelnost o něco zlepšit. Šroubovák Pozidrive má pravoúhlé konce křídélek.

Křížová drážka H (Phillips) dle ISO 4757



Obr. AU

Normální křížová drážka, u které jsou všechny stěny a žebra šikmo skloněné, přičemž šroubovák vykazuje trapézovitě konce křidélek.

6.11 Montáž

Postup pomocí utahovacího momentu

Potřebná předpínací síla se generuje měřitelným utahovacím momentem M_v . Použité utahovací přístroje (např. momentový klíč) musí vykazovat toleranci pod 5 %.

Postup pomocí utahovacího impulsu

Spoje se utahují pomocí impulzního nebo přiklepového šroubováku s tolerancí pod 5 %. Utahovací přístroje je přitom třeba vhodným způsobem (např. dotahovací metodou nebo metodou měření délky) nastavit pokud možno na originálním zašroubování.

Utahovací metoda: spoj se nejprve utáhne šroubovákem a poté se dotáhne/zkontroluje precizním momentovým klíčem. Metoda měření délky: kontroluje se způsobené prodloužení šroubu (měřící rameno), přičemž prodloužení šroubu se musí předem kalibrovat na stroji k testování šroubů

Postup podle úhlu otáčení

Předpokladem je z větší části plošné přilehnutí spojovaných dílců.

Aplikace předběžného utahovacího momentu se provádí jedním z obou výše popsaných postupů. Označení polohy matice relativně vůči šroubovému dílku a dílci musí být provedené jednoznačně a trvanlivě, aby se dal následně aplikovaný úhel dalšího točení matice snadno zjistit. Potřebný úhel dalšího točení se musí zjistit procesní zkouškou na příslušných originálních zašroubování (např. pomocí prodloužení šroubu).



Obr. W

7. POJISTNÉ PRVKY

7.1 Obecný úvod

K výběru vhodných pojistných prvků je třeba zohlednit šroubovaný spoj jako celek. Zejména pevnost použitých materiálů a možné dynamické zatížení působící na šroubované spoje se musí při výběru pojistného prvku zohlednit.

7.2 Příčiny ztráty předpětí



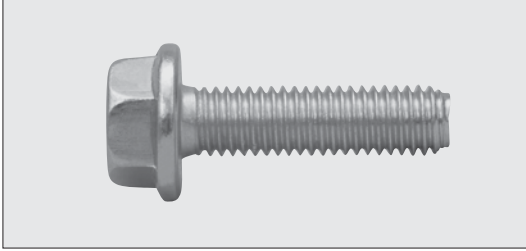
7.3 Způsoby funkce

7.3.1 Zajištění proti uvolnění

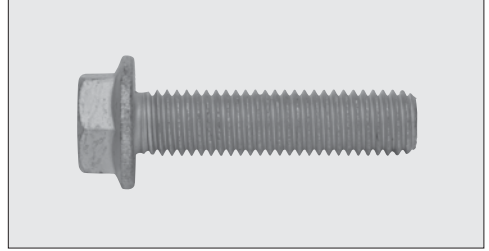
Uvolnění šroubovaných spojů lze zabránit vhodnými konstrukčními opatřeními. To může být stejně tak použití pružných spojovacích šroubů nebo dlouhých šroubů jako zvýšení předpínací síly pomocí šroubů s vyšší pevností. Zejména v takovém případě se musí věnovat zvláštní pozornost plošnému přitlačení na podložce. Přírubový šroub nebo podválnování nebo podložení vhodné pevné podložky sníží plošné lisování a brání uvolnění



Kombinovaný šroub



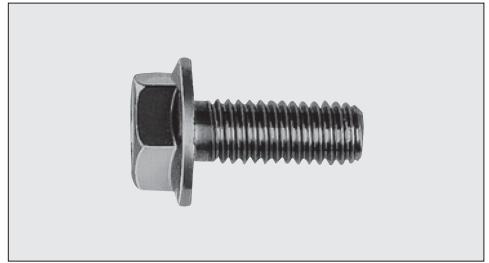
Přírubový šroub



Žebrový šroub



Pojistná podložka



Pojistný šroub

7.3.2 Zajištění proti rozšroubování

Zajištění proti odšroubování brání za nejnáročnějších dynamických namáhání účinně samočinnému odšroubování. Až na nízké nevyhnutelné usazení hodnoty zůstává předpínací síla ve spoji zachovaná. U pojistných prvků proti odšroubování se rozlišuje zajištění pomocí

- zajištění na podložce
- zalepení v závitě

Při zajištění na podložce se zajišťuje pomocí zajišťovacích zubů, které se strmými okraji zakousnou ve směru uvolňování šroubu do podkladového materiálu nebo symetrickými pojistnými žebry, které účinně udržují předpínací sílu na tvrdých i měkkých materiálech.

U zalepení v závitě existuje možnost pracovat s anaerobně tvrdnoucím kapalným plastem - pojistným lepidlem nebo použít šrouby s mikrokapslovými lepidly. Šrouby s mikrokapslovými lepidly jsou normované dle DIN 267, část 27.



Klínová pojistná podložka



Mikrokapsle



Lepidlo

7.3.3 Zajištění proti ztrátě

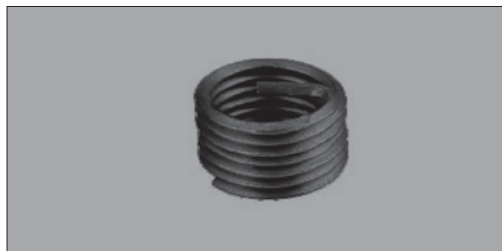
Ke skupině pojistných prvků proti ztracení se počítají produkty, které sice nedokážou zabránit samočinnému rozšroubování, ale po větší či menší ztrátě předepínací síly zabrání úplnému rozšroubování, a tím i uvolnění spojovacích prvků.



Celokovová pojistná matice



Pojistná matice s plastovým kroužkem

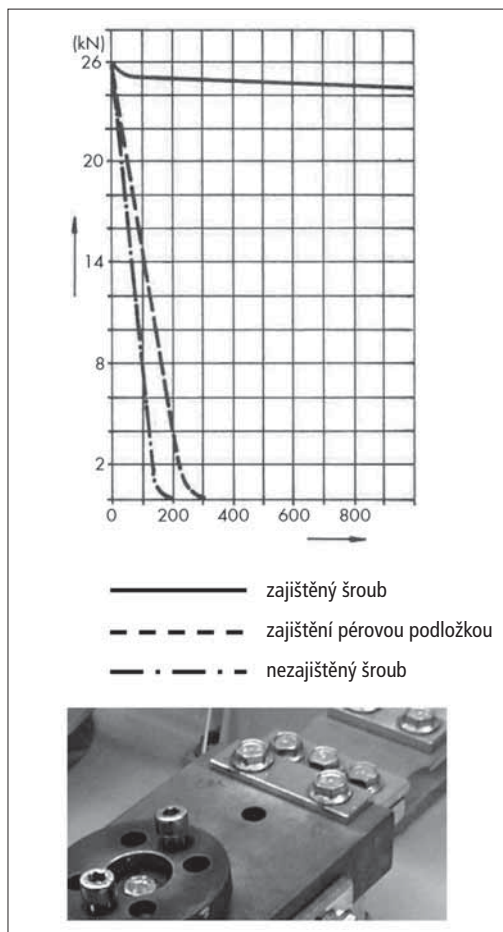


Závítová vložka

7.4 Způsob účinku pojistných prvků

Působení pojistného prvku se dá otestovat na vibrační testovací stolici (Junkersův test).

osa x - změna namáhání, osa y - předpínací síly



Díky testu vzniknou 3 kategorie.

7.4.1 Neúčinné pojistné prvky

Níže uvedené produkty nemají žádné pojistné účinky ani s ohledem na uvolnění, ani z hlediska odšroubování. Není radno použít šroub třídy pevnosti ≥ 8.8 .

- pérové podložky DIN 127, 128, 6905, 7980
- pružné podložky DIN 137, 6904
- ozubené podložky DIN 6797, 6906
- vějířové podložky DIN 6798, 6907
- podložky s vnějšímnosem, příp. 2 výstupky DIN 432, 463
- korunové matice DIN 935, 937 se závlačkami DIN 94

7.4.2 Zajištění proti ztrátě

Do kategorie pojistek proti ztrátě se počítají produkty, které nedokážou sice zabránit samočinnému odšroubování, předejdou však po neurčitě vysoké ztrátě předpínací síly úplnému rozšroubování, a tím i vypadnutí spojovacích prvků. Do této kategorie patří např. matice s polyamidovou kruhovou vložkou, celokovové pojistné matice nebo šrouby se svěrnou částí dle DIN 267, část 28.

7.4.3 Zajištění proti rozšroubování

Zajištění proti odšroubování brání za dynamického zatížení účinně samočinnému odšroubování. Až na drobné nevyhnutelné ztráty způsobené sednutím zůstává předpínací síla ve spojení zachovaná. U takových spojů se rozlišuje

- zajištění na podložce
- zalepení v závitě

Při zajištění na podložce se zajišťuje pomocí zajišťovacích zubů, které se strmými okraji zakousnou ve směru uvolňování šroubu do podkladového materiálu nebo symetrickými pojistnými žebry, které účinně udržují předpínací sílu na tvrdých i měkkých materiálech.

U zalepení v závitě existuje možnost pracovat s anaerobně tvrdnoucím kapalným plastem - pojistným lepidlem nebo použít šrouby s mikrokapslovými lepidly. Šrouby s mikrokapslovými lepidly jsou normované dle DIN 267, část 27.

7.5 Opatření k zajištění šroubů

7.5.1 Uvolnění

Způsob zajištění	Způsob fungování	Zajišťovací prvek	Pokyny k aplikaci		
			Šrouby/matice		Podložky
			Třída pevnosti		Třída tvrdosti
				200 HV	300 HV
Zajištění proti uvolnění	také se deformují při utahování plošné lisování snižující účinek	podložka dle DIN EN ISO 7089, 7090, 7092, 7093-1, DIN 7349	8.8/8 10.9/10 A2-70/A2-70	Ano Ne Ano	Ano Ano Ne
	také se deformují při utahování pruží	přítlačná podložka dle DIN 6796, profilovaná přítlačná podložka kontaktní podložka ozubená	Ke snížení hodnot usazení max. 20 μm se musí pružinová síla sladit s předpínací silou.		

Rovněž ke skupině prvků k zajištění proti ztrátě patří závitožezné šrouby.

7.5.2 Samočinné uvolnění

Způsob zajištění	Způsob fungování	Zajišťovací prvek	Pokyny k aplikaci
Zajištění proti rozšroubování	blokuje, zčásti se také deformuje při utahování	Šrouby s drážkováním pod hlavou a matice	Používá se tam, kde jsou vysoce předepjaté šroubové spoje vystavené střídavému příčnému namáhání. Nepoužívat na zakalené povrchy. Tvrdość kontaktních ploch musí být nižší než tvrdość kontaktních ploch šroubů a matic, příp. prvků, které se při utahování také deformují. Zajišťovací prvky jsou účinné jen tehdy, jsou-li přímo uspořádané pod hlavou šroubu a maticí. Pro elektrické aplikace.
		profilované přítláčné podložky pár klínových podložek pojistné podložky profilový kroužek (mtr. A2)	
	lepí	mikrozapouzdřené lepidlo dle DIN 267-27	Používá se tam, kde jsou vysoce předepjaté šroubové spoje vystavené střídavému příčnému namáhání a kalené povrchy neumožňují použití blokovacích zajišťovacích prvků. Závislé na teplotě. Použití při elektrických aplikacích nedoporučeno. Při použití lepidel se nesmí závity mazat.
		kapalné lepidlo	Teplotní hranice pro používaná lepidla je třeba bezpodmínečně dodržovat. Použití u elektrických aplikací nedoporučeno. Při použití lepidel se nesmí závity mazat
Zajištění proti ztrátě	svěrný účinek	matice se svěrnou částí DIN EN ISO 7040, 7042, závitové vložky DIN 8140, šrouby s plastovým povrstvením v závitu dle DIN 267-28	Použití tam, kde u šroubového spoje primárně jde o to, dodržet zbylou předpínací sílu a zajistit spoj proti rozpadnutí. Pro matice a šrouby s plastovou vložkou je třeba dbát na teplotní závislost. U elektrických aplikací nesmí dojít k tvorbě třísek vlivem celokovových matic.

8. OCELOVÉ KONSTRUKCE

8.1 Vysokopevnostní spoje u ocelových konstrukcí

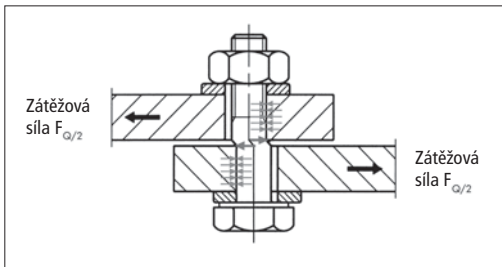
„HV“ je označení šroubového spoje při stavbě ocelových konstrukcí s vysoce pevnými šrouby třídy pevnosti 10.9.

„H“ znamená vysoce pevný („hochfest“), podle požadavků na třídu pevnosti 10.9 a „V“ předepjatý („vorgespannt“), tj. možnost dostat spoj standardizovanými postupy na definovanou předpínací sílu.

Předpínání sice není u více než 90 % spojů při stavbě ocelových konstrukcí z výpočetních důvodů nutné, protože spoje nejsou naprojektované jako třecí spoje. Často je v takových případech ale běžné a účelné spoje předepnout, aby se zavřely mezery, zvýšil odpor vůči dynamickým složkám namáhání nebo omezila deformace celkové konstrukce. Vysokopevnostní spoje (HV) jsou tedy vhodné k provedení všech dále znázorněných spojů běžných při výrobě ocelových konstrukcí bez omezení.

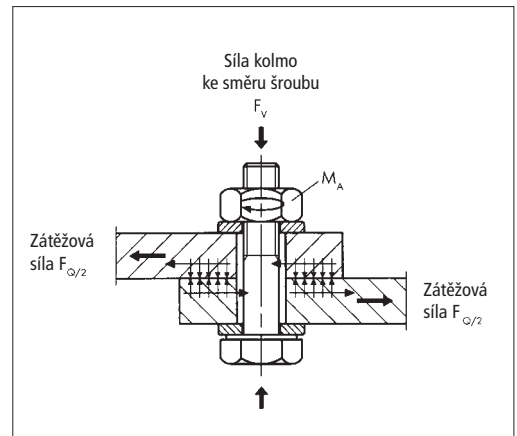
Spoje odolné vůči střižnému namáhání stěny otvoru (SL - Scher-Lochleibungs-Verbindungen) přenášejí zvenčí působící sílu příčně k ose šroubu přímým přenosem síly od vnitřní stěny otvoru na dřík šroubu (obr. 1). Dílce přitom působí na dřík šroubu jako při střihání nůžkami.

Tento druh spojení se dá provést i jako předepjatý (SLV) nebo pomocí přesných šroubů (SLP) nebo obojího (SLVP). Zvláště u dynamického zatížení v podélné ose šroubu je předepnutí spoje zapotřebí.



Obr. 1

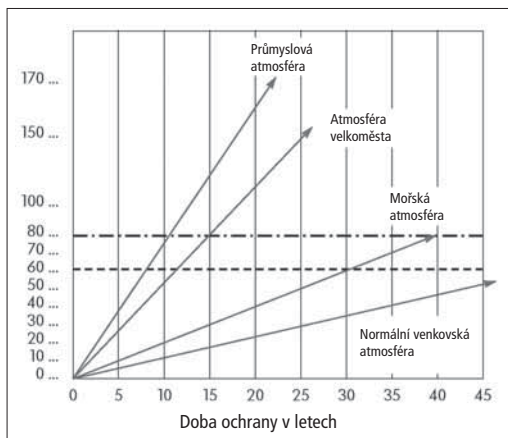
Zcela jiný je způsob účinku třecích předepjatých spojů (GV), které se v jednotlivých případech, jako např. u stavby mostů, provádějí i se šrouby s přesným dříkem (GVP). Přenos síly zde probíhá třením mezi kontaktními plochami předepjatých dílců. K tomu se musí kontaktní plochy otryskáním nebo povolenými nátěry odolnými proti klouzání učinit neklouzavými. Utažením šroubů se pak provozní síly přenášejí kolmo k ose šroubu dle obr. 2.



Obr. 2

Pro všechny spoje běžné při výrobě ocelových konstrukcí jsou samozřejmě přípustné i provozní síly v podélné ose šroubu a lze je pomocí odpovídajících výpočetních vzorců podrobit důkazu pevnosti, např. dle DIN 18800-1.

HV sady Peiner mají dobrou a kvalitní ochranu proti korozi žárovým pozinkováním s tloušťkou zinkové vrstvy 60 - 80 μm . Díky tomu se i v agresivní atmosféře dosahuje dlouhodobé ochrany vůči korozi.



Obr. 3

Pozinkování se provádí dle DIN EN ISO 10684 s ohledem na další ustanovení, která odpovídají současnému stavu techniky v oboru výroby žárově pozinkovaných šroubů. Řezání závitu matice a mazání matic za procesních podmínek probíhá po žárovém pozinkování, aby se zajistilo pasování závitu a aby se speciálním mazáním zajistilo jednotné chování při utahování. Ochranu nepozinkovaného závitu matice přebírá po montáži zinkové povrstvení čepu šroubu formou katodické ochrany proti korozi. Z těchto důvodů se smí používat jen kompletní sady (šroub, matice a podložka) jednoho výrobce.

8.2 Vysokopevnostní šrouby, matice a podložky

Během realizace evropské směrnice o stavebních produktech byly pro spojovací prvky při výrobě ocelových konstrukcí a zpracování kovu vypracované harmonizované evropské normy, které z větší části nahradily dřívější německé normy DIN. Jen pro podřadné produkty jako vysokopevnostní klínové podložky dle DIN 6917 a DIN 6918 zůstaly zachované německé normy. Pro ty platí i nadále postup prokazování shody dle seznamu pravidel pro stavebnictví (Bauregelliste A), tj. produkty lze uvádět do oběhu se značkou Ü (značka shody – platná pouze v Německu). Přehled přechodu norem ukazuje tabulka 1. Platí pouze pro Německo.

	DIN	DIN EN
Výpočet Projekce	DIN 18 800-1	DIN EN 1993-1-8 DIN EN 1993-1-9
Provedení	DIN 18 800-7	DIN EN 1090-2
Produkty	DIN 7968, DIN 7969 DIN 7990 DIN EN ISO 4014/4017 DIN 6914, DIN 6915, DIN 6916 DIN 7999	DIN EN 15048-1/-2 + + techn. produkt. specifikace (DIN EN ISO 4014) DIN EN 14399-1/-2 DIN EN 14399-4 DIN EN 14399-6 DIN EN 14399-8

Tab. 1: Přechod na evropské normy

Pro výpočet a projekci spojů budou v budoucnosti platit DIN EN 1993-1-8, stejně jako pro prokazování únavy bude platit DIN EN 1993-1-9. Pro provedení platí DIN EN 1090-2. Pro nepředepjaté, nízkopevné spojovací prvky byla vytvořena evropská norma DIN EN 15048, která popisuje postup a požadavky k získání značky CE. K tomu příslušné technické popisy mohou být např. stávající normy pro šrouby s šestihrannou hlavou jako DIN EN ISO 4014.

Pro vysoce pevné spojovací prvky byla vypracována harmonizovaná norma DIN EN 14399. V částech 1 a 2 popisuje rovněž jen požadavky a postup k získání značky CE. Pro produkty označené CE nesmí v Evropě existovat ani vznikat žádné obchodní překážky.

V Německu nejběžnější vysokopevnostní šrouby a příslušné matice a podložky stejně jako přesné vysokopevnostní šrouby najdete v částech 4, 6 a 8 této normy. Produkty DIN přitom byly z větší části převzaty, takže dochází jen k několika málo změnám, kterým se budeme zvláště věnovat dále.

- Vysokopevnostní matice se podle evropské normy nezávisle na aplikované ochraně proti korozi ošetřují vždy speciálním mazadlem. Při předpětí spojů dle DIN 18800-7 pomocí postupu s utahovacím momentem se tedy vždy používají stejné utahovací momenty, což představuje zjednodušení vůči minulosti.
- V normě obsažená tabulka svěrných délek definuje svěrná délka včetně použitých podložek (tab. 2a a 2b). Kromě toho byla trochu změněna kritéria k výpočtu svěrné délky podle speciálních požadavků DINEN 1993-1-8, takže vznikají další drobné rozdíly. Jestliže se však dílo naplánovalo dle DIN

18800, lze nahradit naprojektované vysokopevnostní sady dle DIN takovou stejnou jmenovitou délkou dle DIN EN, aniž by bylo nutné provést nové přiřazení pro šroubovací místa. Důvodem je skutečnost, že DIN 18800 neobsahuje výše uvedený speciální požadavek DIN EN 1993-1-8.

Obr. 4

Rozměry šroubů HV a HVP1 ¹⁾									
Jme- novitý rozměr		M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M36
p ¹⁾		1,75	2	2,5	2,5	3	3	3,5	4
c	min.	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	max.	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
d _a	max.	15,2	19,2	24	26	28	32	35	41
d _s	nom.	12	16	20	22	24	27	30	36
	min.	11,3	15,3	19,16	21,16	23,16	26,16	29,16	35
	max.	12,7	16,7	20,84	22,84	24,84	27,84	30	37
d _w ²⁾	min.	20,1	24,9	29,5	33,3	38,0	42,8	46,6	55,9
e	min.	23,91	29,56	35,03	39,55	45,20	50,85	55,37	66,44
k	nom.	8	10	13	14	15	17	19	23
	min.	7,55	9,25	12,1	13,1	14,1	16,1	17,95	21,95
	max.	8,45	10,75	13,9	14,9	15,9	17,9	20,05	24,05
k _w	min.	5,28	6,47	8,47	9,17	9,87	11,27	12,56	15,36
r	min.	1,2	1,2	1,5	1,5	1,5	2	2	2
s	max.	22	27	32	36	41	46	50	60
	min.	21,16	26,16	31	35	40	45	49	58,8
h	nom.	3	4	4	4	4	5	5	6
	min.	2,7	3,7	3,7	3,7	3,7	4,4	4,4	5,4
	max.	3,3	4,3	4,3	4,3	4,3	5,6	5,6	6,6
m	nom. = max.	10	13	16	18	20	22	24	29
	min.	9,64	12,3	14,9	16,9	18,7	20,7	22,7	27,7

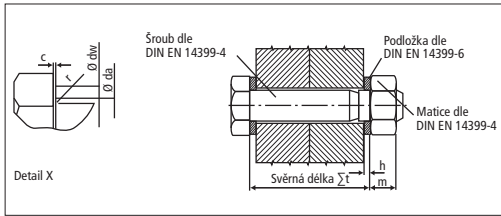
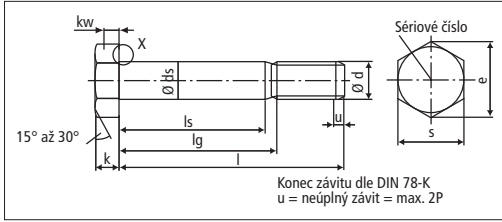
Poznámka: pro žárově pozinkované šrouby, podložky a matice platí rozměry před pozinkováním
¹⁾ P = stoupání závitu (normální závít)
²⁾ d_{w,max.} = s_{st}

Tab. 2a

INFORMACE

Jmenovitá délka l	Svěrná délka $\Sigma t_{min.}$ a $\Sigma t_{max.}$ pro šrouby HV a HVP1 ¹⁾							
	M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M36
30	11– 16							
35	16– 21	12– 17						
40	21– 26	17– 22						
45	26– 31	22– 27	18– 23					
50	31– 36	27– 32	23– 28	22– 27				
55	36– 41	32– 37	28– 33	27– 32				
60	41– 46	37– 42	33– 38	32– 37	29– 34			
65	46– 51	42– 47	38– 43	37– 42	34– 39			
70	51– 56	47– 52	43– 48	42– 47	39– 44	36– 41		
75	56– 61	52– 57	48– 53	47– 52	44– 49	41– 46	39– 44	
80	61– 66	57– 62	53– 58	52– 57	49– 54	46– 51	44– 49	
85	66– 71	62– 67	58– 63	57– 62	54– 59	51– 56	49– 54	43– 48
90	71– 76	67– 72	63– 68	62– 67	59– 64	56– 61	54– 59	48– 53
95	76– 81	72– 77	68– 73	67– 72	64– 69	61– 66	59– 64	53– 58
100	81– 86	77– 82	73– 78	72– 77	69– 74	66– 71	64– 69	58– 63
105	86– 91	82– 87	78– 83	77– 82	74– 79	71– 76	69– 74	63– 68
110	91– 96	87– 92	83– 88	82– 87	79– 84	76– 81	74– 79	68– 73
115	96–101	92– 97	88– 93	87– 92	84– 89	81– 86	79– 84	73– 78
120	101–106	97–102	93– 98	92– 97	89– 94	86– 91	84– 89	78– 83
125	106–111	102–107	98–103	97–102	94– 99	91– 96	89– 94	83– 88
130	111–116	107–112	103– 108	102–107	99–104	96–101	94– 99	88– 93
135	116–121	112–117	108–113	107–112	104–109	101–106	99–104	93– 98
140	121–126	117–122	113–118	112–117	109–114	106–111	104–109	98–103
145	126–131	122–127	118–123	117–122	114–119	111–116	109–114	103– 108
150	131–136	127–132	123–128	122–127	119–124	116–121	114–119	108–113
155	136–141	132–137	128–133	127–132	124–129	121–126	119–124	113–118
160	141–146	137–142	133–138	132–137	129–134	126–131	124–129	118–123
165	146–151	142–147	138–143	137–142	134–139	131–136	129–134	123–128
170	151–156	147–152	143–148	142–147	139–144	136–141	134–139	128–133
175	156–161	152–157	148–153	147–152	144–149	141–146	139–144	133–138
180	161–166	157–162	153–158	152–157	149–154	146–151	144–149	138–143
185			158–163	157–162	154–159	151–156	149–154	143–148
190			163–168	162–167	159–164	156–161	154–159	148–153
195			168–173	167–172	164–169	161–166	159–164	153–158
200			173–178	172–177	169–174	166–171	164–169	158–163
210			183–188	182–187	179–184	176–181	174–179	168–173
220			193–198	192–197	189–194	186–191	184–189	178–183
230			203–208	202–207	199–204	196–201	194–199	188–193
240			213–218	212–217	209–214	206–211	204–209	198–203
250			223–228	222–227	219–224	216–221	214–219	208–213
260			233–238	232–237	229–234	226–231	224–229	218–223

¹⁾ Svěrná délka Σ zahrnuje i obě podložky



Obr. 5

8.3 Konstrukční pokyny a důkazy pro vysokopevnostní spoje dle DIN 18800-1 a DIN EN 1993-1-8.

8.3.1 Vysokopevnostní spoje dle DIN 18 800-1 (2008)

Měřicí hodnoty namáhání střížnou silou V_a nesmí překročit hraniční střížná síla $V_{a,R,d}$ dle DIN 18800-1:2008-11.

$$\frac{V_a}{V_{a,R,d}} \leq 1 \text{ Hraniční střížná síla } V_{a,R,d} \text{ ist}$$

$$V_{a,R,d} = A \cdot T_{R,d} = A \cdot a_a \cdot \frac{f_{u,b,k}}{Y_M}$$

- A průřez dířku $A_{sch'}$ jestliže leží hladký dířek ve střížné mezeře.
Napětový průřez A_{Sp} , jestliže leží závitová část dířku ve střížné mezeře.
- a_a 0,55 pro vysokopevnostní šrouby třídy pevnosti 10.9, jestliže hladký dířek leží ve střížné mezeře.
0,44 pro vysokopevnostní šrouby třídy pevnosti 10.9, jestliže závitová část dířku leží ve střížné mezeře.
- $f_{u,b,k}$ charakteristická pevnost materiálu šroubů v tahu u vysokopevnostních šroubů:
1.000 N/mm²
- $Y_M = 1,1$ dílčí bezpečnostní koeficient odporu

Dle DIN 18800-1:2008-11 nesmí měřicí hodnoty namáhání stěny otvoru V_I překročit hraniční síly na stěny otvoru $V_{I,R,d}$.

$$\frac{V_I}{V_{I,R,d}} \leq 1$$

Hraniční hodnota namáhání stěny otvoru $V_{I,R,d}$ je

$$V_{I,R,d} = t \cdot d_{sch} \cdot \sigma_{I,R,d} \\ = t \cdot d_{sch} \cdot a_I \cdot \frac{f_{z,k}}{Y_M}$$

kde t je tloušťka dílce

d_{sch} je průměr dířku šroubu

a_I al je faktor ke zjištění namáhatelnosti stěny otvoru podle typu otvoru

$f_{y,k}$ charakteristická mez pružnosti materiálu dílce

$Y_M = 1,1$ dílčí bezpečnostní koeficient odporu

Faktor a_I je přitom závislý na geometrii celého šroubovaného spoje, zejména na rozestupu šroubů od okrajů dílce a mezi sebou. Pro výpočetní účely jsou zde většinou k dispozici tabulky nebo odpovídající software.

Pro výpočet hraniční tažné síly pod čistým tažným namáháním šroubů rozlišuje DIN 18800-1 různé případy. Na základě poměrů mezi pružností třídy pevnosti 10.9 je pro vysokopevnostní šrouby selhání v závitě směřodonné. Hraniční tažná síla se vypočte tedy takto:

$$N_{R,d} = \frac{A_{Sp} \cdot f_{u,b,k}}{1,25 \cdot Y_M}$$

A_{Sp} napětový průřez

$f_{u,b,k}$ pro FK 10.9 = 1.000 N/mm²

1,25 = koeficient ke zvýšenému zajištění proti pevnosti v tahu

$Y_M = 1,1$

Působí-li na šroub současně tažná a střížná síla, je navíc interakčním důkazem podle požadavků DIN 18800-1.

Pro třecí spoje (GV a GVP) nesmí namáhání V_g překročit v hraničním stavu použitelnosti hraniční posouvací síly $V_{g,R,d}$:

$$\frac{V_g}{V_{g,R,d}} \leq 1$$

8.3.2 Vysokopevnostní spoje dle DIN EN 1993-1-8

Evropská norma dělí šroubové spoje dle tabulky 3 a základní rozlišení závisí na síle vnější síly t .

Spoje odolné vůči střížnému namáhání stěny otvoru			
Kategorie	Poznámka	Ve srovnání s DIN 18800-1	
		GdG	GdT
A Spoj odolný vůči střížnému namáhání/namáhání stěny otvoru	Není zapotřebí předpětí, avšak ve většině případů je výhodné, třídy pevnosti 4.6 až 10.9	SL, příp. SLP	SL, příp. SLP
B Třecí spoj (GdG)	Vysokopevnostní šrouby FK - pevn.třída 8.8 nebo 10.9, předepjaté	GV, příp. GVP	SL, příp. SLP
C Třecí spoj (GdT)	Vysokopevnostní šrouby FK - pevn.třída 8.8 nebo 10.9, předepjaté	GV, příp. GVP	GV, příp. GVP (netto)
Spoje namáhané v tahu			
Kategorie	Poznámka	Ve srovnání s DIN 18800-1	
D Bez předpětí	Není zapotřebí předpětí, třídy pevnosti 4.6 až 10.9	Neklasifikované, avšak kritérium důkazu uvedené	
E Předpětí	Vysokopevnostní šrouby FK 8.8 nebo 10.9		

Tab. 3

Hraniční posouvací síla $V_{g,R,d}$ je

$$V_{g,R,d} = \frac{\mu \cdot F_v}{(1,15 \cdot Y_M)}, \text{ nepůsobí-li žádná vnější tažná síla}$$

na vysokopevnostní šroub,

$$V_{g,R,d} = \frac{\mu \cdot F_v \cdot \left(1 - \frac{N}{F_v}\right)}{(1,15 \cdot Y_M)}, \text{ působí-li vnější tažná síla}$$

na vysokopevnostní šroub.

Dabei ist

μ koeficient tření po přípravě třecích ploch dle DIN 18800-7

F_v síla předpětí dle DIN 18800-7

N tažná síla odpovídající podílu šroubu

$Y_M = 1,0$

Kromě toho je pro spoje GV a GVP nutné prokázat bezpečnost nosnost jako pro spoje SL a SLP.

Důkaz pevnosti otvoru se liší v přístupu od postupu dle DIN 18 800-1 tak, že přenos výpočetních výsledků nebo tabulkových hodnot není možný. Zde je zapotřebí nový výpočet podle požadavků DIN EN 1993-1-8. V řadě případů je namáhateľnost dle EN vyšší než dle DIN.

Důkaz střížení šroubů dle EN se liší jen v detailech a je z hlediska teoretického přístupu stejně postavený. Je-li dřik ve střížné mezeře, jsou namáhateľnosti přibližně stejné. U závitů ve střížné mezeře jsou stejné.

Vysokopevnostní šrouby při tažném namáhání jsou přístup podle DIN a EN rovněž podobné, je však třeba na tomto místě upozornit na významný rozdíl, který má vliv i na použitý postup předepětí.

DIN EN 1993-1-8 předpokládá pro kluzné spoje (a jen pro ně) vyšší úroveň předpínací síly než je pro předepjaté vysokopevnostní spoje dle DIN 18 800-7 zvykem.

Předpínací síla má obnášet 70 % pevnosti šroubu v tahu

$$F_{p,C} = 0,7 f_{ub} A_s$$

Tato úroveň předpínací síly již není postupem točivého momentu kvůli rozptylu tření bezpečně dosažitelná, takže se zde musí používat alternativní postupy, které snižují vliv tření.

Montážní hodnoty viz DIN 18800-7 a jsou uvedené v kapitole 8.4.

8.4 Montáž

8.4.1 Montáž a kontrola dle DIN 1800-7

K předepínání se přednostně použije postup utahovacího momentu. Normální předpínací síla dle tab. 4 odpovídá 70 % meze tažnosti šroubů a generuje se aplikací utahovacího momentu M_A . Přitom je utahovací moment pro všechny povrchové stavy spojovacích prvků stejný.

Rozměry		Normální předpínací síla F_v [kN] (odpovídá $F_{p,C}^* = 0,7 \cdot f_{yb} \cdot A_s$)	Postup utahovacího momentu
			Aplikovaný utahovací moment M_A k dosažení normální předpínací síly F_v [Nm]
			Stav povrchu: žárový pozink ^a namazáno a z výroby a namazáno ^a
1	M12	50	100
2	M16	100	250
3	M20	160	450
4	M22	190	650
5	M24	220	800
6	M27	290	1250
7	M30	350	1650
8	M36	510	2800

^a Matice v dodaném stavu ze strany výrobce ošetřené molybden-sulfidem nebo rovnocenným mazadlem. Na rozdíl od dřívějších předpisů je utahovací moment nezávisle na stavu při dodání vždy stejný.

Tab. 4: Předpínání utahovacím momentem

Pro všechny šroubové spoje, které jsou spočítané jako netřecí spoje a mají se předepnout z jiných důvodů, jako např. kvůli zvýšení odolnosti vůči únavě je přípustná i nižší úroveň předpínací síly. To může být např. úroveň předpínací síly dle DIN 18800-7.

$$F_{p,C}^* = 0,7 f_{yb} A_s$$

To znamená, že předpínací síla obnáší 70 % meze průtažnosti šroubu. To znamená, že se také všechny předepjaté šroubové spoje dle DIN EN 1993-1-8, které se nepředepínají jako třecí, smí předepínat postupem utahovacího momentu běžným pro šroubové spoje.

Šroubové spoje, které byly předepjaty postupem utahovacího momentu, jsou přístupné kontrole poměrně jednoduchým způsobem aplikací zkušebního utahovacího momentu zvýšenému o 10 % oproti utahovacímu momentu.

Pro neplánovitě předepjaté spoje se nepožadují žádné testovací opatření. U plánovitě předepjatých spojů se u spojů nikoliv převážně klidově namáhaných testuje min. 10 % garnitur prováděného spojení a u převážně klidově namáhaných spojů min. 5 % sad prováděného připojení (u spojení s méně než 20 šrouby min. 2 spoje, příp. 1 spoj). Garnitura se testuje podle označení (poloha matice relativně vůči dříku šroubu) ze strany, ze které se utahovala.

Podle toho, jaký úhel dalšího otočení vznikl při zkoušce, se postupuje podle tabulky 5. Není-li možná zkouška bez pochybností (použití jiných postupů), musí se hlídat postup práce u min. 10 % spojů. Zjistí-li se přitom odchylky od požadavků stanovených v příslušné postupové zkoušce, je třeba po opravě hlídat provedení celého spoje.

Kontrola předpětí u normálních předpínacích sil

Úhel dalšího otočení	Hodnocení	Opatření
< 30°	Předpětí bylo dostatečné	Žádné
30° až 60°	Předpětí bylo podmíněně dostatečné	Nechejte zkontrolovat sadu a dva sousední spoje ve stejném spojení
> 60°	Předpětí bylo nedostatečné	Vyměňte sadu ¹ a dva sousední spoje ve stejném spojení

¹ Jen u převážně klidově namáhaných spojů SLV nebo SLVP bez přídavného tahového namáhání se smí tyto zkontrolované spojovací prvky ponechat v konstrukci

Tab. 5

Další v normě uvedené postupy jsou postup utahovacího impulsu, postup úhlu otočení a kombinovaný postup, které se zde jen zmiňují proto, že se používají jen vzácně. Dle potřeby nahlídněte do textu normy.

8.4.2 Montáž dle DIN EN 1090-2

Pro všechny předepjaté spoje nadimenzované jako třecí spoje, se použije předpětí na 70 % mezi průtažnosti šroubů, a tedy i postup utahovacího momentu dle DIN 18800-7 v souladu s EN bez omezení.

V případech, kdy bylo spojení nadimenzované jako třecí, je třeba počítat s předpětím dle DIN EN 1993-1-8 ve výši:

$$F_{p,C} = 0,7 f_{ub} A_s$$

To vyžaduje použití jiných postupů, přičemž se zde jeví jako vhodný kombinovaný postup. Přitom se spoje utáhnou předběžným utahovacím momentem doporučeným výrobcem šroubů nebo odhadnutým dle

$$M_{t,1} = 0,13 d F_{p,C}$$

není-li k dispozici doporučení výrobce. Podle toho se spoje utáhnou vždy o úhel dalšího otočení stanovený v normě. Tabulka 6 uvádí utahovací parametry pro kombinované postupy dle DIN EN 1090-2.

8.5 Zvláštní pokyny při použití sad vysokopevnostních šroubů a matic

- Vysokopevnostní šrouby, matice a podložky je třeba při skladování chránit před korozí a znečištěním.
- Při předpětí otáčením hlavy šroubu je třeba aplikovat vhodné mazání na straně hlavy a provést postupovou zkoušku.
- Jestliže se předepjatá sada později uvolňuje, je třeba ji demontovat a nahradit novou.
- Po utažení musí závit šroubu zpravidla přecházet o celý závit přes matici.
- K vyrovnání svěrné délky jsou na straně sady, která se netočí, přípustné až tři podložky o celkové tloušťce 12 mm.

Kombinovaný postup								
Rozměry	M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M36
Předepínací síla $F_{p,C} = 0,7 \cdot f_{ub} \cdot A_s$ [kN]	59	110	172	212	247	321	393	572
Předběžný utahovací moment M_A [Nm] ¹⁾	75	190	340	490	600	940	1240	2100
Úhel dalšího otočení, příp. míra dalšího otočení pro svěrnou délku Σt								
	Celková jmenovitá tloušťka „t“ spojovaných dílců (vč. všech výplňových plechů a podložek) d = průměr šroubu		Úhel dalšího otočení			Míra dalšího otočení		
1	t < 2d		60			1/6		
2	2d ≤ t ≤ 6d		90			1/4		
3	6d ≤ t ≤ 10d		120			1/3		
Poznámka: Neří-li povrch pod hlavou šroubu či maticí (s ohledem na příp. vsazené klinové podložky) kolmý k ose šroubu, měl by se potřebný úhel dalšího otočení stanovit pokusně.								
¹⁾ Přikladhafte Herstellerempfehlung								

Tab. 6: Předpětí kombinovaným postupem

9. PŘÍMÉ ŠROUBOVÁNÍ DO PLASTŮ A KOVŮ

9.1 Přímé šroubování do plastů

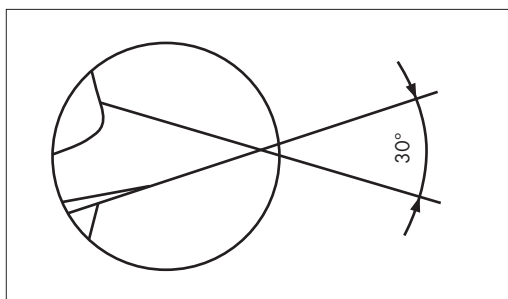
Použití plastů získává v rostoucí míře na významu díky novým aplikačním možnostem.

Přednosti přitom spočívají mj. ve snížení hmotnosti, zvýšené chemické odolnosti a v recyklaci dílců.

Přímé sešroubování plastů se závitoreznými kovovými šrouby nabízí díky hospodárným možnostem montáže, opětne rozebíratelnosti a nákladově výhodnější zakázky vůči jiným spojovacím postupům. Speciálně k zašroubování do plastů vyvinuté spojovací prvky skýtají díky plošším zubům a většimu stoupání závitů vyšší procesní bezpečnost oproti ostatním typům šroubů.

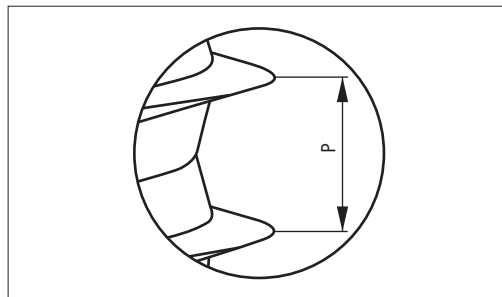
Nabízíme našim zákazníkům skladový sortiment závitoreznych kovových šroubů ke zpracování do plastů. Výroba více než 150 různých rozměrů odpovídá normám automobilového průmyslu.

Geometrie závitů 30° úhel



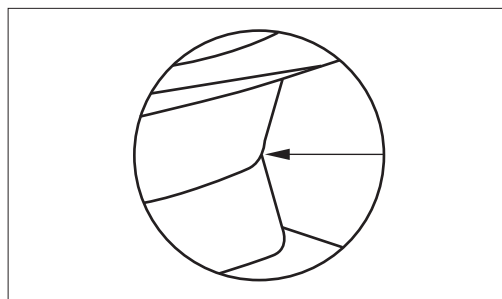
- Snížení radiálního napětí
- Konstrukce tenkých stěn umožňuje úspory nákladů a hmotnosti
- Bez poškození trnu šroubu
- Větší překrytí mezi boky závitů a materiálem, který odolá vyšší síle vytržení, zvyšují procesní bezpečnost.

Optimalizované stoupání závitů



- Vysoká samosvornost
- Možnost samostatného uvolnění spoje se snižuje
- Šetří materiál
- Vyšší zatížitelnost šroubového spoje

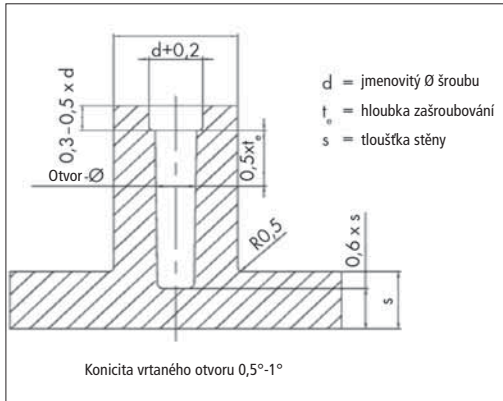
Optimalizovaný průměr jádra



- Nehromadění materiálu/lepší pohyb materiálu. Bez poškození materiálu, což zvyšuje bezpečnost montáže
- Nižší utahovací momenty. Bezpečné zašroubování na základě většího rozdílu mezi utahovacím momentem a momentem přetažení

Díky kombinaci těchto znaků se zajišťuje procesně bezpečné vícenásobné zašroubování.

Utváření tubusu:



Konstrukce:

Vlastnosti umožňují tenkostěnnou a plochou konstrukci tubusu.

Odlehčovací vrtání:

Odlehčovací vrtání na horním konci vyvrtaného otvoru snižuje překrývání prutu, a brání tedy prasknutí tubusu.

Navíc slouží k vedení šroubu při montážním postupu.

Geometrii tubusu je třeba přizpůsobit různým materiálům.

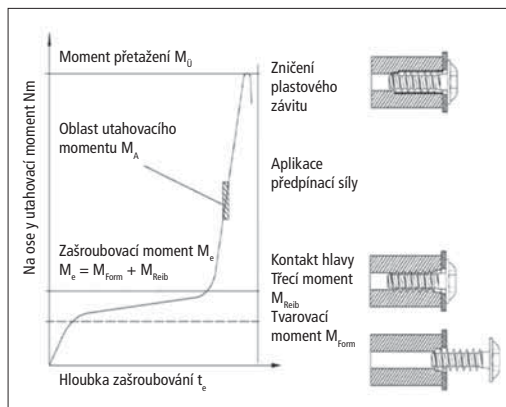
Materiál		Ø otvoru mm	Vnější Ø mm	Doporučená hl. zašroubování mm e
ABS	Akrylnitril/butadien/styren	0,8x d	2x d	2x d
ASA	Akrylnitril/styren/akrylester	0,78x d	2x d	2x d
PA 4.6	Polyamid	0,73x d	1,85x d	1,8x d
PA 4.6-GF30	Polyamid	0,78x d	1,85x d	1,8x d
PA 6	Polyamid	0,75x d	1,85x d	1,7x d
PA 6-GF30	Polyamid	0,8x d	2x d	1,8x d
PA 6.6	Polyamid	0,75x d	1,85x d	1,7x d
PA 6.6-GF30	Polyamid	0,82x d	2x d	1,8x d
PA 30GV	Polyamid	0,8x d	1,8x d	1,7x d
PBT	Polybutylentereftalát	0,75x d	1,85x d	1,7x d
PBT-GF30	Polybutylentereftalát	0,8x d	1,8x d	1,7x d
PC	Polykarbonát	0,85x d	2,5x d	2,2x d*
PC-GF30	Polykarbonát	0,85x d	2,2x d	2,2x d*
PE (měkký)	Polyetylén	0,7x d	2x d	2x d
PE (tvrdý)	Polyetylén	0,75x d	1,8x d	1,8x d
PET	Polyethylentereftalát	0,75x d	1,85x d	1,7x d
PET-GF30	Polyethylentereftalát	0,8x d	1,8x d	1,7x d
PETP	Polyethylentereftalát	0,75x d	1,85x d	1,7x d
PETP 30GV	Polyethylentereftalát	0,8x d	1,8x d	1,7x d
PMMA	Polymetylmetakrylát	0,85x d	2x d	2x d
POM	Polyoxymetylen	0,75x d	1,95x d	2x d
PP	Polypropelen	0,7x d	2x d	2x d
PP-TV20	Polypropelen	0,72x d	2x d	2x d
PPO	Polyphenylenoxid	0,85x d	2,5x d	2,2x d**
PS	Polystyren	0,8x d	2x d	2x d
PVC (hart)	Polyvinylchlorid	0,8x d	2x d	2x d
SAN	Styren/akrylnitril	0,77x d	2x d	1,9x d

* Test TnP

** Test TnBP pro materiály citlivé na trhliny způsobení prnutí

Montážní pokyny

Schématycký průběh křivky procesu zašroubování



Utahovací moment:

Předpokladem pro procesně bezpečné zašroubování je velký rozdíl mezi zašroubovacím momentem a momentem přetažení.

Potřebný utahovací moment se dá teoreticky určit podle následujícího vzorce:

$$M_A = M_e + 1/3 \dots 1/2 (M_0 - M_e)$$

Zašroubovací moment a moment přetažení je třeba stanovit experimentálně.

Bezpečné přímé zašroubování do plastu se dá provést jen s montážními přístroji s řízeným utahovacím momentem a úhlem otáčení. Rychlost šroubování se volí mezi 300 a 800 ot/min.

Vyšší počty otáček vedou na základě působení tepla k poškození plastu a nadměrnému poklesu předpínací síly.

Jak utváření busu, tak utahovací moment je třeba v praxi ověřit na dílci.

9.2 Přímé šroubování do kovů

Pod pojmem závitotvářecí šrouby do kovů se rozumí tvářecí šrouby s metrickým závitem a šrouby do plechu. Tyto šrouby si vylisují svůj protizávit samy bez generování špon. Lze je použít do tažných kovů jako např. oceli a lehkých stavebních

materiálů až po 140 HV10 nebo podle pevnosti v tahu 450 MPa.

9.2.1 Metrické závitotvářecí šrouby

Tyto šrouby se používají do průchozích otvorů a velmi často do odlévaných jádrových otvorů (hliník a tlaková zinková litina).

DIN 7500 je zde nejstarší a nejrozšířenější provedení a definuje závit a technické dodací podmínky. Ale i šrouby jako Taptite, Duo-Taptite nebo Taptite 2000 jsou dnes na trhu běžné.

Šrouby si při zašroubování beztržkově vytvarují metrický maticový závit, do kterého se dá těsný šroub zašroubovat.

Zpravidla jsou tyto šrouby zápustkově kalené, což znamená, že povrch je extrémně tvrdý a jádro šroubu je měkké, příp. houževnaté.

K usnadnění tváření závitu jsou šrouby po celé délce nebo také jen na konci šroubu speciálně tvarované (trilobulární tvar) = zaoblený trojúhelník.

K nasazení do jádrového otvoru je závit šroubu kónický podle DIN 7500 v úseku max. 4 x P stoupání závitu.

Ve srovnání se šrouby do plechu menší stoupání a vysoký překryv závitu zajišťují šrouby určitým způsobem proti samočinnému uvolnění.

9.2.2 Šroubové spoje pro závitotvářecí šrouby dle DIN 7500

Ideální průměr vrtáku pro jádrové otvory je třeba stanovit pokusně. Dobré orientační podklady k tomu poskytují následující dvě tabulky.

Gefu-1: (zkratka od GEwindeFURchende Schraube) - Doporučené jádrové otvory pro zastudena tvarovatelné materiály v závislosti na délce zašroubování

Závit d	M3			M4			M5			M6		
Tloušťka materiálu zašroubovací délky	doporučené toleranční pole											
	St	Al	Cu	St	Al	Cu	St	Al	Cu	St	Al	Cu
1,0		2,7										
1,2		2,7										
1,5		2,7			3,6				4,5			
1,6		2,7			3,6				4,5			
1,7		2,7			3,6				4,5			
1,8	2,75	2,7			3,6				4,5			
2,0	2,75	2,7	2,7		3,6				4,5		5,4	
2,2		2,75			3,6				4,5		5,4	
2,5		2,75		3,65	3,6	3,6			4,5		5,4	
3,0		2,75		3,65	3,6	3,6			4,5		5,45	
3,2		2,75		3,65	3,6	3,6	4,55	4,5	4,5		5,45	
3,5		2,75			3,6				4,55		5,45	
4,0		2,75			3,6				4,55	5,5	5,45	5,45
5,0		2,75		3,7	3,65	3,65		4,6	2,75	5,5	5,45	5,45
5,5		2,75		3,7	3,65	3,65		4,6			5,5	
6,0		2,75		3,7	3,65	3,65		4,6			5,5	
6,3		2,75							4,65		5,5	
6,5		2,75							4,65		5,5	
7,0		2,75							4,65	5,55	5,5	5,5
7,5									4,65	5,55	5,5	5,5
8 do ≤ 10									4,65		5,55	
>10 do ≤ 12												
>12 do ≤ 15												

Gefu-2: Doporučené jádrové otvory pro tažné materiály

Závit d	M5			M6			M8		
Tloušťka materiálu zašroubovací délky	doporučené toleranční pole								
	St	Al	Cu	St	Al	Cu	St	Al	Cu
1,0									
1,2									
1,5	4,5	4,5	4,5						
1,6	4,5	4,5	4,5						
1,7	4,5	4,5	4,5						
1,8	4,5	4,5	4,5						
2,0	4,5	4,5	4,5	5,4	5,4	5,4			
2,2	4,5	4,5	4,5	5,4	5,4	5,4	7,25	7,25	7,25
2,5	4,5	4,5	4,5	5,4	5,4	5,4	7,25	7,25	7,25
3,0	4,5	4,5	4,5	5,45	5,45	5,45	7,25	7,25	7,25
3,2	4,55	4,5	4,5	5,45	5,45	5,45	7,25	7,25	7,25

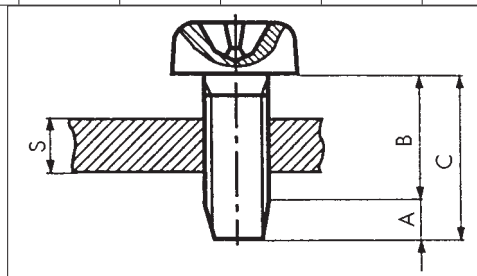
Závít d	M5			M6			M8		
Tloušťka materiálu zašroubovací délky	doporučené toleranční pole								
	St	Al	Cu	St	Al	Cu	St	Al	Cu
3,5	4,55	4,55	4,55	5,45	5,45	5,45	7,25	7,25	7,25
4,0	4,55	4,55	4,55	5,5	5,45	5,45	7,3	7,3	7,3
5,0	4,6	4,6	4,6	5,5	5,45	5,45	7,4	7,3	7,3
5,5	4,6	4,6	4,6	5,5	5,5	5,5	7,4	7,3	7,3
6,0	4,6	4,6	4,6	5,5	5,5	5,5	7,4	7,3	7,3
6,3	4,65	4,65	4,65	5,5	5,5	5,5	7,4	7,35	7,35
6,5	4,65	4,65	4,65	5,5	5,5	5,5	7,4	7,35	7,35
7,0	4,65	4,65	4,65	5,55	5,5	5,5	7,5	7,4	7,4
7,5	4,65	4,65	4,65	5,55	5,5	5,5	7,5	7,4	7,4
8 do ≤ 10	4,65	4,65	4,65	5,55	5,55	5,55	7,5	7,4	7,4
>10 do ≤ 12							7,5	7,5	7,5
>12 do ≤ 15							7,5	7,5	7,5

9.2.3 Přímé šroubování do kovů se závitotvářecími šrouby dle DIN 7500

Šrouby DIN 7500 tvarují při zašroubování svůj protizávít beztržiskově plastickou deformací základního materiálu (ocel, HB max. 135, lehké a barevné kovy). Šrouby z A2 lze normálně zašroubovat jen do neželezných kovů.

Pevnostní vlastnosti, geometrie jádrového otvoru

Při výběru délky šroubu se nezohledňuje délka nenosného kónického konce šroubu! U tvrdších materiálů je třeba experimentálně zjistit průměr jádrového otvoru



A = max. 4 P
 B = možná nosná délka závitu
 C = celková délka, tolerance js 16
 s = tloušťka materiálu

Obr. AB

Technické údaje	Jmenovitý průměr závitu							
	M2	M2,5	M3	M3,5	M4	M5	M6	M8
Stoupání závitu P [mm]	0,4	0,45	0,5	0,6	0,7	0,8	1	1,25
Utahovací moment max.	cca 80 % točivého momentu přetřetí							
Moment přetřetí min. [Nm]	0,5	1	1,5	2,3	3,4	7,1	12	29
Tažná síla min. [kN]	1,7	2,7	4	5,4	7	11,4	16	29
Tloušťka materiálu s [mm]	Průměr jádrového otvoru d - H11 pro ocel, HB max. 135; vyvrtaný a vyražený							
2 a menší	1,8	2,25	2,7	3,15	3,6	4,5	5,4	7,25
4,0	1,85	2,3	2,75	3,2	3,65	4,5	5,45	7,3
6,0		2,35	2,8	3,25	3,7	4,6	5,5	7,35
8,0				3,3	3,75	4,65	5,55	7,4
10,0						4,7	5,6	7,45
12,0							5,65	7,5
14,0								7,5
16,0								7,55

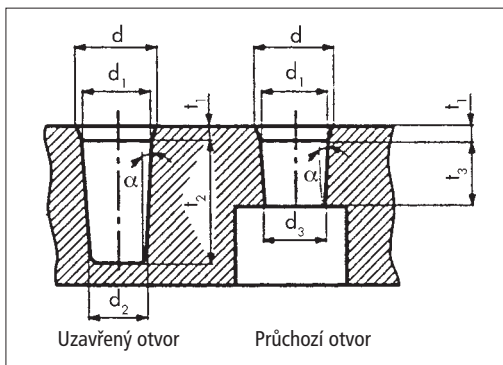
Jádrové otvory pro tlakovou litinu

Veškerá doporučení je vždy nutné praktickými montážními pokusy ověřit.

Obecné informace

t_1 [mm]: horní část otvoru, se zesílenou kónicitou pro slévačsko-technicky výhodná zaoblení, zesílení trnu, středění šroubu, prevenci pěchování materiálu a přizpůsobení levnějším normovaným délkám šroubů.

t_2/t_3 [mm]: nosná část jádrového otvoru, utahovací úhel max. 1°



Obr. AC

Jmenovitý průměr závitu	M2,5	M3	M3,5	M4	M5	M6	M8
dH12 [mm]	2,7	3,2	3,7	4,3	5,3	6,4	8,4
d_1 [mm]	2,36	2,86	3,32	3,78	4,77	5,69	7,63
d_2 [mm]	2,2	2,67	3,11	3,54	4,5	5,37	7,24
d_3 [mm]	2,27	2,76	3,23	3,64	4,6	5,48	7,35
Tolerance pro d_1, d_2, d_3 v [mm]	+0 -0,06	+0 -0,06	+0 -0,075	+0 -0,075	+0 -0,075	+0 -0,075	+0 -0,09
t_1 [mm]	variabilní, min. 1 x stoupání závitu PP						
t_2 [mm]	5,3	6	6,9	7,8	9,2	11	14
Tolerance pro t_2 v [mm]	+0,2 -0,0	+0,2 -0,0	+0,6 -0,0	+0,5 -0,0	+0,5 -0,0	+0,5 -0,0	+0,5 -0,0
t_3 [mm]	2,5	3	3,5	4	5	6	8

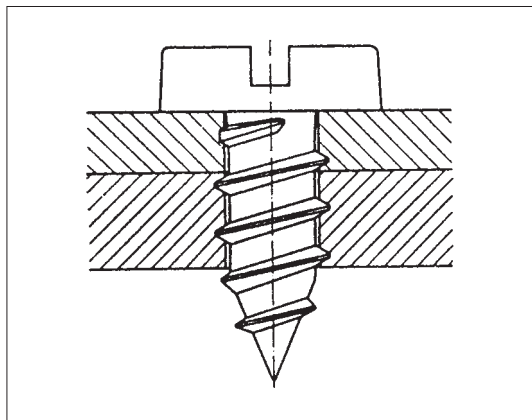
9.3 Šrouby do plechu

9.3.1 Spojení pomocí šroubů do plechu

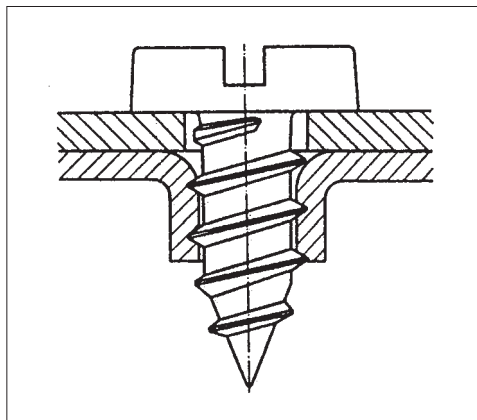
Následující příklady šroubových spojů platí pro šrouby do plechu se závitem dle DIN EN ISO 1478. Přednostně se používají šrouby do plechu tvaru C s hrotem (zvaným též naváděcí hrot). To platí zejména při sešroubování několika plechů, u kterých se musí počítat s posunutím otvoru.

Minimální hodnota celkové tloušťky sešroubovaných plechů

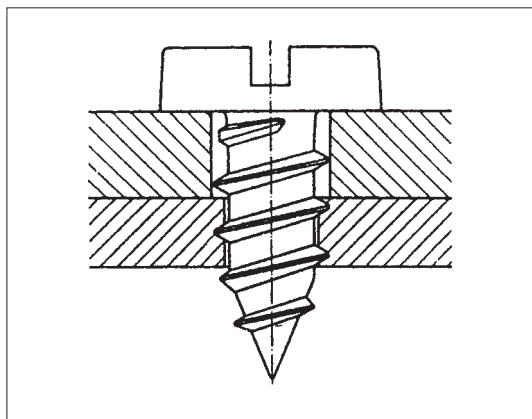
Tloušťky sešroubovaných plechů musí být celkově větší než stoupání závitu zvoleného šroubu, protože jinak se kvůli doběhu závitu pod hlavou šroubu nedá dosáhnout dostatečně velkého utahovacího momentu. Není-li tato podmínka splněná, musí se použít šroubované spoje do plechu dle obr. 3 až 6.



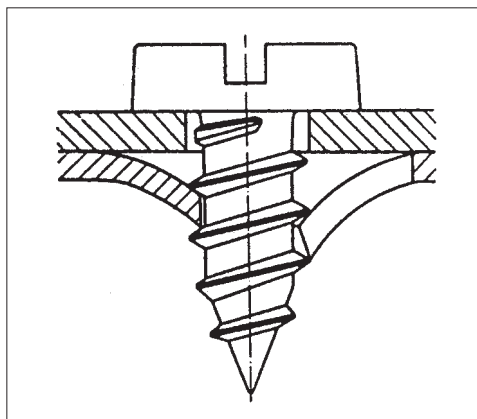
Obr. 1: Jednoduché šroubové spojení (dva jádrové otvory)



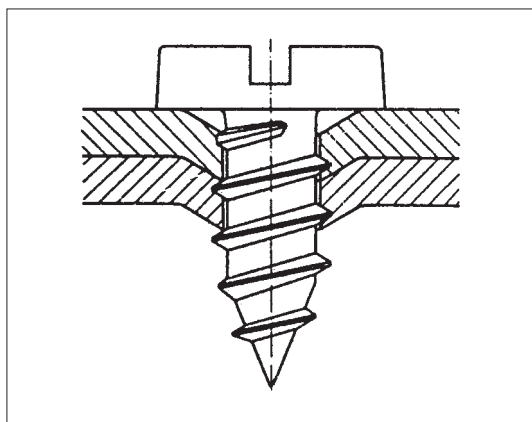
Obr. 4: Protažený jádrový otvor (tenké plechy)



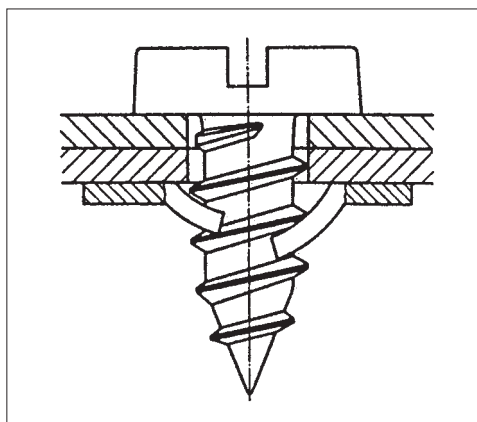
Obr. 2: Jednoduché šroubové spojení s průchozím otvorem



Obr. 5: Lisované sešroubování



Obr. 3: Jádrový otvor nasazený na trn (tenké plechy)



Obr. 6: Sešroubování se svěrnou maticí

INFORMACE

Průměr jádrového otvoru

V následujících tabulkách uvedený průměr jádrového otvoru platí za následujících předpokladů:

- jednoduché spojení šroubem do plechu dle obr. 7
- vrtaný jádrový otvor
- šroub do plechu zápusťově zúšlechtěn a bez povrchové úpravy
- zašroubovací utahovací moment $\leq 0,5$ x minimální moment přetřetí
- šroubování jen ve směru vyražení
- vyražené otvory příp. volte o 0,1 - 0,3 mm větší

U jiných materiálů šroubů nebo plechu by se měly provést vlastní předběžné pokusy

Orientační hodnoty průměru jádrového otvoru

Tl. plechu s	Průměr jádrového otvoru d_p pro vel. závitu ST 2,2									
	Pevnost materiálu R_m N/mm ²									
	100	150	200	250	300	350	400	450	500	
0,8	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
0,9	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
1,0	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8
1,1	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8
1,2	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8
1,3	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
1,4	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8	1,9
1,5	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9
1,6	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9
1,7	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9
1,8	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9

Tl. plechu s	Průměr jádrového otvoru d_p pro vel. závitu ST 2,9									
	Pevnost materiálu R_m N/mm ²									
	100	150	200	250	300	350	400	450	500	
1,1	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
1,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3
1,3	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3
1,4	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,3	2,4
1,5	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4
1,6	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	2,4
1,7	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
1,8	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	2,4	2,5
1,9	2,2	2,2	2,2	2,3	2,4	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5
2,0	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5	2,5
2,2	2,2	2,2	2,3	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5

Tl. plechu s	Průměr jádrového otvoru d_p pro vel. závitu ST 3,5									
	Pevnost materiálu R_m N/mm ²									
	100	150	200	250	300	350	400	450	500	
1,3	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,7	2,7	2,7	2,8
1,4	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8	2,8
1,5	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8	2,8	2,9
1,6	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8	2,8	2,9	2,9
1,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8	2,8	2,8	2,9	2,9
1,8	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8	2,8	2,9	2,9	2,9	2,9
1,9	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8	2,9	2,9	2,9	2,9	3,0
2,0	2,7	2,7	2,7	2,8	2,9	2,9	2,9	2,9	3,0	3,0
2,2	2,7	2,7	2,8	2,8	2,9	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
2,5	2,7	2,7	2,9	2,9	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,1
2,8	2,7	2,8	2,9	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,1	3,1

Tl. plechu s	Průměr jádrového otvoru d_p pro vel. závitu ST 3,9									
	Pevnost materiálu R_m N/mm ²									
	100	150	200	250	300	350	400	450	500	
1,3	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	3,0	3,0	3,1	3,1
1,4	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	3,0	3,1	3,1	3,1	3,1
1,5	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,1	3,2
1,6	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,2	3,2	3,2
1,7	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,2	3,2	3,2	3,3
1,8	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,2	3,2	3,3	3,3	3,3
1,9	3,0	3,0	3,0	3,1	3,2	3,2	3,3	3,3	3,3	3,3
2,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,2	3,2	3,3	3,3	3,3	3,3
2,2	3,0	3,0	3,1	3,2	3,2	3,3	3,3	3,3	3,3	3,4
2,5	3,0	3,0	3,2	3,3	3,3	3,3	3,4	3,4	3,4	3,4
2,8	3,0	3,2	3,3	3,3	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
3,0	3,0	3,2	3,3	3,3	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,5

Tl. plechu s	Průměr jádrového otvoru d_p pro vel. závitu ST 4,2									
	Pevnost materiálu R_m N/mm ²									
	100	150	200	250	300	350	400	450	500	
1,4	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,2	3,3	3,3	3,4
1,5	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3	3,4
1,6	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3	3,4
1,7	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3	3,3	3,4	3,4
1,8	3,2	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3	3,4	3,4	3,4	3,5
1,9	3,2	3,2	3,2	3,2	3,3	3,4	3,4	3,4	3,4	3,5
2,0	3,2	3,2	3,2	3,3	3,4	3,4	3,5	3,5	3,5	3,5
2,2	3,2	3,2	3,2	3,3	3,4	3,5	3,5	3,5	3,5	3,6
2,5	3,2	3,2	3,4	3,4	3,5	3,5	3,6	3,6	3,6	3,6
2,8	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
3,0	3,2	3,4	3,5	3,5	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,7
3,5	3,3	3,5	3,6	3,6	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7

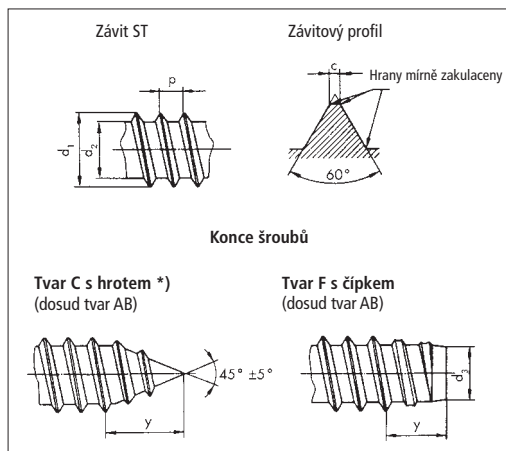
Tl. plechu s	Průměr jádrového otvoru d_b pro vel. závitu ST 4,8									
	Pevnost materiálu R_m N/mm ²									
	100	150	200	250	300	350	400	450	500	
1,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,7	3,8	3,9	3,9	
1,7	3,6	3,6	3,6	3,6	3,7	3,8	3,9	3,9	4,0	
1,8	3,6	3,6	3,6	3,6	3,8	3,8	3,9	4,0	4,0	
1,9	3,6	3,6	3,6	3,7	3,8	3,9	3,9	4,0	4,0	
2,0	3,6	3,6	3,6	3,8	3,9	3,9	4,0	4,0	4,1	
2,2	3,6	3,6	3,7	3,9	3,9	4,0	4,0	4,1	4,1	
2,5	3,6	3,7	3,9	4,0	4,0	4,1	4,1	4,1	4,2	
2,8	3,6	3,8	4,0	4,0	4,1	4,1	4,2	4,2	4,2	
3,0	3,7	3,9	4,0	4,1	4,1	4,2	4,2	4,2	4,2	
3,5	3,8	4,0	4,1	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	
4,0	4,0	4,1	4,2	4,2	4,2	4,2	4,3	4,3	4,3	

Tl. plechu s	Průměr jádrového otvoru d_b pro vel. závitu ST 5,5									
	Pevnost materiálu R_m N/mm ²									
	100	150	200	250	300	350	400	450	500	
1,8	4,2	4,2	4,2	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,6	
1,9	4,2	4,2	4,2	4,2	4,4	4,5	4,6	4,6	4,7	
2,0	4,2	4,2	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,6	4,7	
2,2	4,2	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,7	4,8	
2,5	4,2	4,2	4,4	4,6	4,7	4,7	4,8	4,8	4,8	
2,8	4,2	4,4	4,6	4,7	4,7	4,8	4,8	4,8	4,9	
3,0	4,2	4,5	4,6	4,7	4,8	4,8	4,8	4,9	4,9	
3,5	4,4	4,6	4,7	4,8	4,8	4,9	4,9	4,9	4,9	
4,0	4,6	4,7	4,8	4,9	4,9	4,9	4,9	5,0	5,0	
4,5	4,7	4,8	4,9	4,9	4,9	4,9	5,0	5,0	5,0	

Tl. plechu s	Průměr jádrového otvoru d_b pro vel. závitu ST 6,3									
	Pevnost materiálu R_m N/mm ²									
	100	150	200	250	300	350	400	450	500	
1,8	4,9	4,9	4,9	4,9	5,0	5,2	5,3	5,3	5,4	
1,9	4,9	4,9	4,9	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,4	
2,0	4,9	4,9	4,9	5,1	5,2	5,3	5,4	5,4	5,5	
2,2	4,9	4,9	5,0	5,2	5,3	5,4	5,5	5,5	5,6	
2,5	4,9	5,0	5,2	5,4	5,4	5,5	5,6	5,6	5,6	
2,8	4,9	5,2	5,3	5,5	5,5	5,6	5,6	5,7	5,7	
3,0	4,9	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,7	5,7	5,7	
3,5	5,2	5,4	5,5	5,6	5,7	5,7	5,7	5,7	5,8	
4,0	5,3	5,5	5,6	5,7	5,7	5,7	5,8	5,8	5,8	
4,5	5,5	5,6	5,7	5,7	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	
5,0	5,5	5,7	5,7	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	

Tl. plechu s	Průměr jádrového otvoru d_b pro vel. závitu ST 8									
	Pevnost materiálu R_m N/mm ²									
	100	150	200	250	300	350	400	450	500	
2,1	6,3	6,3	6,3	6,3	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9	
2,2	6,3	6,3	6,3	6,5	6,6	6,8	6,8	6,9	7,0	
2,5	6,3	6,3	6,5	6,7	6,8	6,9	7,0	7,0	7,1	
2,8	6,3	6,4	6,7	6,8	6,9	7,0	7,1	7,1	7,2	
3,0	6,3	6,5	6,8	6,9	7,0	7,1	7,1	7,2	7,2	
3,5	6,4	6,8	7,0	7,1	7,1	7,2	7,2	7,3	7,3	
4,0	6,7	6,9	7,1	7,2	7,2	7,3	7,3	7,3	7,3	
4,5	6,8	7,1	7,2	7,2	7,3	7,3	7,3	7,3	7,4	
5,0	7,0	7,1	7,2	7,3	7,3	7,3	7,4	7,4	7,4	
5,5	7,1	7,2	7,3	7,3	7,3	7,4	7,4	7,4	7,4	
6,0	7,1	7,2	7,3	7,3	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	
6,5	7,2	7,3	7,3	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	

9.3.2 Závity pro šrouby do plechu



Rozměry pro šrouby do plechu jako stoupání a průměr jsou zobrazené pro ST 1,5 až ST 9,5 v tab. 48.

Velikost závitu		ST 1,5	ST 1,9	ST 2,2	ST 2,6	ST 2,9	ST 3,3	ST 3,5
P	≈	0,5	0,6	0,8	0,9	1,1	1,3	1,3
d ¹	max.	1,52	1,90	2,24	2,57	2,90	3,30	3,53
	min.	1,38	1,76	2,1	2,43	2,76	3,12	3,35
d ₂	max.	0,91	1,24	1,63	1,90	2,18	2,39	2,64
	min.	0,84	1,17	1,52	1,80	2,08	2,29	2,51
d ₃	max.	0,79	1,12	1,47	1,73	2,01	2,21	2,41
	min.	0,69	1,02	1,37	1,60	1,88	2,08	2,26
c	max.	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
y	Form C	1,4	1,6	2	2,3	2,6	3	3,2
Pom. rozměr ¹⁾	Form F	1,1	1,2	1,6	1,8	2,1	2,5	2,5
Číslo ²⁾		0	1	2	3	4	5	6

Rozměry závitů šroubů do plechu

Velikost závitu		ST 3,9	ST 4,2	ST 4,8	ST 5,5	ST 6,3	ST 8	ST 9,5
P	≈	1,3	1,4	1,6	1,8	1,8	2,1	2,1
d ¹	max.	3,91	4,22	4,8	5,46	6,25	8	9,65
	min.	3,73	4,04	4,62	5,28	6,03	7,78	9,43
d ₂	max.	2,92	3,10	3,58	4,17	4,88	6,20	7,85
	min.	2,77	2,95	3,43	3,99	4,70	5,99	7,59
d ₃	max.	2,67	2,84	3,30	3,86	4,55	5,84	7,44
	min.	2,51	2,69	3,12	3,68	4,34	5,64	7,24
c	max.	0,1	0,1	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
y	Form C	3,5	3,7	4,3	5	6	6,5	8
Pom. rozměr ¹⁾	Form F	2,7	2,8	3,2	3,6	3,6	4,2	4,2
Číslo ²⁾		7	8	10	12	14	16	20

¹⁾ Délka neúplného závitu
²⁾ Jen pro informaci

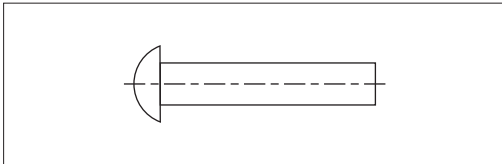
10. NÝTOVACÍ TECHNIKA

10.1 Typy nýtů

10.1.1 Plný nýt

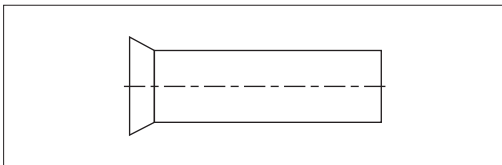
Plné nýty se používají stále méně často. Často se nahrazují svařováním nebo také lepením.

Nejběžnějším tvarem hlavy je půlkulatá hlava (DIN 660 (do 8 mm), DIN 124 (od 10 mm)), která se příležitostně ještě používá při výrobě ocelových konstrukcí. I zde se však nýtování nahrazuje sešroubováním vysokopevnostními prvky.



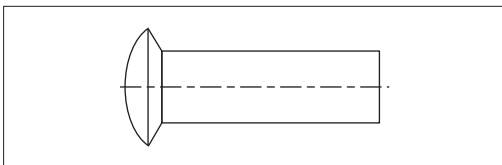
Půlkulatá hlava

Nýty se zápuštnou hlavou (DIN 661 (do 8 mm), DIN 302 (od 10 mm)) se používají všude tam, kde hlava nýtu nesmí vyčnívat. Spojení je však méně zatížitelné.



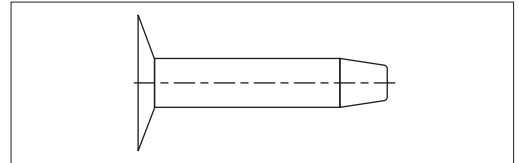
Zápuštná hlava

Nýty s čočkovou hlavou (DIN 662) se ještě často používají u schodišť, nášlapných ploch a ochozů, má-li být povrch drsný a pochůzný bez nebezpečí úrazu.



Čočková zápuštná hlava

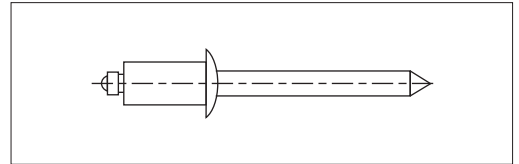
Nýt s plochou zápuštnou hlavou (DIN 675) se používá kvůli velkému zápuštnému úhlu hlavy 140° velmi často ke spojování měkkých materiálů jako je kůže, plst, guma (nedochází k vytrhávání).



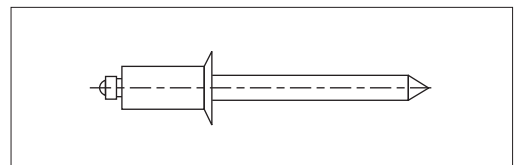
Nýt s plochou zápuštnou hlavou

10.1.2 Dutý nýt

Na rozdíl od plných nýtů jsou dutinové nýty i nadále žádané. Především trhací nýty v posledním desetiletí prožívají konjunkturu, protože jsou relativně snadno zpracovatelné.



Trhací nýt s půlkulatou hlavou



Trhací nýt se zápuštnou hlavou

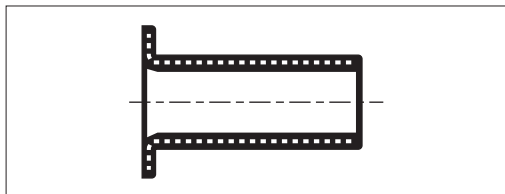
Nýtované kolíky jsou jednoduché válcové ocelové kolíky, jejichž čelní plocha je sražená na 120° nebo opatřená krátkým vrtáním. Čelní plochy se jen trochu nafouknou, aby byly kolíky zajištěny před vypadnutím. Proto je ale přípustné jen zatížení na odstřížení.

10.1.3 Trubkový nýt

Trubkový nýt (DIN 7339 (z pásoviny), 7340 (z trubky)) jsou válcová pouzdra s plochým okrajem na jednom

konci. Druhý konec se při zpracování speciálním nástrojem olemuje.

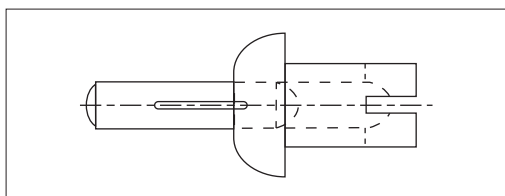
Tento druh nýtu se často používá ke spojení kovových dílů s citlivými materiály (kůže, karton, plasty) v elektrotechnice a v hračkářském průmyslu. Další předností trubkového nýtu je to, že čistou dutinou lze vést kabely.



Jednodílný dutý nýt

10.1.4 Rozpěrný nýt

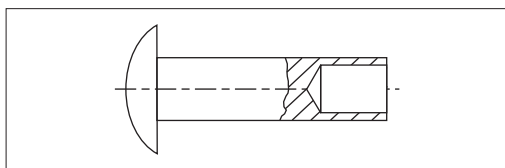
Rozpěrný (zatloukácí) nýt nevyžaduje žádné zvláštní nářadí. Kladivem se nalisovaný rýhovaný kolík nebo rýhovaný rozpěrný trn zatluče do dutého korpusu. Tím vznikne pevné snýtování s dobrou odolností vůči vibracím.



Rozpěrný nýt

10.1.5 Polodutý nýt

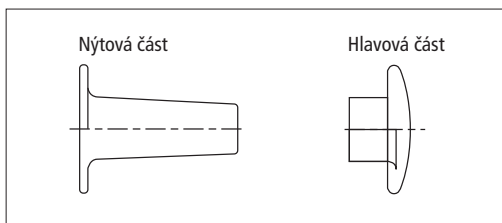
Tento druh nýtu (DIN 6791 a 6792) se vyznačuje tím, že se musí zpracovat už jen konec nýtu. Používá se stejně jako nýtovací kolíky.



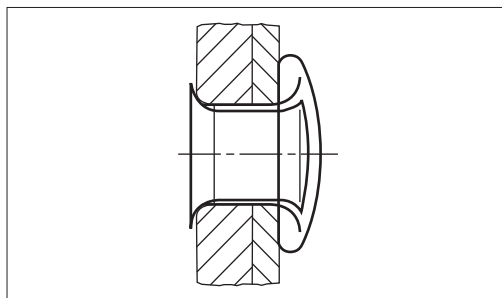
Půlkulatá hlava
Polodutý nýt

10.1.6 Dvoudílný dutý nýt

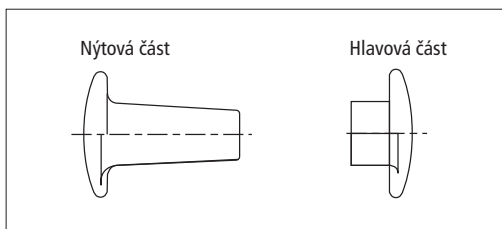
Tento druh nýtu se často používá pro podřadné účely. Rozlišuje se podle tvaru nýtové části:



Tvar A Otevřená nýtová část



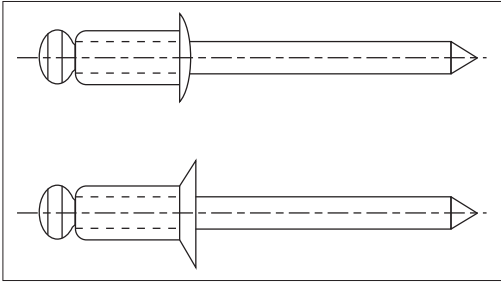
Zpracovaný



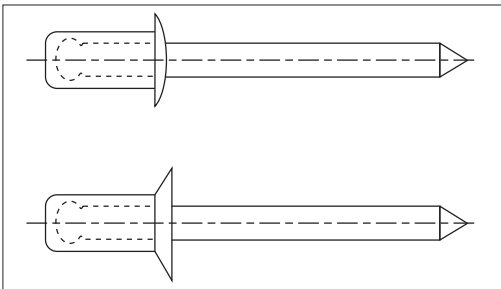
Tvar B Zavřená nýtová část

10.1.7 Trhací nýt

Význam tohoto druhu nýtu výrazně narostl, zvláště při spojování tenkostěnných plechů a konstrukcí z dutých profilů. Jeho velkou předností je kromě toho to, že se nýt dá usadit z jedné strany, čili se montuje naslepo. Nýt se skládá z nýtového pouzdra a trnu. Zásadně se rozlišují dva tvary: zavřený trhací nýt (kalíškový nýt) se hodí k výrobě spojů těsných vůči rozstříknuté vodě.



Otevřený trhací nýt (standardní tvar)

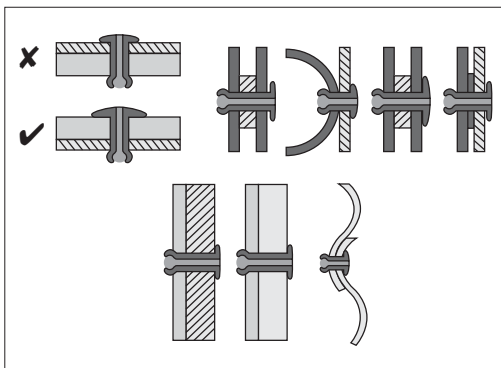


Zavřený trhací nýt (kalíškový nýt)

10.2 Pokyny ke zpracování

10.2.1 Spojení tvrdých a měkkých materiálů

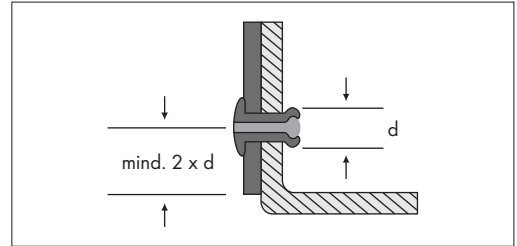
Měkké a tvrdé dílce se často upevňují pomocí přidavné podložky pod hlavou pouzdra tlačící proti měkkému materiálu. Podstatně lepší metodou je použít nýt s velkou plochou kulatou hlavou a posazení hlavy proti tvrdému materiálu.



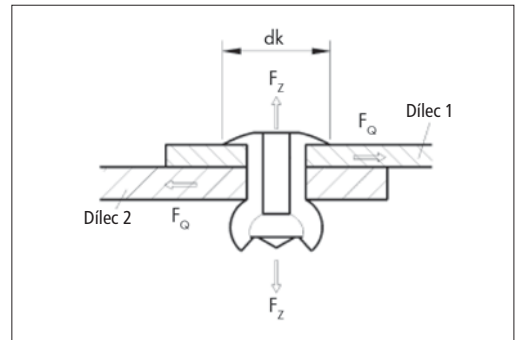
Pro tento případ aplikace lze použít nýt s měkkými drápky, nýt s rýhovaným dříkem nýtu, univerzální nýt (nýt s přítlačnou částí).

10.2.2 Rohové vzdálenosti spojů:

K dosažení maximální pevnosti spojení by neměla být vzdálenost osy nýtu od okraje dílce menší než dvojnásobek průměru pouzdra.



10.3 Pojmy a mechanické charakteristiky

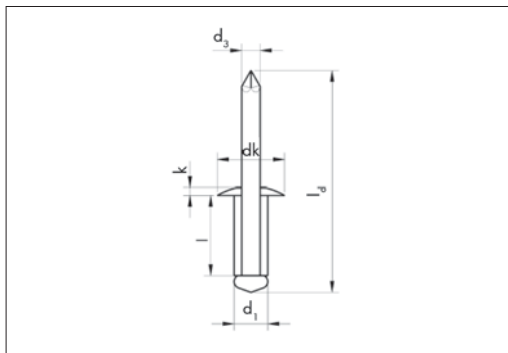


d_k průměr hlavy

F_z tažná síla působící na pouzdro

F_Q střížná síla působící na pouzdro

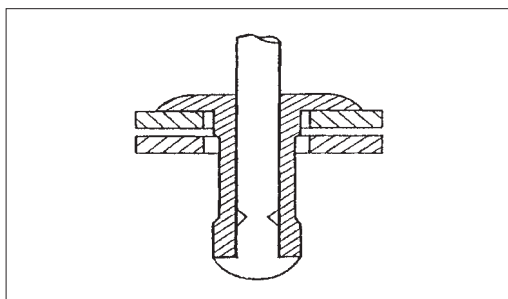
Spojení dvou plechů



- d_1 průměr pouzdra
- d_3 průměr trnu
- d_k průměr hlavy
- l délka pouzdra
- l_d délka trnu
- k výška hlavy

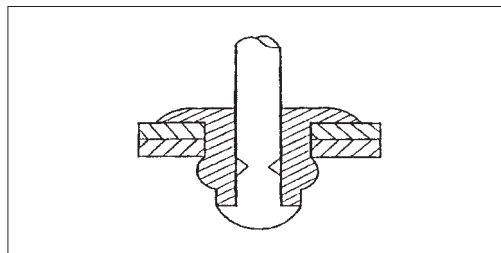
10.4 Zpracování trhacích nýtů

Nýt se zavádí pomocí nýtovacího trnu do náustku nástroje ke zpracování a nýtovým pouzdem do vyvrtaného otvoru. Při stisknutí nástroje uchopí upínací čelisti trn a táhnou jej zpět (obr. 1).



Obr. 1

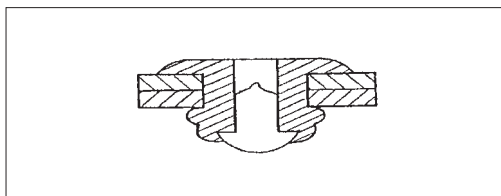
Tažným pohybem začíná hlava nýtu tvarovat pouzdro, čímž současně vzniká pevné slisování spojovaných dílců (obr. 2).



Obr. 2

Ve vyvrtaném otvoru v materiálu se pouzdro přilísuje na ostění otvoru a současně se ze „slepé strany“ dále vytvaruje v zavírací hlavu. Trn se na předem určeném místě požadovaného lomu odlomí, zatímco zbytek nýtovacího trnu, který zůstal v nýtovacím pouzdru, pouzdro pevně uzavře (obr. 2).

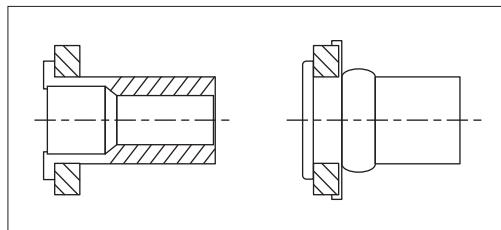
Nýtovací spoj je vytvořený a nevyžaduje žádné dopravování (obr. 3)



Obr. 3

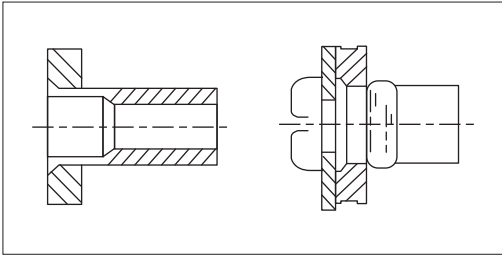
10.5 Nýtovací matice do plechu

Tyto matice se používají hlavně u dutých těles, protože je lze sázet jen z jedné strany (slepá montáž). Velmi univerzální oblast použití zahrnuje tloušťky materiálu 0,5 - 7,5 mm.



Nýtovací matice s plochou hlavou

Nýtovací matice spojují 2 druhy upevnění: spojení nýtem a navíc šroubovaný spoj.



Nýtovací matice se zápustnou hlavou

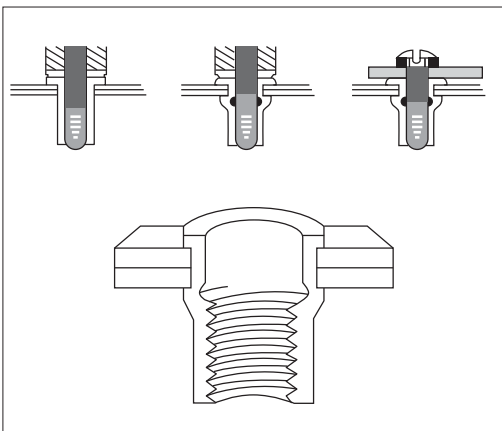
Tím vzniká především možnost použít šroubované spoje v relativně tenkostěnných konstrukčních prvcích.

10.5.1 Zpracování nýtovacích matic do plechu

Zpracování nýtovacích matic probíhá podobně jako u trhacích nýtů.

Nýtovací matice se našroubuje na závitový trn nástroje ke zpracování.

Poté se matice zavede do připraveného vyvrtaného otvoru. Při stisknutí nástroje se závitový trn stáhne zpět. Tažným pohybem začíná závitový trn pouzdro tvarovat, čímž současně vznikne pevné slisování spojovaných dílců.



10.6 Řešení problémů

10.6.1 Příliš velký svěrný rozsah:

- Trn se neulomí v místě požadovaného lomu, takže se může stát, že trn ještě po zpracování vyčnívá z taženého pouzdra.
- Spoj vykazuje jen malé až žádné pevnosti v tahu, příp. pevnosti ve smyku.

10.6.2 Příliš malý svěrný rozsah:

- Spoj vykazuje slabiny v oblasti pevnosti v tahu/smyku.
- Nýtovací trn se sice ulomí v místě požadovaného lomu, ale vyčnívá z pouzdra

10.6.3 Otvor příliš velký:

- Nýt lze sice zavést, ale nevznikne pevný spoj, protože materiál pouzdra nestačí na vyplnění vyvrtaného otvoru

10.6.4 Otvor příliš malý:

- Nýtovací pouzdro se do materiálu zavést nedá, protože průměr pouzdra je větší než otvor..

Další montážní chyby mohou vznikat při chybném výběru trnu nebo nástroje ke zpracování.

10.7 Vysvětlení pojmů

10.7.1 Trhací nýt uzavřený:

Nazývá se také těsnicí trhací nýt. Jeho pouzdro je spojené s hlavou kalíškovitě a vykazuje vůči otevřeným nýtům odolnost vůči rozstříknuté vodě.

10.7.2 Svěrný rozsah:

Rozsah, ve kterém nýt bezvadně splňuje předepsanou délkou pouzdra nýtu svůj nýtovací úkol. Svěrný rozsah dílce je součet všech spojovaných dílců.

10.7.3 Nýt trhací Multi:

Nýt, který spojuje více svěrných rozsahů v jednom nýtu (možný svěrný rozsah do 20 mm).

10.7.4 Průměr pouzdra nýtu:

Vnější průměr pouzdra nýtu. Často se označuje jako průměr dřívku.

10.7.5 Délka pouzdra nýtu:

U provedení nýtu s plochou kulatou hlavou je třeba délku pouzdra nýtu měřit až po začátek ploché kulaté hlavy.

U provedení se zápustnou hlavou se měří délka pouzdra nýtu jako celková délka včetně zápustné hlavy a pouzdra.

10.7.6 Zavírací hlava:

Část pouzdra nýtu, která se po zpracování hlavou nýtovacího trnu deformuje.

10.7.7 Sázečí hlava:

Ve výrobě natvarovaná hlava na pouzdru nýtu, které se nedeformuje. Vyrábí se s kulatou nebo zápustnou hlavou.

10.7.8 Místo požadovaného lomu:

Každý trn má drážky, na kterých se při maximální deformaci nýtovací pouzdro oddělí.

