

SMART MONT - Inteligentná montáž skrutkových spojov

SMART MONT - Intelligent Assembly of Bolted Fasteners

Jozef Dominik

Abstrakt

Ako je známe, v bežnej strojárskkej praxi prevláda nekontrolované uťahovanie skrutkových spojov ručne alebo pomocou nepresných momentových kľúčov. Na príčine nie je iba neochota investovať do kvalitného náradia, ale hlavne utkvela predstava o dostatočnej kontrole uťahovania podľa citu. Obidva dôvody sú však irelevantné. Veľmi ľahko sa totižto dá dokázať, že investícia do presného uťahovania sa rýchlo vráti, a že cit v ruke nie je žiadna technická kategória. Preto je dôležité uťahovať exaktne, na stanovenú úroveň montážneho predpätia, determinovaného pevnosťou skrutky a matice a predikciou zmeny predpätia počas prevádzky.

Jedným zo spôsobov regulovanej (nie chaotickej) montáže skrutkových spojov a udržania nemenného predpätia je aj prezentovaný systém SmartMont.

Kľúčové slová: skrutkové spoje, samovoľné uvoľňovanie skrutkových spojov, montáž skrutkových spojov, poistné podložky

Abstract

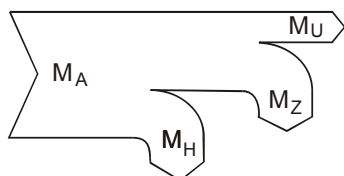
As it is known, an uncontrolled tightening of bolted fasteners with hand or with not precision torque wrench is mostly used in common mechanical engineering practice. The reason is not only unwillingness to invest in quality tools, but mainly fixed idea, that it is sufficient to control tightening according to the sense. Both reasons are irrelevant. It is easy to prove, that to invest in exactly tightening is effective and the sense in the hand can not be considered a technical category. That is why it is important to tighten exactly to the set level of assembly preload determined by the strength of screw and the nut and to the prediction about the change of preload during operation.

One of the methods of controllable, not chaotic installation of bolted fasteners and of the preservation of preload at the same level is the promoted system SmartMont.

Keywords: bolted fasteners, self loosening of bolted fasteners, assembly of screws, locking washers

1 Uťahovanie skrutkových spojov

Vložený uťahovací moment M_A , ktorým sa udelí skrutke potrebné montážne predpätie sa skladá z troch častí (obr. 1):



- M_A - Uťahovací moment
- M_U - Užitočný moment
- M_Z - Moment na prekonanie trenia medzi závitmi
- M_H - Moment na prekonanie trenia pod hlavou skrutky a matice

Obr. 1 Energetická bilancia uťahovania skrutkových spojov
Fig. 1 Energy balance of tightening of bolted fasteners

Ako vyplýva zo Sankeyovho diagramu na obr. 1, iba časť (M_U) vloženého momentu (M_A) sa užitočne využije na predpätie skrutky. Zvyšok (M_Z a M_H) sa spotrebuje na prekonanie trenia medzi závitmi a pod hlavou skrutky a matice a premení na teplo.

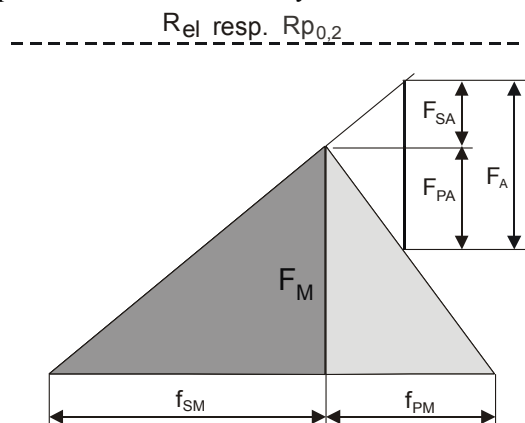
V dôsledku trenia v závite je skrutka namáhaná aj na krútenie, čím vyvoláva torzné napätie τ_M . Výsledkom je dvojosový napät'ový stav, pozostávajúci z ťahového σ_M a torzného napätia τ_M . Z týchto dvoch napät'ových zložiek sa podľa dá sformulovať tzv. ekvivalentné napätie σ_{ekv} [1]:

$$\sigma_{ekv} = \sqrt{\sigma_M^2 + 3 \cdot \tau_M^2}$$

potom je už priamo porovnateľné s medzou sklzu materiálu $R_{p0,2}$ resp. R_{el} .

Podľa klasických názorov, reprezentovaných najmä odporúčaním VDI 2230, by sa mali skrutkové spoje uťahovať maximálne na úroveň $0,9 R_{p0,2}$ resp. R_{el} , t.j. s 10%-nou bezpečnostnou rezervou. Najnovšie poznatky predovšetkým z automobilového priemyslu (ŠKODA AUTO, VW), ale aj niektorých výrobcov skrutiek ako je napr. RIBE [2], však príliš túto zásadu neuznávajú a skôr preferujú uťahovanie až na medzu sklzu, príp. ešte vyššie, využívajúc pritom uvoľnenie torzného napätia a tým aj σ_{ekv} po odbúraní vloženého uťahovacieho momentu [3]. Pochopiteľne, takýto odvážny postup si vyžaduje určité predpoklady, ktoré je možné zhrnúť do nasledovných bodov:

- Skrutkové spoje nesmú byť počas prevádzky dlhodobo dodatočne namáhané veľkou axiálnou silou F_A , ktorej zložka F_{SA} (obr. 2) by mohla prípadne spôsobiť plastickú deformáciu skrutky



Obr. 2 Zmena silových pomerov po pridaní axiálnej prevádzkovej sily F_A

Fig. 2 Change the power proportion after allowance of axial operating power F_A

Kvalitný momentový kľúč s uťahovacím faktorom

$$\alpha_A = \frac{F_{M \max}}{F_{M \min}} \leq 1,1$$

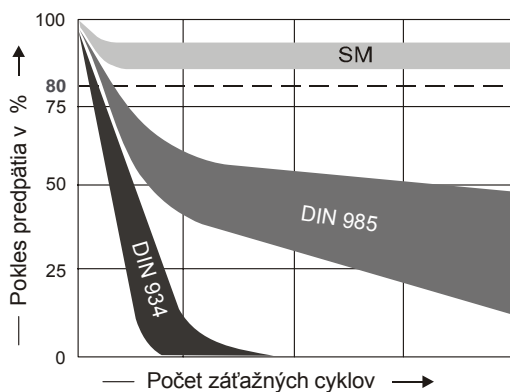
- Inšpekcia skrutkových spojov pri pravidelných prehlídkach ako je to napr. u automobilov

Uvedené podmienky nie sú jednoduché a v bežnej strojárskaj praxi vždy splniteľné, preto má význam hľadať aj pre menej vyspelú výrobu ako je automobilový priemysel adekvátne metódy montáže. Jednou z takýchto metód je systém SMART MONT (ďalej len SM).

2 Samočinné uvoľňovanie

Samostatným problémom skrutkových spojov je ich sklon k samočinnému uvoľňovaniu v dôsledku zosadenia materiálu na dotkových plochách a vplyvom vibrácií z interných a externých zdrojov a dynamickým účinkom prevádzkových síl. Napriek tvrdeniu, že správne dimenzované a správne utiahnuté, podložiek prosté skrutkové spoje nepotrebujú špeciálne istenie [4], v praxi sú takéto prípady zriedkavé. Platí pravidlo, že **neistený skrutkový spoj predstavuje latentné nebezpečenstvo rozpadu konštrukcie** [5]. Preto dnes rad významných výrobcov spojovacieho materiálu (SCHNORR, VARGAL, NORD LOCK, HARD LOCK a i.) ponúka široký sortiment poistných prvkov s rôznou účinnosťou istenia.

Príspevkom k riešeniu tejto problematiky je aj prezentovaný systém montáže SMART MONT. Ako je uvedené v ďalšom texte, jeho výhodou je nielen účinné istenie (obr. 3), ale aj kvázi exaktná montáž, a to bez použitia náročných momentových kľúčov.

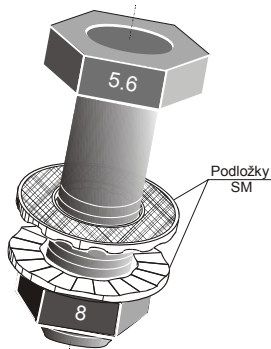


Obr. 3 Pokles predpätia vplyvom vibrácií (Junker, M8, 40Hz, ±0,3mm)

Fig. 3 Fall of preload after attack of the vibrations (Junker, M8, 40Hz, ±0,3mm)

3 Princíp montáže SMART MONT

Prezentovaný systém montáže skrutkových spojov je založený na použití páru špeciálnych poistných podložiek z cementačnej ocele [6], montovaných pod maticu (obr. 4).

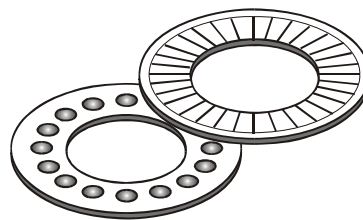


Obr. 4 Skrutkový spoj s podložkami SM

Fig. 4 Bolted joint with washers SM

Podložky predstavujú dvojicu medzikruží, ktoré sú na dotkovej ploche opatrené jamkami resp. výstupkami (obr.

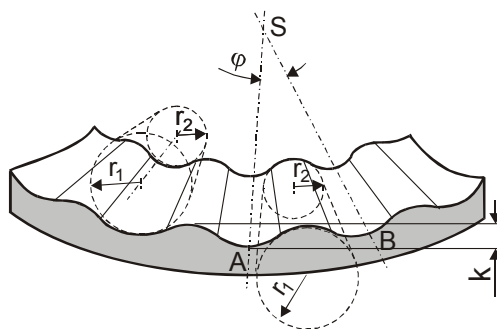
5) alebo variantne vlnovkami (obr. 6) a vonkajšie plochy sú ryhované.



Obr. 5 Podložky s výstupkami a jamkami

Fig. 5 Washers with knolls and pits

Medzikružia sa vzájomne dotykajú vnútornými plochami, pričom výstupky a jamky alebo vlnovky majú rovnakú rozteč a hĺbku, resp. výšku k a vzájomne do seba zapadajú, čím plnia pri montáži funkciu bezpečnostnej spojky. Výška k je dimenzovaná na určitú hodnotu montážneho predpätia F_M . Po jeho prekročení sa medzikružia pootočia o uhol φ (obr. 6) a znovu zapadnú do stabilnej polohy, pričom sa skrutka krátkodobo predĺži o celkovú hodnotu:



Obr. 6 Detail podložky SM s vlnovkami

Fig. 6 Detail of washer SM with waves

kde

s je predĺženie skrutky pri utiahnutí montážnou silou F_M

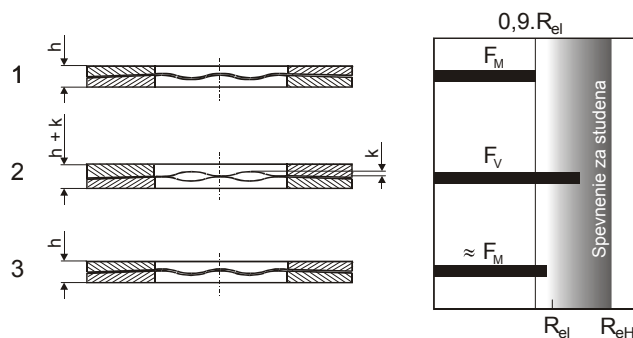
γ – uhol stúpania

x – počet vlnoviek

D – priemer závitů

Podmienkou pre správnu funkciu SM je, aby moment na prekonanie trenia M_T bol väčší ako moment na prekonanie odporu bezpečnostnej spojky (podložky SM) M_S , čiže $M_T > M_S$. Táto podmienka je splnená vhodným ryhovaním resp. rebrovaním vonkajších plôch SM.

Vlastná montáž prebieha v troch etapách (obr. 7):



Obr. 7 Postup montáže SM

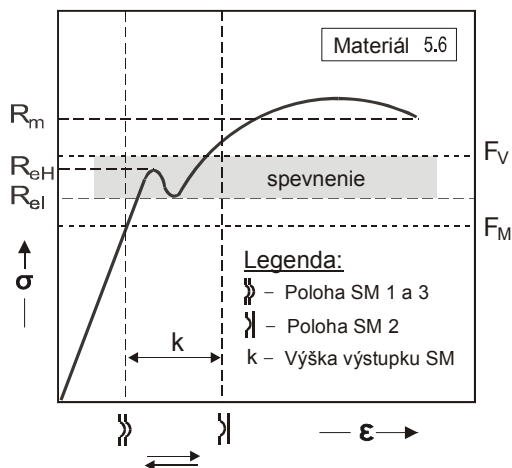
Fig. 7 Process of assembly SM

Utiahnutie na montážnu silu predpätia F_M

1. Pootočenie do polohy 2, čím sa krátkodobo zvýši predpätie skrutky na úroveň F_V
2. Zapadnutie výstupkov do susedných jamiek a uvedenie sústavy takmer do pôvodnej montážnej polohy F_M

Ako vidno z obr. 7, prechod z polohy 1 do polohy 3 prebieha cez medzipolohu 2, kedy vlnovky vzájomne do seba

nezapadajú, čo je doprevádzané krátkodobým natiahnutím skrutky o hodnotu k a montážnym spevnením za studena (obr. 8).



Obr. 8 Diagram z ťahovej skúšky (schematicky)

Fig. 8 Stress deformation diagram - schematic

V polohe 3 sa sústava vráti do stabilizovaného prevádzkového stavu takmer na úroveň F_M a zároveň sa tým vytvorí rezerva predpätia pre prípad dodatočného prevádzkového namáhania skrutkového spoja axiálnou ťahovou silou F_A (obr. 2), čím sa učiní zadosť aj odporúčeniu VDI 2230 o uťahovaní pod medzu sklzu. Prešmyknutie z polohy 1 a opätovné zapadnutie do polohy 3 je signalizované badateľným trhnutím kľúča, takže montáž sa môže ukončiť kvázi kontrolovane.

4 Výhody montáže skrutkových spojov systémom SmartMont

Svojou schopnosťou istiť skrutkové spoje, využiť spevnenie za studena a zabezpečiť kontrolovanú montáž, sú podložky SM vysokosofistikovaným polyfunkčným spojovacím prvkom. Okrem toho, že plnia funkciu klasických podložiek [7], poskytujú následovné hlavné výhody:

1. Spôľahlivé zaistenie
2. Kvázi exaktná montáž bez použitia momentových kľúčov

3. U ocelí s výraznou medzou klzu možnosť využitia efektu montážneho spevnenia za studena a tým možnosť náhrady zušľachtených ocelí oceľou v žihamom stave
4. Rezerva predpätia skrutky
5. Úspora drahých momentových kľúčov
6. Lepšie využitie pevnosti ocele

Poistné podložky SM a samotný systém montáže Smart Mont majú využitie u konštrukčných uzlov, vystavených v prevádzkových podmienkach účinkom dynamického namáhania a vibrácií a všade tam, kde je aktuálna náhrada nepresného ručného uťahovania kontrolovaným postupom bez nárokov na investície.

Ing. Jozef Dominik, CSc
 Ferodom, s.r.o.,
 Štefánikova 58, 01001 Žilina
 Tel.: +421 905 76 90 67
 E-mail: dominik@techpark

Literatúra

- [1] VDI – Richtlinie 2230, 2003
- [2] Blauheft RIBE Nr. 30
- [3] ILLGNER, K.H. und Koll.: *Schraubenvademecum*, Textron, 2001
- [4] BAUER, C.O. und Koll.: *Handbuch der Verbindungstechnik*, Carl Hanser Verlag 1997
- [5] DOMINIK, J.: *Magický svet skrutkových spojov*, Vydavateľstvo Techpark Žilina, 2007, s, ISBN
- [6] Úžitkový vzor č. 4574/2006
- [7] ECCLES, B.: *Why use washers?* In *Fastener and Fixing Europe*, July 2007