

VÝZNAM EXPERIMENTU PRO POČÍTAČOVÉ NAVRHOVÁNÍ NOVÝCH TYPŮ KLIKOVÝCH SKŘÍNÍ SAMOVZNĚTOVÝCH MOTORŮ

- Doc.Ing.Přemysl Janíček, CSc., Doc.Ing.Miloš Vlk, CSc.,
katedra mechaniky těles, VUT-PS Brno
- Ing.Daniel Hajduk, VŽSKG Ostrava

Navrhování klikových skříní vznětových motorů vzhledem k mezním stavům pevnosti s využitím počítačového modelování není realizovatelné bez spolupráce experimentu, který zde vystupuje v různých modifikacích, a to jako experiment vstupní, konkretizační, identifikační a verifikační. Počítačová podpora navrhování klikových skříní tedy vychází z komplexního modelování, což na konkrétním typu klikové skříně dokumentuje tento příspěvek.

Charakteristika navrhovaného typu klikových skříní

Zvyšování specifických výkonů vznětových motorů a požadavky na snižování pracnosti jejich výroby vedou konstruktéry k návrhům nových konstrukčních řešení. V oblasti klikových skříní přecházejí někteří výrobci od tzv. tunelového řešení [1], u něhož meziválcová přepážka tvoří jeden celek (klikový hřídel je složen ze segmentů a vyžaduje složitější montáž uvnitř skříně) na nové konstrukční řešení, pro něhož je charakteristická dělená meziválcová přepážka s vloženým a šroubovým spojením uchyceným třmenem, který vytváří část kluzného ložiska. Předcházející typy skříní měly ložiska valivá. Nové konstrukční řešení skříní umožňuje zhotovovat klikový hřídel z jednoho kusu. Na obr.1 je schéma meziválcové přepážky klikové skříně s třmenem.

Spolehlivost klikových skříní k mezním stavům napjatosti

Posouzení spolehlivosti klikových skříní vzhledem k mezním stavům napjatosti vyžaduje znalost velikosti a časového průběhu hlavních napětí v jednotlivých bodech klikové skříně za provozních podmínek motoru a materiálové charakteristiky popisující možné mezní stavy. Prvotním

požadavkem je tedy znalost napjatosti klikových skříní od všech silových působení jak během montáže, tak i za provozu motoru. K podstatným silovým působením patří: utahování šroubů třmene a válcových jednotek (jsou časově stálá), stykový tlak mezi čepem klikového hřídele a ložiskem v klikové skříní a silové působení šroubů válcových jednotek na skříně od účinků pracovního tlaku ve válcích (jsou časově proměnná). Vzhledem ke geometrické složitosti klikových skříní, ke složitosti a neúplné informační určitosti silového působení na skříně a s přihlédnutím k úrovni u nás dostupné výpočetní techniky, je přímé výpočtové modelování napjatosti klikových skříní jako celku zatím ne realizovatelné.

Základní informace o přetvoření a napjatosti klikové skříně byly proto získávány experimentálně, s využitím odporové tenzometrie, metodikou uvedenou v [1]. Tenzometrické snímače byly umístěny na meziválcové přepážce (obr.1), na vnitřních a vnějších bocích a na podélných lištách. Měření se realizovala:

- a) v montážní fázi při utahování vertikálních a horizontálních šroubů třmenů a při utahování šroubů válcových jednotek,
- b) na zkušebně motorů za chodu motoru při jeho různém zatížení a různých otáčkách,
- c) na statickém zkušebním zařízení při simulovaných provozních podmínkách (tlak spalín ve válcích byl simulován tlakovým olejem).

Ukázky průběhů poměrných obvodových přetvoření ε_t po obvodu ložiskového prstence jsou na obr.2. Plné čáry znázorňují průběhy při dynamických měřeních za provozu při 1500 ot/min a při spalovacím tlaku ve válcích 10,5 MPa, přerušované čáry odpovídají simulovanému statickému zatížení při stejném tlaku. Měření se realizovalo na přepážce P3 (obr.1) a průběhy odpovídají zážehům ve válcích 3, 4, 7, 8. Časové průběhy poměrných přetvoření a tedy i napětí v jednotlivých místech klikové skříně mají periodický charakter. Pro posouzení spolehlivosti vzhledem k

mezním stavům únavové pevnosti byl periodický průběh nahrazen harmonickým časovým průběhem, přičemž za horní ε_{th} a dolní ε_{td} hodnoty poměrných přetvoření ε_t byly brány hodnoty ε_t obálky maximálních a minimálních ε_t při zážehích jednotlivých válců, obr.3.

Z rozborů výsledků tenzometrických měření vyplynula tato konstatování: nedochází k významnému kroucení klikové skříně, podstatná přetvoření meziválcové přepážky vyvolávají pouze zážehy v přilehlých válcích, vliv objemových sil pohybujících se a rotujících částí motoru na přetvoření skříně není zvlášť podstatný (obr.2), největší hodnoty poměrných přetvoření se nacházejí v oblasti meziválcové přepážky; takže spolehlivost klikové skříně k mezním stavům únavové pevnosti je determinována spolehlivostí meziválcové přepážky. Uvedené skutečnosti umožnily přechod z experimentálního modelování na modelování výpočtové, které se stalo základem počítačového návrhu klikových skříní.

Počítačový návrh klikových skříní

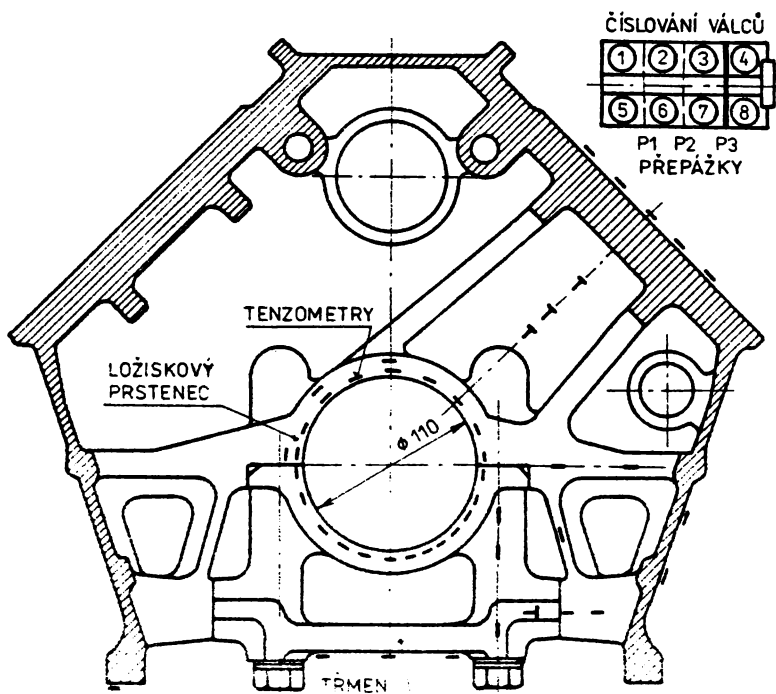
Pro výpočtové řešení přetvoření a napjatosti meziválcové přepážky byl použit programový systém pro rovinné kontaktní úlohy vycházející z deformační varianty metody konečných prvků. Byl použit trojúhelníkový prvek s lineární nasadou. Počet prvků oblasti byl 4200, počet rovnic 4600, šířka pásu 124. Součástí výpočtového modelování byla i identifikace stykového tlaku mezi čepem klikového hřídele a ložiskovým pretenkem klikové skříně. Ukáзка izolinií redukovaneho napeti podle podminky krehké pevnosti MOS v horní části meziválcové přepážky je na obr.4. Elastické konstanty pro konstitutivní vztahy, únavové a křehkolomové charakteristiky materiálu skříně (šedá litina) pro posuzování jejich spolehlivosti byly získávány experimentálně. Experimentálně byly verifikovány i výsledky výpočtového modelování přetvoření meziválcové přepážky.

Pro počítačovou podporu návrhu klikových skříní vycházející z počítačového modelování byl vytvořen speciální software pro rychlé zadávání a vyhodnocování výpočtů pomocí metody konečných prvků. Charakteristiky tohoto softwaru jsou uvedeny v [2].

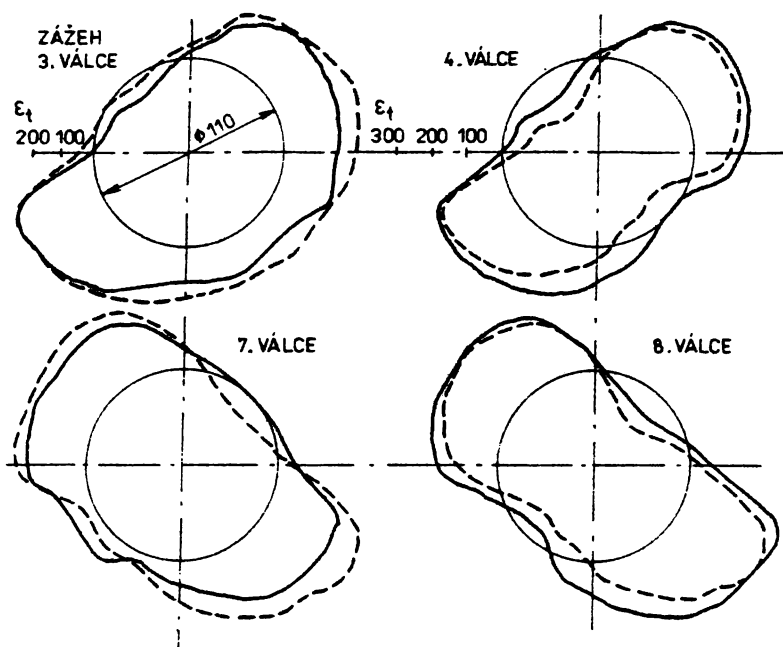
Význam experimentu pro počítačový návrh klikových skříní

Z předešlého výkladu je zřejmé, že nedílnou součástí sou-
dobého počítačového modelování, na němž je založena počí-
tačová podpora konstruování, je experiment. Zde sloužil:

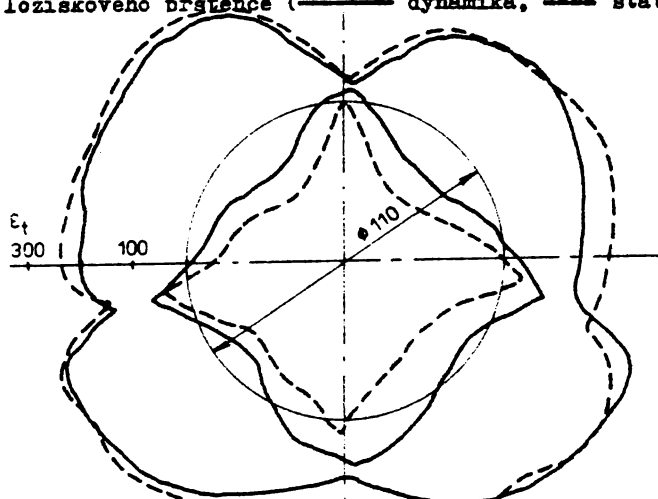
- k získání základních údajů o přetvoření klikových skří-
ní (vstupní experiment) a umožnil vytvořit jejich jed-
nodušší výpočtové modely,
- k získávání materiálových charakteristik konkrétního ma-
teriálu skříní (konkretizační experiment),
- jako zdroj vstupních údajů do identifikační úlohy zjiště-
ní stykového tlaku v ložisku (identifikační experiment),
- k ověření výsledků výpočtového modelování přetvoření
meziválcové přepážky (verifikační experiment).



Obr. 1 Schema meziválcové přepážky vznětového motoru



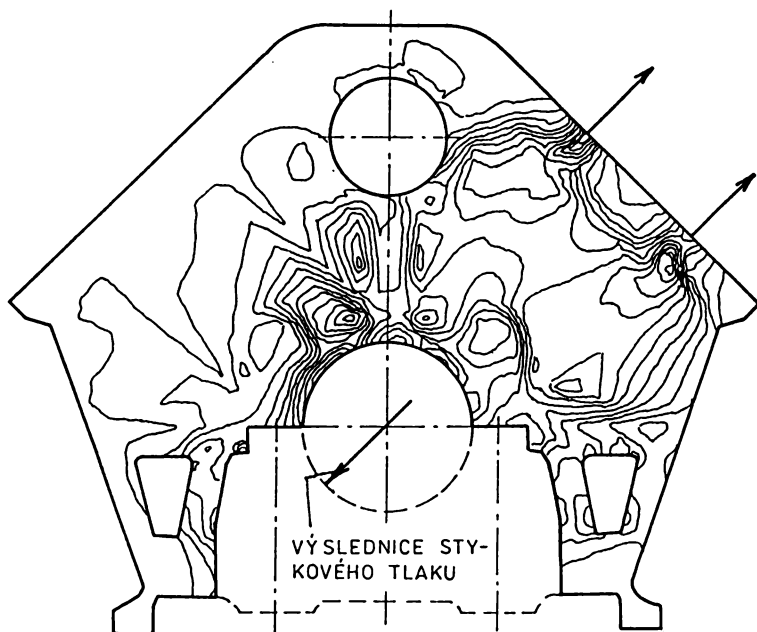
Obr.2 Příběhy poměrných ebvedových přetvoření po ebvodu ložiskového prstence (— dynamika, --- statika)



Obr.3 Osobky maximálních a minimálních C_t při zářezích 3.4. 7.8. válce v meziválcové přepážce P3

Diskuze dosažených výsledků

Na konferenci budou diskutovány výsledky experimentálního vyšetřování přetvoření klikové skříně, výsledky identifikace stykového tlaku, výsledky výpočtového modelování přetvoření a napjatosti klikové skříně a jejich hodnocení z hlediska spolehlivosti vzhledem k meznímu stavu únavové pevnosti. Bude dokumentováno, že počítačově orientované modelování, v němž má experiment nezastupitelnou úlohu, mnohonásobně zkracuje dobu jejich návrhu v porovnání s čistě experimentálním modelováním.



Obr. 4 Izolinie redukovaného napětí podle křehké podmínky MOS určené výpočtovým modelováním s použitím MKP

Literatura:

- [1] JANÍČEK, P.: Deformace, napjatost a mezní stavy klikových skříní vznětových motorů. Strojírenství, 37, 1987, č. 10.
- [2] JANÍČEK, P.-HAJDUK, D.: Počítačová podpora návrhu klikových skříní vznětových motorů. Strojírenství, 37, 1987, č. 11.