

KONSTRUKCE SILOMĚRNÉHO ŠROUBU A NOVÁ METODA INSTALACE TENZOMETRŮ V HLUBOKÝCH DĚRÁCH

Jaroslav Truhlář, SVÚSS Praha

Součástí komplexního pevnostního měření na turbokompresoru bylo zjišťování osových sil ve spojovacích šroubech přírubového spoje jeho skříně. Ke stažení přírub byly použity přesné šrouby M 64x4 s válcovou hlavou a vnitřním šestihranem. Vzhledem k potřebné bezpečnosti měřicích prvků při montáži a provozu bylo navrženo umístit odporové snímače do osového vývrtu průměru 20 mm v dříku šroubu (obr. 1). Cílem této práce bylo určit:

- a) tvar vývrtu a nejvhodnější místo pro umístění odporových tenzometrů,
 - b) způsob instalace těchto snímačů ve vývrtu.
- Instalace měla být provedena pro provoz ve vlhkém prostředí s teplotou do 150 °C.

1. Návrh siloměrného šroubu.

Tato část úkolu byla řešena metodou fotoelasticimetrie. Byl předběžně navržen způsob úpravy šroubu a potom na kombinovaném modelu (obr. 2) byla zjišťována oblast vývrtu, kde by instalované snímače dávaly maximální signál, který by byl málo závislý na tvarových nedokonalostech vlastního přírubového spoje, a aby zároveň jeden model umožnil měření různých variant dosednutí hlavy na přírubu. Příruba pod hlavou šroubu 1 byla imitována rovinným těmenem (zaručuje rovnoběžnost dosedacích ploch a jejich rovinnost), příruba se závitovou dírou 2 byla nahrazena prostorovou maticí velkého průměru. Vlastní model šroubu 3 byl rovinný, přičemž obvodová tuhost hlavy byla nahrazena její tvarovou úpravou. Konec závitové části byl proveden prostorový. Při tomto uspořádání nebylo třeba zvláštní zatěžovací zařízení; zatížení šroubu bylo docíleno utažením matice 2.

Jednotlivé varianty byly vytvořeny vkládáním tenkých podložek mezi hlavu šroubu a přírubu 1 (symetrický styk

na vnějším nebo vnitřním obvodu hlavy a nesymetrický styk pouze na jedné straně hlavy).

Vzhledem k navrženému způsobu zapojení snímačů v celém mostě s vyloučením ohybu byla měřením určena oblast, kde pro jednotlivé pořadnice délky vývrtu byl součet osových napětí na protilehlých stranách pokud možno konstantní pro všechny měřené varianty. (Vzhledem ke způsobu zatěžování byly porovnávány relativní hodnoty napětí vztažené ke střednímu napětí ve šroubu, určenému v dané oblasti z průběhu izochromat). Nejvhodnější místo pro středy měrných mřížek bylo zjištěno v hloubce 112 mm.

2. Návrh instalace odporových tenzometrů ve vývrtu.

Pro daný účel bylo třeba přesně instalovat čtyři snímače, dva osové a dva tangenciální tak, aby středy měrných mřížek souhlasně orientovaných snímačů byly na obvodu vývrtu pootočený o úhel 180° . Vzhledem k požadavku zadavatele na provozní podmínky byly použity foliové snímače 3/120 XY 11 a dvousložkové lepidlo EP 250 fy HBM.

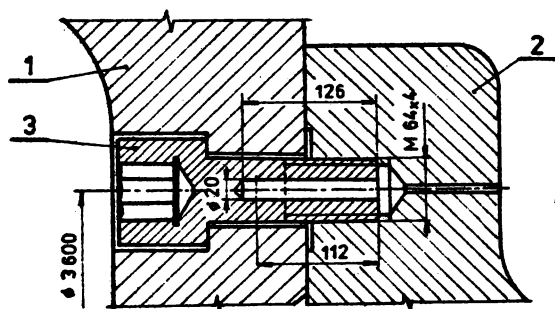
Jelikož instalace tenzometrů nebyla s potřebnou přesností proveditelná běžným způsobem, byl navržen přípravek podle obr. 3 a následující postup. Těleso přípravku bylo nejprve pokryto vypalovacím separačním lakem, aby se zabránilo jeho případnému přilepení k povrchu díry. Potom se na teflonovou folii přibližně délky obvodu díry v potřebných směrech a vzdálenostech fixují vrchními stranami snímače s předem připojenými vývody (měděné smaltované dráty ϕ 0,33 mm). Fixace se provádí mimo oblast měřicí mřížky. Folie se snímači se obtočí kolem silikonové trubičky, těsně upevněné drátem v dolní části přípravku a s přesně situovanými tenzometry vůči ose a konci přípravku se k ní přichytí Chemoprenem 50 (středy delších stran k trubičce, kratší strany překryté navzájem). Na takto připravené snímače se v tenké vrstvě nanese dokonale promísené lepidlo EP 250 a přípravek se zasune do díry. Přitom na čele přípravku je vyměnitelný doraz, který zajistí správnou vzdálenost snímačů ode dna otvoru. Na něm nasunutý kotouček

z tvrzeného papíru centruje začátek přípravku při zasouvání do díry, aby nedošlo k setření lepidla se snímačů. Vývodní dráty v teflonové trubičce přitom byly zasunuty v drážkách hlavní vodící části přípravku. Po fixování přípravku v díře se do centrálního vývrtu vpustí tlakový vzduch. Ten se spojovacími kanálky dostane pod silikonovou trubku, kterou rozepře až se tato opře o povrch díry a tlakem cca 0,5 MPa vytlačí přebytečné lepidlo zpod snímačů. Předepsané teplotní vytvrzení tmelu [3] proběhlo v termos-tatu HS 30-A. Po předepsané době se uzavře přívod stlačeného vzduchu, siloměr se nechá vychladnout a přípravek lze vyjmout (někdy je vhodné připojit vývěvu). Uvnitř vývrtu zůstane centrovací kotouč, teflonovou folii lze obvykle bez obtíží vyjmout.

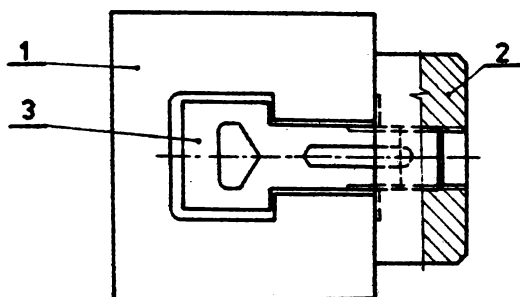
Tento postup byl nejvhodnější na základě zkoušek prováděných nejprve v hranolu z organického skla, kde bylo možno vizuálně sledovat usazení podložky se snímači, potom na šroubech, kde byly odzkoušeny další faktory podmiňující úspěšnost instalace (způsob fixace snímačů na folii, vývodní dráty, tvar pomocných letovacích bodů, druh pájky, krytí vývodních drátů aj.). Po kontrole snímačů byla provedena jejich ochrana. Typem snímačů a použitým lepidlem je zaručena odolnost vůči teplotě, zapojením snímačů je přibližně provedena teplotní kompenzace. Proti vlhkosti byly snímače chráněny slabou vrstvou včelího vosku, jednotlivé letované spoje (vývodní dráty, kabel) byly překryty nejprve silikonovým přípravkem SG 250 a potom jako celek přípravkem AK 22 fy HBM. Na závěr byla celá instalace v díře siloměrného šroubu zalita silikonovým kaučukem Lukopren N 1522 tak, že středem vystupoval čtyřžilový kabel, který byl při montáži skříně vyveden pomocnou dírou v přírubě 2 z vnitřního prostoru skříně kompresoru a připojen na svorkovnici. Před použitím byly siloměrné šrouby kalibrovány; odchylky signálu při maximálním zkušebním zatížení všech siloměrů byly menší než $\pm 1,5$ procenta, tečení při maximálním zatížení cca 0,5 % za 5 minut, což jsou hodnoty pro daný účel velmi dobré.

Literatura

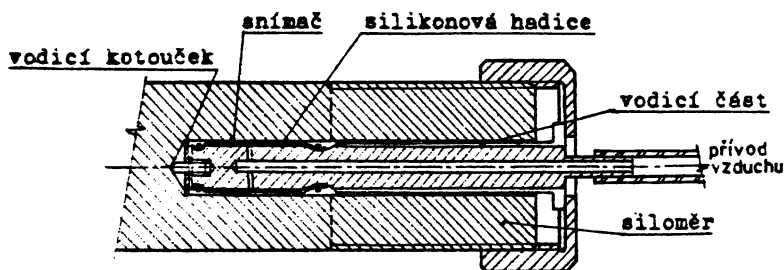
- [1] Truhlář J.: Návrh měření osových sil ve spojovacích šroubech příruby RTK pomocí odporových snímačů. Techn. záznam SVÚSS č. 87-02114, 1987
- [2] Truhlář J.: Zařízení pro instalaci snímačů v hlubokých otvorech. PV 8078-87
- [3] HBM : Seminarunterlagen
Bedienungseinleitung fürs Kleben mit
EP 250.



Obr. 1
Návrh provedení
siloměrného šroubu



Obr. 2
Model siloměrného
šroubu



Obr. 3 Přípravek na lepení snímačů