

FOTOELASTICIMETRICKÝ VÝZKUM ROZLOŽENÍ NAPJATOSTI V ZÁVITECH ŠROUBU

Ing. Eduard Domanský - VÚ ČKD Praha

Účel a rozsah prací

Experimentální modelový výzkum šroubového spoje byl proveden za účelem zjištění průběhu napětí v závitech šroubů, zvláště se zřetelem na rozdělení napětí na jednotlivé závity šroubů v rozmezí výšky matice, což určuje roznos sil na jednotlivé závity. Byly sledovány oba smysly zatížení (tah i tlak) ve směru osy šroubu při změně výšky matice v rozmezí hodnot $h = (0,8 \text{ až } 1) D$ (průměru šroubu). Současně byl sledován vliv rozdílného stoupání závitu (hrubší závit základní řady A a jemnější závit řady B).

Výsledky provedených prací platí pro případ použití shodného materiálu pro šroub i matici, tj. pro materiály se stejnou hodnotou modulu pružnosti.

Model a měřicí zařízení

Pro daný případ, kdy se jednalo především jen o porovnání rozložení napětí na jednotlivé závity při různých provedeních závitů i způsobu zatížení, bylo považováno na základě zkušeností z předchozích prací za výhodné řešit problém jako rovinnou úlohu. V tomto případě je možné určit hodnoty napětí v předchozím světle při zatíženém stavu modelu a není třeba na každou dílčí zkoušku samostatný model.

Geometrický tvar a matice odpovídal meridiálnímu výřezu o tloušťce 8 mm. Oba díly modelu odpovídající částem matice byly navzájem spojeny příložkami z plexiskla s malou optickou citlivostí. Dimenzování těchto příložek vyplynulo z teoretických úvah, aby se poměry co nejvíce přiblížily prostorovému uspořádání skutečného díla.

Model svými ostatními rozměry imitoval podélný řez díla o průměru šroubu 84 mm se stoupáním závitu v jednom případě 9,5 mm (řada A), v druhém případě 4 mm (řada B). Profil závitu byl přesně dodržen podle norem. Jednalo se o dvojnásobné zvětšení skutečného šroubového spoje hlavy válce motoru, což již umožňovalo dostatečně přesné odečítání izochromat.

Model byl vyroben mechanickým opracováním z desky odlité

z epoxidu CHS 110. Tento materiál byl polymerizován 25 díly maleinhydridu a 21 díly ftalanhydridu na 100 váhových dílů pryskyřice. Optická citlivost materiálu zjištěná diskovou epruvetou vykazovala hodnotu $k = 143,5 \text{ N cm}^{-1}$.

Zatížení modelu bylo provedeno v zatěžovacím rámu závažím přes páku. Měření bylo provedeno postupně při třech hodnotách zatížení modelu na hodnoty $F_m = 215 - 670 \text{ N}$.

Metodika měření

Měření hodnot izochromat zatíženého modelu bylo provedeno fotoelasticimetrem MEOPTA FP v monochromatickém světle sodíkové výbojky přímo v zatěžovacím rámu. Základní přístroj byl doplněn kompenzátorem systém "Tardy" vlastní výroby, vybaveným objektivem s desetinásobným zvětšením.

Výška matice byla při prvním měření $h = 81 \text{ mm}$ (to znamená, že byl poměr $h/D=1$), potom byla výška matice snížena na 62 mm , takže poměr h/D dosahoval hodnot cca $0,8$, jak je tomu u běžných matic podle ČSN.

Výsledky měření

Průběh izochromat modelu se stoupáním závitů řady A při zatížení silou $F_m = 670 \text{ N}$ (odpovídá zatížení díla $F_d 2 \cdot 10^5 \text{ N}$) je na obr. 1.

Na obr. 2 je vynesena průběh napětí v kořenech závitů díla při vyšší matici ($h/D = 1$), přičemž křivka "A" platí pro závit základní řady, křivka "B" pro jemnější závit řady B.

Na obr. 3 je vynesena průběh napětí v kořenech závitů díla při snížené matici (odpovídá běžné matici podle ČSN), t.j. pro poměr $h/D = 0,8$, přičemž průběh podle "A" platí pro závit základní řady, průběh podle "B" pro závit řady B.

Na obr. 3 je současně vynesena průběh napětí (křivka "C") odpovídající upravené matici s jemnějším závitem řady B. Tato úprava spočívala v provedení drážky v matici, tak jak je znázorněno na obr. 3 čárkované, což ovlivnilo výrazně tuhost matice a tím i rozdělení síly na jednotlivé závity.

Závěr

Z provedených fotoelasticimetrických měření na rovinných moledech šroubů lze učinit tyto závěry:

Na šroubech s jemnějším závitem řady B vychází špičky napětí v maximálně exponovaných závitech v průměru o 25 % nižší než u závitů základní řady.

U šroubů s výškou matice rovnající se průměru šroubu, jsou špičkové hodnoty napětí v maximálně zatížených závitech řady B v průměru 2,5 krát vyšší proti napětí v závitech minimálně zatížených. U šroubů se závitem základní řady dosahuje tento součinitel zvýšení napětí hodnoty cca 4.

Při snížené výšce matice $h = 0,8 D$ (jak je tomu u normalizovaných matic) dochází k rovnoměrnému rozložení napětí, tj. nenastávají tak velké nepravidelnosti v napjatosti závitů způsobené výrobními tolerancemi. U vysokých matic se tudíž zvyšují nároky na přesnost výroby závitu.

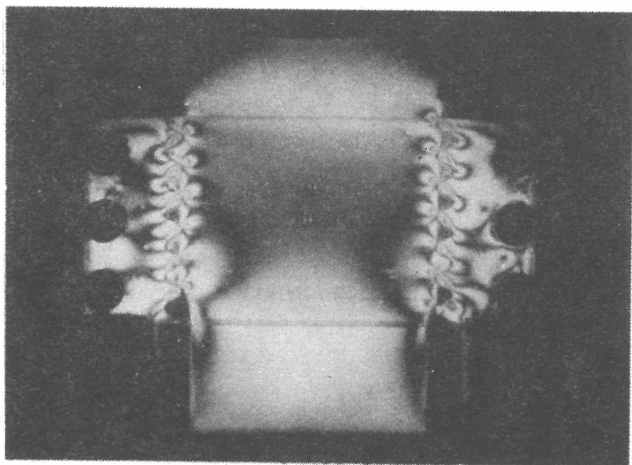
Pro měřené uspořádání (standardní výšky matice $h = 0,8 D$) vychází součinitel napětí maximálně zatížených závitů 1,5 pro závit řady B a 2,3 pro závit řady A.

Polohy špičky napětí jsou závislé pouze na výšce matic tzn., že nezávisí na stoupání závitu.

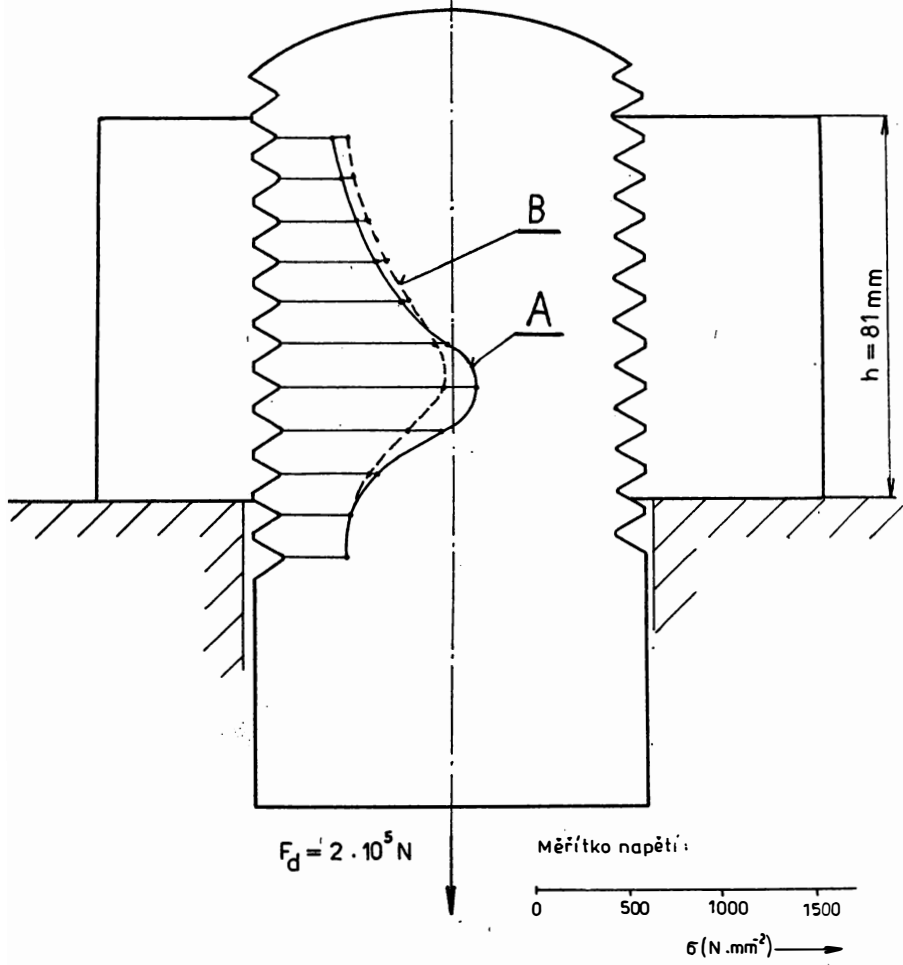
Z uvedených měření je patrné (zvláště u šroubů se závitem základní řady), že pro ocelové matice je neekonomické zvětšovat jejich výšku nad hodnotu $h = 0,8 D$. Zvětšením výšky matice na hodnotu $h = 1 D$ se sníží hodnoty špičkových napětí maximálně o 10 %.

Nižší hodnoty napětí naměřené v profilu závitů u šroubů s jemnějším závitem je způsobeno menším ramenem ohybového momentu. Tento vliv převažuje nad zvýšením vrubového součinitele v kořenu závitu s menším přechodovým radiusem.

Na základě všech provedených měření byl získán názor jak by měl být šroubový spoj (matice a závitová část šroubu) upraven z hlediska optimálního rozdělení napětí v závitech. Bylo navrženo řešení matice pro vysoce namáhané šroubové spoje, které je v současné době v řízení, jakožto přihláška vynálezu.

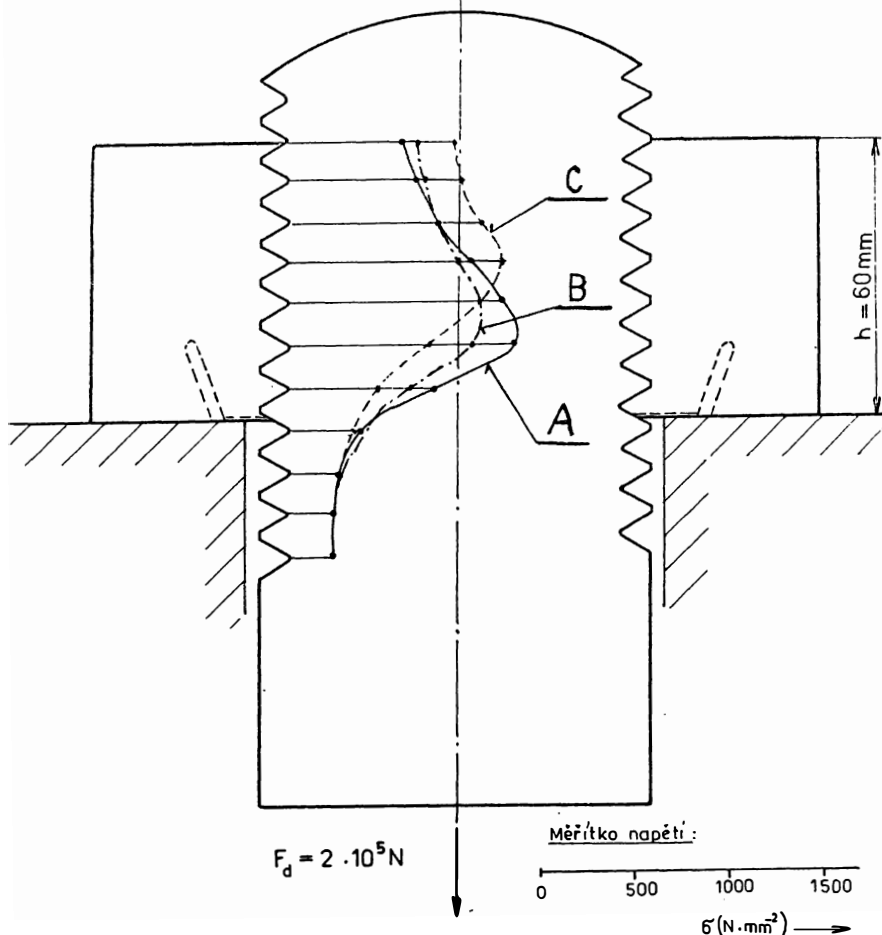


Obr. 1: Průběh izochromat zatíženého modelu šroubového spoje
(Závit řady A, $F_m = 670 \text{ N}$)



Obr. 2: Špičkové hodnoty tahových napětí v kořenech závitů šroubu M 42. (Maticе h/D = 1).

- A - závit základní řady
- B - závit řady B



Obr. 3: Špičkové hodnoty tahových napětí v kořenech závitů šroubu M 42- (Normalizovaná výška matice $h/D = 0,8$).

A - závit základní řady

B - závit řady B

C - upravená matice (podle čárkovaného průběhu),
závit řady B