

ZPŮSOBY STANOVENÍ OSOVÉ SÍLY PŘI UTAHOVÁNÍ METRICKÝCH ZÁVITŮ

Ing. Petr Jaroš, CSc, SVÚSS Běchovice, Praha 9

Souhrn: Je uveden obecný rozbor faktorů ovlivňujících závislost velikosti osové síly ve šroubu na utahovacím momentu. Navržený aproximativní poloempirický vztah je ověřován několika experimenty na šroubech s metrickým závitem a je proveden rozbor zjištěných rozdílů, z nichž vyplývá použitelnost vztahu v konstrukční praxi.

1. ÚVOD

Jedním z trvalých základních prvků strojírenství zůstává šroubové spojení. Z pohledu moderního konstruování má pro posouzení únosnosti, životnosti a splnění funkčních požadavků tohoto spoje dominantní význam správné stanovení velikosti osové síly po utažení šroubu F_v , jakož i praktické postupy pro její dosažení. Je-li tato síla vůči dovolenému napětí v jádře šroubu příliš nízká, nelze dosáhnout špičkových technických parametrů konstrukce a naopak při vysokých hodnotách, kdy superpozice této síly s účinky dalších sil od provozního namáhání dosáhnou meze kluzu v jádře závitu, nastává uvolnění šroubového spoje, které je ve většině případů nepřijatelným stavem (vzniká ztráta těsnosti, uvolnění třecích spojů a pod.).

Proto je již dlouhodobě a stále častěji věnována pozornost experimentálním postupům zajišťujícím požadované předpětí šroubu, z nichž lze jmenovat:

- využití záporné dilatace volně utaženého předeřtátého šroubu,
- aplikace ultrazvuku (změny rychlosti vln v podélném směru šroubu),
- použití šroubů se siloměrným prvkem (např. odporovými tenzometry),
- použití siloměrných podložek.

- utahování kontrolovaným momentem.

Tento referát se zabývá posledním způsobem, který je všeobecně považován za nejméně přesný, ale je pro svou jednoduchost a nenáročnost dosud nejvhodnější pro běžnou montážní práci.

2. OBECNÝ ROZBOR

Faktory ovlivňující závislost mezi utahovacím momentem T_A a osovou silou ve šroubech F_V můžeme rozdělit na geometrické, kam patří zejména tvar závitu a stykové plochy mezi vzájemně se otáčejícími díly a tribologické, které zahrnují třecí rozměry na stykových plochách (materiály, drsnost, typ maziva, stupeň zaběhání závitu atd.)

Charakter vlivu první skupiny je převážně deterministický, druhá skupina však způsobuje určitý rozptyl výsledků a její globální účinek je nutné určit experimentálně. Tímto postupem byl pro šrouby s metrickým závitem odvozen poloempirický vzorec [1]

$$F_V = \frac{2\pi}{\pi \cdot \hat{\mu} \cdot d_s + s} \cdot T_A \quad (1)$$

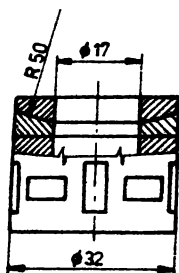
kde F_V je osová síla ve šroubu T_A je utahovací moment, d_s je střední průměr závitu a s jeho stoupání.

Tribologické vlivy jsou staženy do efektivního koeficientu tření, jehož hodnota pro naslejoovaný styk ocel-ocel $\hat{\mu} \approx 0,35$. Platnost této hodnoty je dále podmíněna válcovým tvarem styčné plochy otáčení s průměrem rovným normalizované hlavě šroubu s vnitřním šestihranem.

3. OVĚŘOVACÍ EXPERIMENTY

3.1 Stanovení síly ve šroubech M16 siloměrným prvkem

V souvislosti s výzkumem upínacích prvků typu Ringfeder byla sledována závislost síly F_V na utahovacím momentu T_A u většího souboru šroubů M16 x 2 různých výrobců [2]. Síla byla snímána siloměrem ve tvaru dutého válce opatřen-



Obr. 1

važovat za dolní aproximaci skutečných hodnot s dobrým vy-
stižením pro 1. utažení. Opakováním utažení se síla F_V
zákonitě zvyšuje, přibližně o 20 % při 3. utažení, což je
hlavní příčinou rozptylu pole naměřených hodnot. Dále je
patrný malý, ale zákonitý rozdíl průběhů proložených střed-
ními hodnotami souborů odpovídajících šroubům různých vý-
robců (Libčice, Inbus-NSR). Skutečná závislost má na roz-
díl od lineární teorie progresivní charakter.

3.2 Stanovení síly v Inbus šroubech M64 x 4

Součástí pevnostního měření na skříní kompresoru by-
lo i měření statického předpětí ve šroubech odvodové pří-
ruby. Úpravou 6 kusů těchto šroubů umístěním odporových
tenzometrů ve vývrtech vznikly velmi kvalitní siloměrné
prvky (viz též příspěvek [3]) s rozsahem 0 až 900 kN s
přesností 0,5 % v celém rozsahu. V kombinaci s hydraulíc-
kým utahovacím strojem HYTORC, U.S.A. vznikla možnost ově-
ření závislosti F_V na T_A při postupném utahování příruby.
Výsledky experimentu jsou vyneseny na obr. 3, přičemž u
tří ze šroubů byl namazán pouze závit tukem Thermocup (CH)
s přísadkou Cu (znač. A), zbývající tři byly mazány v
závitu i pod hlavou tukem s grafitem (znač. B). Odchyly
od lineární teorie charakterizují možnosti a spolehliv-
nost uvedeného postupu a důležitost dodržení jednotného
způsobu mazání.

ho tenzometry SVÜSS typu S-9-A (obr. 1),
z nichž 4 byly umístěny v osovém a 4 v
obvodovém směru. Utažování šroubu do zá-
vitového otvoru bylo prováděno moment-
ovým klíčem Drehmeter typ D s rozsahem
do 760 Nm s přesností ± 5 Nm (Gedore, NSR).

Souhrnné znázornění výsledků 26 ex-
perimentů ukazuje obr. 2, kde je vyne-
sen i lineární průběh podle teorie vzta-
hu (1). Je zřejmé, že při menších hodno-
tách T_A je shoda výsledků dobrá, při
vyšších je třeba teoretický průběh po-

4. SHRUTÍ POZNATKŮ

Na základě výsledků ověřovacích experimentů lze obecný lineární vzorec (1) doporučit pro odhad dolní meze osové síly F_V při aplikaci utahovacího momentu T_A s respektováním následujících připomínek:

1. Skutečná hodnota F_V může být vyšší až o 50 %, zejména při velkých hodnotách T_A , které připadají v úvahu u šroubů s vysokou mezí kluzu. Skutečný průběh F_V má progresivní charakter.
2. Pro dosažení reprodukovatelných hodnot na souboru stejných šroubů je třeba věnovat náležitou pozornost jejich stejnému způsobu namazání.
3. Opakováním utahování stejného šroubu ve stejném závitu se vlivem zabíhání ploch zvyšuje osová síla příslušná určitému momentu asi o 10 až 20 % při 2 až 3 prvních utaženích. Proto není lhostejné, zda jsou výkresově stejné šrouby při zpětné montáži zaměněny či nikoli.

Pro zpřesnění platnosti vzorce je důležité, aby styčná plocha vzájemného otáčení měla průměr hlavy šroubu s vnitřním šestihranem. U matic a šestihranných hlav lze stejného cíle dosáhnout mezikruhovou podložkou příslušného průměru.

Závěrem lze doporučit pro náročné aplikace moderní hydraulické utahovací stroje pro jejich přesnost a chod bez škodlivých účinků na obsluhu.

Literatura:

- [1] P.Jaroš, A.Strachota: Funkční zkoušky a konstrukční výpočet upínacích prstenců typu Ringfeder (zpráva SVÚSS 85-02011)
- [2] P.Jaroš : Experimentálně-výpočtové ověření možnosti využití šroubů nižší materiálové kvality v upínacích prstencích typu Ringfeder (zpráva SVÚSS 87-02004)
- [3] J.Truhlář: Konstrukce siloměrného šroubu. Nová metoda instalace tenzometrů v hlubokých děrách (v tomto sborníku)

