Virtuálna analýza skrutkových spojov pomocou MKP

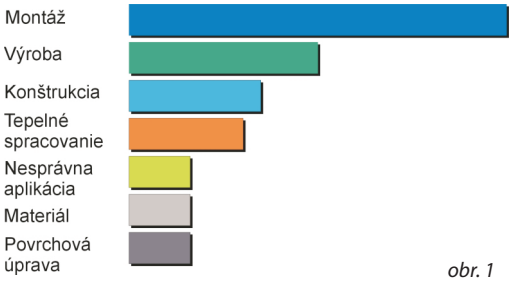
Skrutkový spoj ako typický tribologický uzol nie je žiadne bezduché monštrum, ale živý organizmus s vlastným pestrým vnútorným životom. Potvrdzuje to aj virtuálna analýza jeho správania sa počas montáže a v prevádzkových podmienkach metódou konečných prvkov (MKP).

Spájanie súčiastok pomocou závitových spojovacích prvkov je najčastejšou metódou montáže v konštrukčnej praxi. V hierarchii takých metód ako je zváranie, nitovanie, lepenie a i. si už tradične, napriek vyšším nákladom, udržiava dominanciu. Je to jej schopnosť exaktnej montáže a nedeštruktívnej demontáže, ktorá ju radí nad ostatné spôsoby spájania. Všade tam, kde sa vyžaduje rozoberateľný a opätovne montovateľný konštrukčný uzol je skrutkovanie nenahraditeľné a nič nenasvedčuje, že by sa to malo v budúcnosti zmeniť.

Ako už bolo naznačené v preambule tohto príspevku, skrutkový spoj je „živý organizmus“, ktorý veľmi citlivo reaguje na vonkajšie mechanické zmeny. Týka sa to tak montáže ako aj prevádzky, kedy je podrobený pôsobeniu rozmanitých síl. Čo sa s ním v takých prípadoch deje? Zodpovedať túto otázku sa pokúsi virtuálna analýza v nasledujúcom texte.

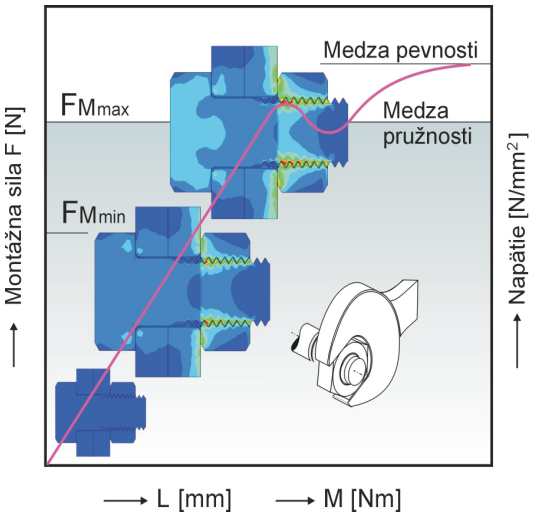
Montáž

Podľa poznatkov SKF je montáž najčastejšou príčinou zlyhania skrutkových spojov (obr. 1). Nepresný spôsob uťahovania, nerešpektovanie koeficientu trenia alebo nedodržanie montážneho predpisu, to sú notorické chyby, ktoré môžu mať fatálne následky.



obr. 1

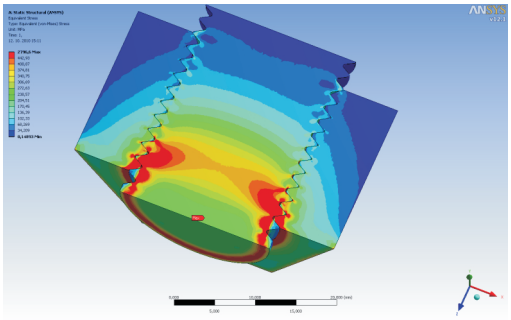
Vizualizácia procesu uťahovania s využitím MKP v konfrontácii s ťahovým diagramom ocele (obr. 2) názorne demonštruje zmenu napäťového stavu spojovacích prvkov a spájaných dielov. Z nulového stavu postupne narastá napätie až na finálnu úroveň, odpovedajúcu medzi pružnosti materiálu, pričom jeho rozloženie je nerovnomerné. Pozoruhodná je najmä vysoká koncentrácia napätia v oblasti kontaktu matice so spájanými dielmi. Detailne to demonštruje



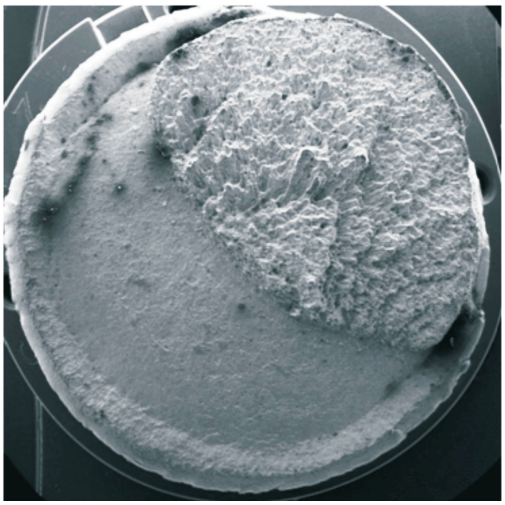
obr. 2

distribúcia napätí von Mises v programe ANSYS na obr. 3. Lokalizácia napäťových špičiek v oblasti kontaktu matice so spájanými dielmi je najčastejšou

príčinou únavového lomu skrutiek (obr. 4) práve na tomto mieste.



obr. 3



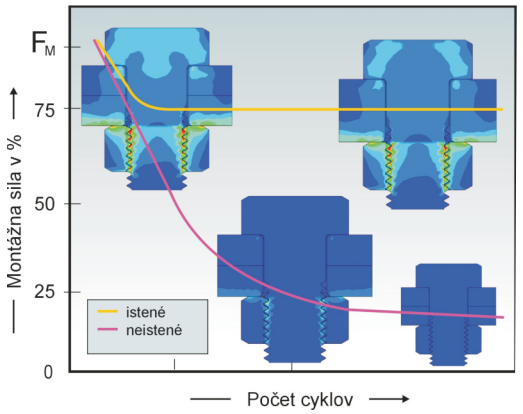
obr. 4

Na obr. 2 sú zdôraznené limitné hodnoty montážnej sily $F_{M\,max}$ a $F_{M\,min}$, ktoré vymedzujú dovolené rozpätie pri uťahovaní, tzv. silový montážny Rubikon (SMR). Nad úroveň SMR hrozí deštrukcia spoja nadmerným zaťažením a pod túto úroveň jeho rozpad počas prevádzky vplyvom vibrácií a opakovaného dynamického namáhania.

Prevádzka

Počas prevádzky sú skrutkové spoje vystavené účinku rôznorodých staticky alebo dynamicky pôsobiacich externých síl, sprevádzaných poklesom pôvodnej montážnej sily F_M až na nulovú hodnotu (obr. 5). Proces je opačný ako pri montáži (viď obr. 2) – nerovnovážny stav sa mení na stav rovnovážny, t. j. bez napätia.

Pri správne utiahnutom príp. aj zaistenom spoji by

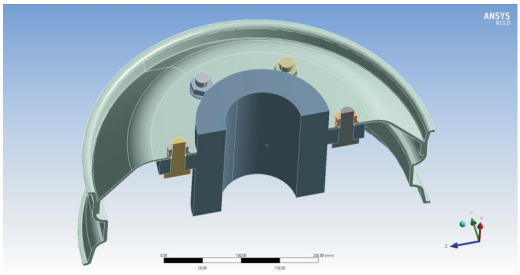


obr. 5

počas prevádzky nemala poklesnúť montážna sila F_M o viac ako 20 % z pôvodnej hodnoty (horná krivka na obr. 5). Ak však priečne pôsobiaca sila F_P zodpovedá vzťahu:

$$F_P > F_M.\mu,$$

kde μ je koeficient trenia, dôjde k samovoľnému vyskrutkovaniu matice a/alebo skrutky. Je to častý a veľmi nebezpečný fenomén najmä pri upevňovacích skrutkách kolies automobilov (obr. 6) po ich amatérskej montáži, napr. pri výmene kolesa. Dá sa tomu zabrániť včasnou návštevou autorizovaného servisu alebo aplikovaním niektorého z dostupných spôsobov externého istenia.



obr. 6

Zhrnutie

Virtuálna analýza pomocou MKP pomáha pochopiť, čo sa deje so skrutkovými spojmi pri ich montáži a počas prevádzky. Z hľadiska bezpečnosti strojov a hlavne dopravných prostriedkov je to veľmi dôležité, pretože umožňuje včas prijať patričné opatrenia a predísť latentným haváriám.

Text: Ing. Jozef Dominik, PhD, Ferodom, Žilina
Ing. Ivan Junas, Ferodom, Žilina
Ing. Jozef Harušinec, PhD, Žilinská univerzita v Žiline