



Střední průmyslová škola a Vyšší odborná škola technická Brno, Sokolská 1

Šablona: Inovace a zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT

Název: Spoje a spojovací součásti

Téma: Silové poměry na šroubu, utahovací moment

Autor: Ing. Magdalena Svobodová

Číslo: VY_32_INOVACE_13 – 06

Anotace: *Rozbor silových poměrů u spojovacích šroubů. Vysvětlení pojmu utahovací moment. Tabulka utahovacích momentů pro běžné rozměry šroubů. Výukový text je doplněn pracovním listem pro procvičení probíraného učiva na konkrétních příkladech.*

DUM je určen pro studenty druhého ročníku strojírenských oborů.

Vytvořeno: květen 2012

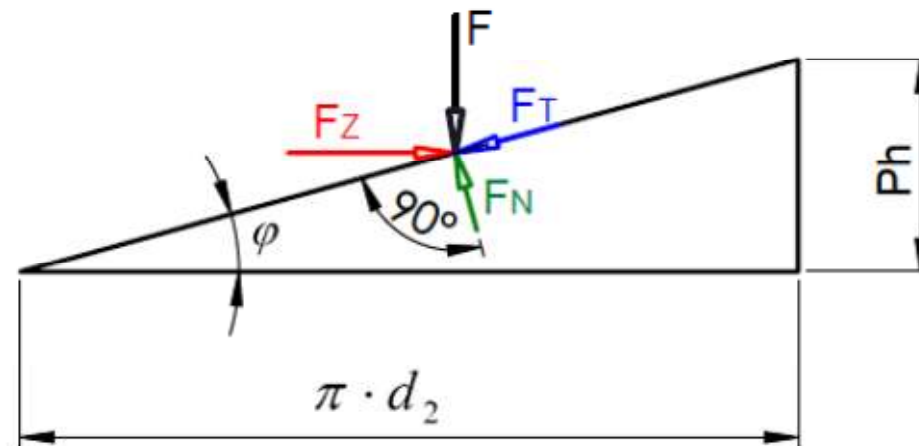
SILOVÉ POMĚRY NA SPOJOVACÍCH ŠROUBECH (ZÁVITECH)

Spojovací šrouby slouží ke spojení jednotlivých dílů. Spojovací závity mohou být vytvořeny buď přímo na konstrukčních dílech, nebo na šroubech a maticích. Nejčastěji používaný závit v technické praxi je závit metrický. Závity spojovacích šroubů jsou vždy jednoduché, mají malý úhel stoupání a zpravidla velký vrcholový úhel, jsou samosvorné.

SILOVÉ POMĚRY NA ŠROUBU PŘI UTAHOVÁNÍ ŠROUBU

V rozvinutí je závit nakloněná rovina.

- F síla v ose šroubu
- F_z obvodová síla na středním průměru závitu
- F_T třecí síla
- F_N normálová síla
- φ úhel stoupání závitu (šroubovice)
- d_2 střední průměr závitu
- Ph stoupání závitu



Obr. 1: Silové poměry při utahování šroubu

Velikost třecí síly určíme ze vztahu: $F_T = f \cdot F_N$

Soustava je ve statické rovnováze musí tedy platit:

$$\sum F_x = 0$$

$$F_Z - F_N \cdot \sin \varphi - F_T \cdot \cos \varphi = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$F + F_T \cdot \sin \varphi - F_N \cdot \cos \varphi = 0$$

Pro úhel stoupání závitu platí vztah:

$$\tan \varphi = \frac{P_h}{\pi \cdot d_2}$$

Další úpravou vztahu dostaneme:

$$F_Z = \frac{F \left(\frac{P_h}{\pi \cdot d_2} + f \right)}{1 - \left(\frac{f \cdot P_h}{\pi \cdot d_2} \right)}$$

Po úpravě vztahu dostaneme velikost obvodové síly při utahování šroubu:

$$F_Z = \frac{F(\sin \varphi + f \cdot \cos \varphi)}{\cos \varphi - f \cdot \sin \varphi}$$

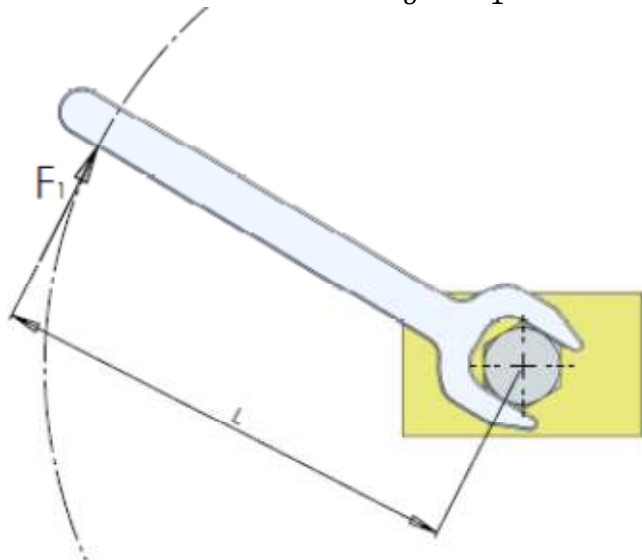
Pro spojovací šrouby platí podmínka samosvornosti:

$$f > \tan \varphi \cdot \cos \left(\frac{\alpha}{2} \right)$$

Utahovací moment

Při utahování matic nebo šroubů působí točivý moment – utahovací moment.

Utahovací moment $M_U = F_1 \cdot L$



V závislosti na stoupání závitu se ve šroubu při utahování vytváří tahová síla – síla předpětí. Je-li síla předpětí příliš velká, dochází k plastické deformaci šroubu, případně jeho utržení.

Velikost síly předpětí závisí na velikosti šroubu, jeho materiálu a tření v závitu. Tření v závitech způsobuje namáhání šroubů krutem. Proto musí maximální předpínací síla se vzrůstajícím třením klesat.

Pro utahovací momenty i síly předpětí jsou stanovené maximální hodnoty, které lze zjistit z tabulek. Protože obvodová síla působí na středním průměru závitu, lze utahovací moment vyjádřit i vztahem:

$$M_U = \frac{F \cdot d_2}{2} \left[\frac{P_h \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) + \pi \cdot f \cdot d_2}{\pi \cdot d_2 \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) - f \cdot P_h} \right]$$

Třecí úhel

Stejně jako u pohybových šroubů, některá odborná literatura zavádí i u spojovacích šroubů pojem třecího úhlu. Velikost třecího úhlu závisí na součiniteli tření v závitech. Třecí úhel budeme označovat stejně jako u pohybových šroubů γ' .

$$f = \tan \gamma'$$

Průměrný součinitel tření v závitech se pohybuje v rozmezí $f=0,12 \div 0,15$. Hodnota $f=0,12$ platí pro lehce naolejované závity, u závitů mazaných MoS_2 je hodnota součinitele tření v závitech $f=0,08$.

S použitím vztahu pro třecí úhel dostaneme rovnici pro výpočet utahovací síly šroubu:

$$F_Z = F \cdot \tan(\varphi + \gamma')$$

φ (°) úhel stoupání závitu

Síla při povolování šroubu (u spojovacích šroubů nemá praktický význam):

$$F_S = F \cdot \tan(\varphi - \gamma')$$

Při zavedení třecího úhlu dostáváme vztah pro utahovací moment:

$$M_U = \frac{F \cdot d_2}{2} \cdot \tan(\varphi + \gamma') = F_1 \cdot L$$

Utahovací moment:

$$M_U = k \cdot F \cdot d$$



Někdy se zavádí i součinitel utahovacího momentu „k“.

$$k = \frac{d_2}{2d} \cdot \tan(\varphi + \gamma')$$

Pro šrouby, kde není definovaná úprava povrchu je součinitel utahovacího momentu v rozmezí $k=0,16 \div 0,2$.

Utahovací momenty a síly předpětí pro vybrané velikosti šroubů

Hodnoty do tabulky převzaty z [5].

Závit	Materiál šroubu	Síla předpětí (kN)			Utahovací moment (Nm)		
		Koeficient tření f			Koeficient tření f		
		0,08	0,12	0,14	0,08	0,12	0,14
M8	8.8	18,6	17,2	16,5	17,9	23,1	25,3
	10.9	27,1	25,2	24,2	26,2	34	37,2
	12.9	31,9	29,5	28,3	30,7	39,6	43,5
M10	8.8	29,5	27,3	26,2	36	46	51
	10.9	43,3	40,2	38,5	53	68	75
	12.9	50,7	47	45	61	80	88
M12	8.8	43	39,9	38,3	61	80	87
	10.9	63	58,5	56,2	90	117	128
	12.9	73,9	68,5	65,8	105	137	150
M16	8.8	81	75,3	72,4	147	194	214
	10.9	119	111	106	216	285	314
	12.9	140	130	124	253	333	367
M20	8.8	131	121	117	297	391	430
	10.9	186	173	166	423	557	615
	12.9	218	202	194	495	653	720
M24	8.8	188	175	168	512	675	743
	10.9	268	250	238	730	960	1060
	12.9	313	291	280	855	1125	1240

Použitá literatura

1. KŘÍŽ, Rudolf a kol. *Stavba a provoz strojů I: Části strojů*. SNTL - Nakladatelství technické literatury. Praha: SNTL, 1977. L13-C2-V-43f/25559.
2. SHIGLEY Joseph E., Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS. *Konstruování strojních součástí*. Vysoké učení technické v Brně. Brno: VUTIUM, 2010. ISBN 978-80-214-2629-0.
3. LEINVEBER, Jan, Jaroslav ŘASA a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky*. Druhé, zcela přepracované vydání. Praha: Scientia, 1998. ISBN 80-7183-123-9.
4. DILLINGER, Josef a kol. *Moderní strojírenství: pro školu i praxi*. Vydání první. Praha: Europa-Sobotáles, 2007. ISBN 978-80-86706-19-1.
5. FISCHER, Ulrich, Roland GOMERINGER, Max HEINZLER, Roland KILGUS, Friedrich NÄHER, Stefan OESTERLE, Heinz PAETZOLD a Andreas STEPHAN. *Tabellenbuch Metall*. 44., neu bearbeitete Auflage. Haan-Gruiten: Europa Lehrmittel, 2008. ISBN 978-3-8085-1724-6.