

„Vo štvrtok ráno spôsobilo uvoľnené koleso nákladného auta neobvyklú dopravnú nehodu s vážnymi následkami. Polícia hneď na mieste konštatovala, že z inkriminovaného kolesa vypadlo celkom 10 upevňovacích matic, pričom jedna sa dokonca našla v blízkosti havárie. Pri podrobnejšej prehliadke bolo zistené, že na druhom kolese chýbali ďalšie 3 matice. Prípado je v štádiu šetrenia“.

Tolko krátka správa z tlače. Nie je teraz dôležité miesto a čas havárie, ani výsledok šetrenia, v ktorom v podstate ide iba o identifikáciu vinníka kvôli poisťovni. Pretože podobných prípadov je viac a netýkajú sa iba dopravných prostriedkov, uvádzame tu obecnú analýzu možných príčin.



Prečo je dôležité istiť a kontrolovať skrutkové spoje

Funkcia skrutkových spojov

Úlohou skrutkového spoja je udržať za každých okolností konštrukciu pohromade, t. zn. sústava skrutka – spájané diely musí vždy vykazovať určité zostatkové predpätie. Toto predpätie je potrebné na:



- zachytenie priečnych prevádzkových síl
- vytvorenie predpokladov pre utesnenie spájaných dielov
- zabránenie jednostranného nadvihnutia pri excentrickom zaťažení

Požadované predpätie sa dosiahne správnym ťahovacím momentom M_A . Ako vyplýva z obr. 1, vložený moment M_A sa pri montáži spotrebuje na prekonanie trenia pod hlavou (M_H) a v závitoch (M_Z) a iba malá časť (M_U) sa užitočne využije na vytvorenie montážneho predpätia, čiže:

$$M_A = M_H + M_Z + M_U$$



Obr. 1

Trenie pod hlavou a v závitovej časti skrutky na jednej strane zvyšuje spotrebu energie pri ťahovaní, na strane druhej je užitočné, pretože zabezpečuje tzv. samosvornosť spoja. V prípade nedostatočného trenia a predpätia môže dôjsť v prevádzkových podmienkach k samovoľnému uvoľneniu spoja až k totálnemu rozpadu celého konštrukčného uzla.

Samovoľné uvoľňovanie skrutkových spojov v prevádzke

Z praxe je známych mnoho prípadov katastrofálnych havárií rôznych strojov, zariadení, konštrukcií a dopravných prostriedkov z titulu uvoľnených skrutkových spojov. Pre ilustráciu sme vybrali nie ojedinelý príklad z automobilizmu. Na obr. 2 vidno koleso nákladného auta, pripevnené k prírubě 10-mi maticami.



Obr. 2

Koleso bolo v servise korektne utiahnuté momentovým kľúčom na hodnotu 670Nm, čo v závislosti od koeficientu trenia odpovedá montážnej predpínacej sile F_m 180 až 280kN. Po určitej dobe jazdy sa auto vrátilo do servisu, kde boli skontrolované všetky pripojovacie matice kolesa. Namerané hodnoty sú uvedené v tabuľke č. 1. Vyplýva z nej, že u všetkých matic došlo k samovoľnému povoleniu hlboko pod prah bezpečnosti, ktorý pripúšťa 20%-ný pokles montážnej predpínacej sily.

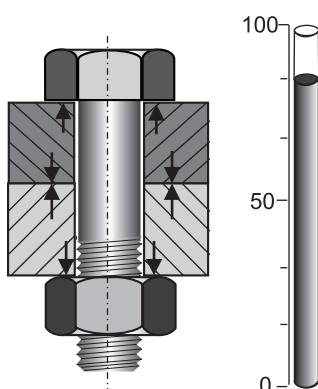
Č.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
kN	66,6	111,4	114,2	104,9	111,8	108,6	75,5	114,2	69,5	84,7

Tabuľka č. 1

Pochopiteľne, tento exemplárny príklad sa vzťahuje ku konkrétnemu automobilu a nemusí charakterizovať všetky prípady. Jednotliví výrobcovia automobilov majú v tomto smere vlastné konštrukčné riešenia. Napr. auto prezidenta T. G. Masaryka malo na každej strane opačný závit upevňovacích skrutiek, takže počas jazdy sa uťahovali a nie povoľovali. Žiaľ, tento kinematický zákon sa v bežnej výrobe automobilov nedá využiť.

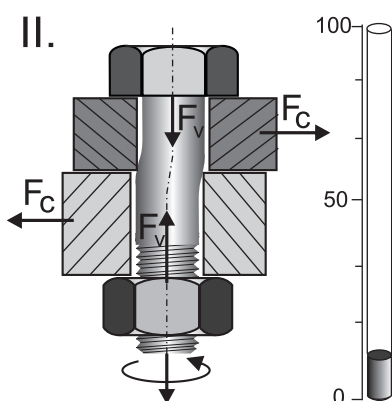
Dá sa však pochopiť, čo sa vlastne so skrutkami počas prevádzky deje a využiť to v prospech bezpečnosti. Nemáme pritom na mysli iba pravidelné servisné prehliadky či už automobilov alebo obecné všetkých konštrukčných uzlov so skrutkovými spojmi. Proces samovoľného uvoľňovania skrutkových spojov prebieha v troch etapách ako to zobrazuje obr. 3:

I.



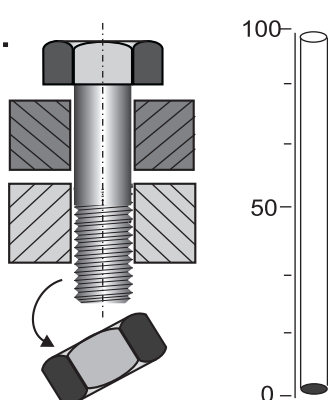
II. - zostatkové predpätie

III.



III. - strata predpätia

Obr. 3



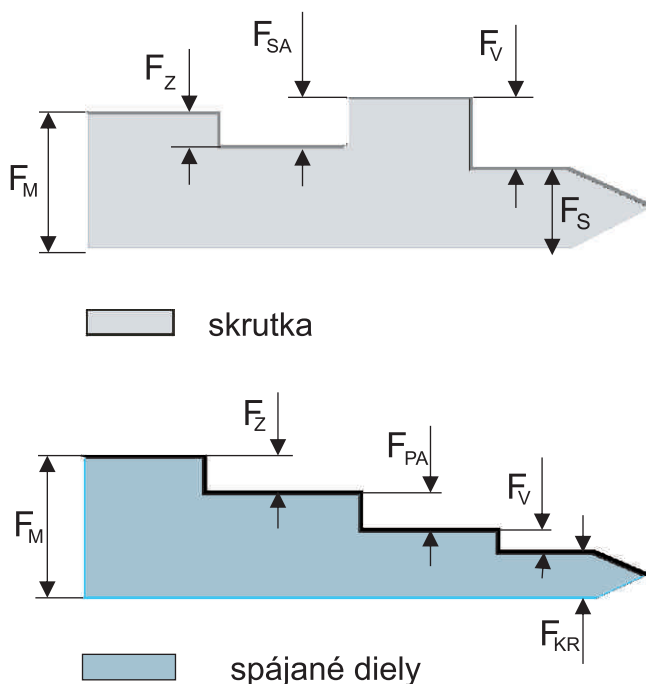
Etap I

Pokles montážnej predpätvej sily F_M po utiahnutí v dôsledku sadania materiálu na kontaktných plochách, t. j. pod hlavou skrutky a matice, na rozhraní spájaných dielov a medzi závitmi. Príčiny spočívajú v zahľadení nerovností styčných plôch a v mikroplastickej deformácii na týchto plochách. Skrutka ani matica sa pritom nepretáčajú!

Etap II

Samočinné pretáčanie skrutky a/alebo matice opačným smerom ako boli montované doprevádzané adekvátnym poklesom predpätia (obr.4). Na príčine sú vibrácie

prenášané na daný konštrukčný uzol z interných alebo externých zdrojov a dynamické namáhanie skrutkového spoja.



Obr. 4

Etap III

Totálny rozpad spoja po poklese predpätia na nulovú hodnotu. Skrutka a/alebo matica sa pritom pretáčajú až do štádia, kedy vypadne matica, príp. skrutka. Je to veľmi nebezpečný proces hlavne u vysokootáčkových strojov a zariadení a je potrebné mu bezpodmienečne zabrániť účinnými konštrukčnými opatreniami.

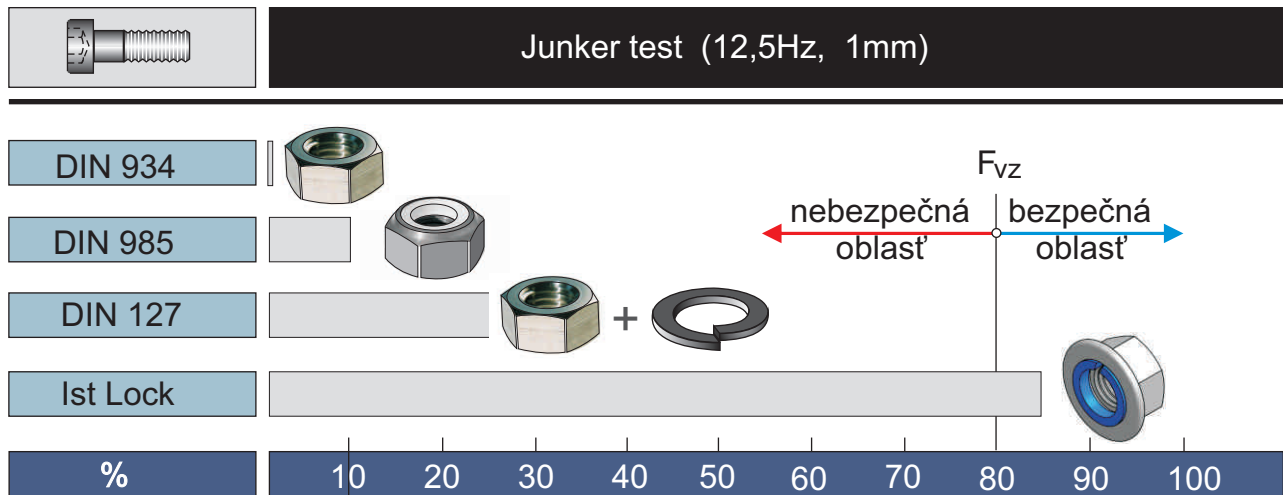
Opatrenia

Opatrenia na zabránenie samovoľného uvoľňovania skrutkových spojov možno rozdeliť na organizačné, pod ktoré spadá **pravidelná inšpekcia** (napr. pri veterných elektrárňach je predpísaný interval kontroly každých 500 prevádzkových hodín) a konštrukčné.

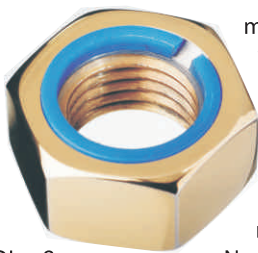
Konštrukčné opatrenia:

- Správne dimenzovanie spoja a kontrolovaná montáž predpísaným uťahovacím momentom
- Hladké dosadacie plochy s minimálnou drsnosťou
- Upínacia dĺžka skrutky min. 5D (D je priemer skrutky)
- Zachytenie priečných prevádzkových síl lícovanými kolíkmi resp. skrutkami s lícovaným driekom
- Minimalizácia počtu deliacich rovín
- Aplikácia externých poistných prvkov

V ďalšom texte je pozornosť sústredená na použitie poistných prvkov. Dnes je na trhu k dispozícii viacero druhov a konštruktér má



Obr. 5



Obr. 6

možnosť širokého výberu. Napriek tomu sa nedá povedať, že problém je spoľahlivo vyriešený. Predovšetkým **neexistuje univerzálna metóda**, ktorá by vyhovovala všetkým prípadom reálnej expozície skrutkových spojov v praxi. Tam, kde vyhovuje jedno riešenie, nemusí byť účinné v iných prípadoch.

Napr. populárna poistná matica DIN 985 s nylonovým krúžkom je účinná iba voči 3. etape uvoľňovania (viď obr. 5). Nijako však nebráni poklesu predpätia. S tým musí konštruktér počítať. Rovnako kontramatice, pružné podložky DIN 127, kombinácia korunkovej matice a závlačky a podobné s obľubou používané klasické poistné elementy sú málo účinné. Naopak, za vysokoúčinné treba považovať spojovacie prvky s rebrovanými (ozubenými) kontaktnými plochami,

rôzne chemické metódy (pozor na teploty použitia) a najmä najnovší spôsob istenia systémom IstLock (obr. 6), ktorý získal vysoké ocenenie na výstave Fastener Fair Stuttgart, 2009.

Záver

Ako vyplýva z uvedeného, v oddôvodnených prípadoch, ktorých nie je málo, sa musia prijať patričné opatrenia pre zabezpečenie skrutkových spojov. Neistený skrutkový spoj predstavuje latentné nebezpečenstvo rozpadu konštrukčného uzla a tým kolapsu celej konštrukcie. Konštruktér má k dispozícii dostatok možností ako to riešiť. Záleží iba od jeho erudície a poznania prevádzkových podmienok, ktorým bude budúca konštrukcia vystavená, pre aký variant sa rozhodne. Pri rešpektovaní "pravidiel hry" sa skrutkový spoj dokáže odvďačiť spoľahlivou funkciou a bezpečnou prevádzkou.

Text: Ing. Jozef Domink, Csc.