EXPERIMENTÁLNÍ A VÝPOČTOVÉ URČOVÁNÍ NAPJATOSTI DÍLCŮ VSTŘIKOVACÍHO ČERPADLA

Doc.Ing.Miloš Vlk,CSc., strojní fakulta VUT Brno
Ing.Daniel Hajduk, VŽSKG Ostrava
Doc.Ing.Přemysl Janíček,CSc., strojní fakulta VUT Brno

1. Úvod

V rámci schvalovacího řízení nového typu vstřikovacího čerpadla (obr.1) pro víceválcové vznětové motory byl též kladen požadavek na průkaz jeho spolehlivosti na základě pevnostního výpočtu. Po předběžném rozboru a s ohledem na provozní zkušenosti z předchásejících typů čerpadel byla zaměřena pozornost především na skříň čerpadla a na vstřikovací jednotku s cílem určit jejich přetvoření a napjatost.

Skříň čerpadla je tvarově složitým tenkostěnným odlitkem z hliníkové slitiny zatíženým složitou a neznámou soustavou sil. Výpočtové určení jejího přetvoření a napjatosti není v současné době prakticky možné s postačující mírou věrohodnosti. Jako schůdnou se jeví cesta experimentálního modelování, přičemž modelovým objektem je přímo reálná skříň. Maximální věrohodnosti a výstižnosti získaných výsledků se dosáhne při srovnatelnosti zatížení při experimentu se zatížením v reálném provozu. Ve shodě s klasifikací různých druhů experimentů [1] je možno tento druh experimentu označit jako vstupní experiment.

Jaké jsou soudobé (a nám dostupné) možnosti experimentálního určení přetvoření a napjatosti v námi sledované úloze ? Lze prakticky vyloučit použití křehkých laků a to jednak s ohledem na "dynamický" charakter zatížení (a tedy i adekvátní charakter napěťově deformační odezvy), jednak na spíše kvalitativní charakter jimi poskytnutých informací. Použitelnost reflexní fotoelasticimetrie je limitována v našem případě její nízkou citlivostí, i když nezanedbatelné nejsou ani problémy při měření za provozu čerpadla. Vzhledem k uvedeným skutečnostem se jako optimální jevilo použití (pokud možno miniaturních) tenzomet-

rů, resp. tenzometrických růžic. Jistou nevýhodou ovšem je, že získané údaje o přetvoření a napjatosti se vztahují pouze k izolovaným bodům na povrchu skříně.

Poněkud jiná situace je u vstřikovací jednotky. Stále se stupňující požadavky na přesnost odměřování vstřikovaného paliva u vznětových motorů opodstatňují mimo jiné počítačové modelování pro studium funkce vstřikovacích systémů. Největší měrou se na velikosti požadovaného vstřikovaného množství podílí vstřikovací jednotka. Důležitým parametrem je vůle, s jakou se pohybuje píst ve válci vstřikovací jednotky. Velikost této vůle je dána výrobními tolerancemi a deformacemi pístu a válce vstřikovací jednotky, pro jejichž určení je výhodné použít metodu konečných prvků. Neúplná znalost okrajových podmínek jakož i vliv zanedbání nevýznamných tvarových detailů ve výpočtovém modelu vyžadují však též provedení experimentu a ověření obou přístupů.

2. Skříň čerpadla

Reálný provoz vstřikovacího čerpadla byl simulován na zkušební stolici v laboratoři katedry spalovacích motorů a motorových vozidel VUT Brno za podmínek: dodávané množství paliva 21 cm^3/200 zdvihů, otáčky čerpadla 500 a 1000 1/min. Pro měření deformací skříně čerpadla byly použity odporové tenzometry typu 0,6/120 LY 11 fy HBM nalepené lepidlem Z - 70 do tvaru růžic a chráněné prostředkem SG 250 od téže firmy. Tlak ve výtlačném potrubí byl měřen snímačem tlaku typu 6221 A fy Kistler. Signály z tenzometrů byly zpracovány v měřících zesilovačích s nosnou frekvencí M 1000 fy Mikrotechna a spolu se signálem ze snímače tlaku registrovány v digitálním záznamníku Transient Recorder fy Mauer. Po měření byly graficky znázorněny na souřadnicovém zapisovači typu 26 000 A3 fy Bryans. Příklad těchto časových průběhů přetvoření v místě jedné tenzometrické růžice je uveden na obr.2 (pozn.: ve funkci jsou postupně vstřikovací jednotky 1,5,3,6,2,4).

Původně bylo předpokládáno počítačové zpracování těchto experimentálních výsledků vedoucí k výpočtům velikostí

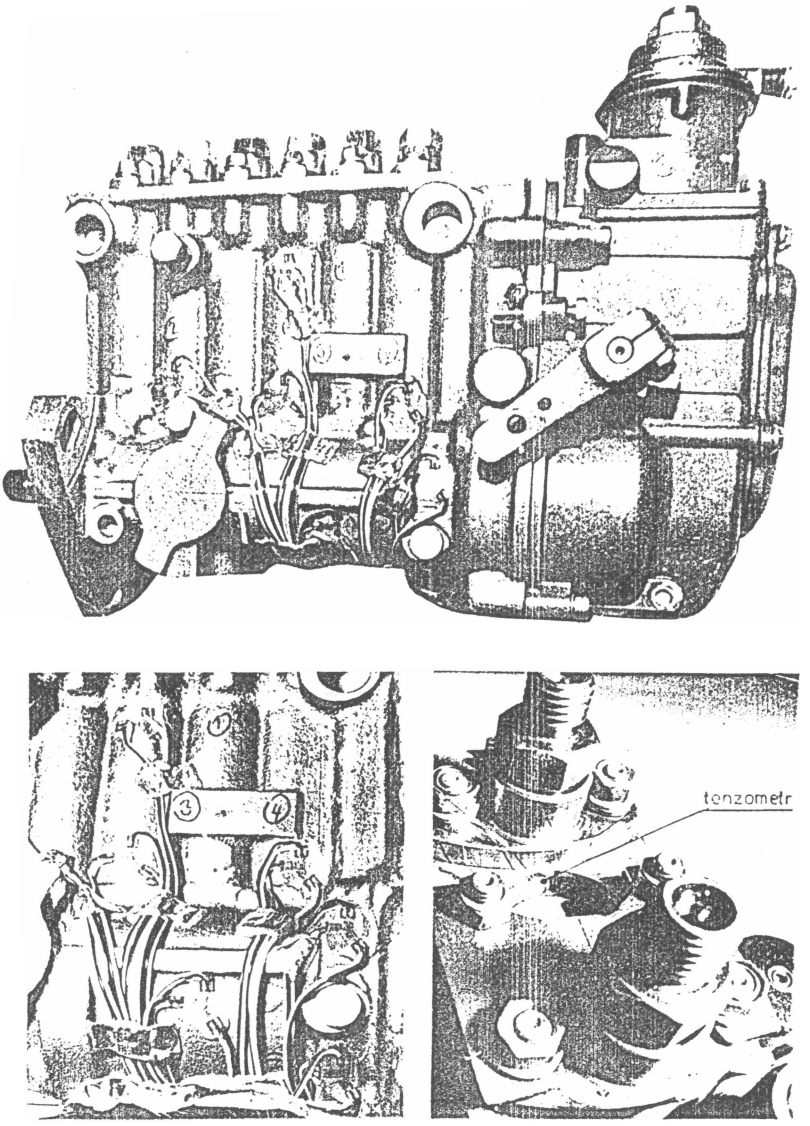
a směrů hlavních napětí v ekvidistantních časových okamžicích. Uvažme však, že mez únavy hliníkové slitiny je cca 100 MPa. Jak je z naměřených průběhů přetvoření patrné, nedosahují ani jejich extrémní rozkmity významnějších hodnot, vedoucích k překročení meze únavy.

3. Vstřikovací jednotka

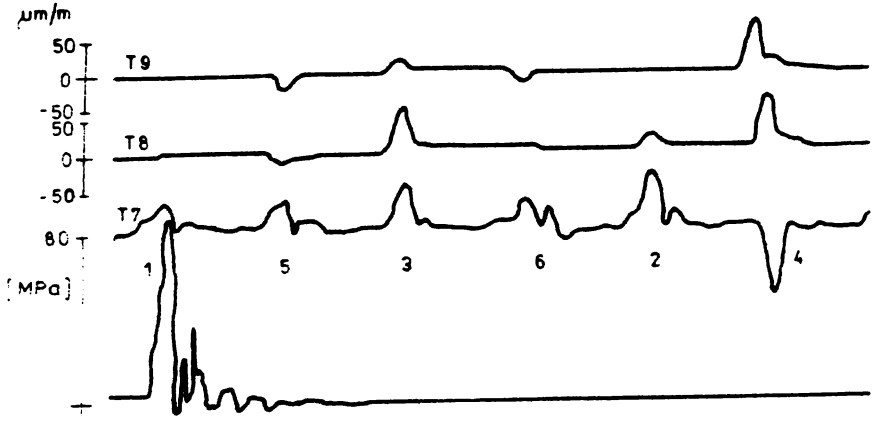
Válec vstřikovací jednotky (obr.3) je těleso válcovitého tvaru s několika kanálky pro plnění a přepouštění paliva. Je na něm nasazeno několik součástí z různých materiálů (kovových i nekovových). V horní části válce působí na jeho stěny tlak cca 80 MPa, který ve styku válec - píst postupně klesá na nulu (viz obr.5). Válec je dále zatížen statickými silami po dotažení hrdla šroubení pro odvod paliva. Z předběžného rozboru vyplynulo, že žádná z nasazených součástí nebude mít výraznější vliv na deformaci vnitřní válcové plochy a nemusí být tedy zahrnuta do analýzy. Pro určení deformací byla zvolena metoda konečných prků - rotačně symetrický problém s trojúhelníkovým prvkem a lineární násadou. Pro výpočet bylo zvoleno několik typů okrajových podmínek, a to zejména tam, kde je nebylo možno spolehlivě určit, resp. odhadnout (např. pokles tlaku v místě styku válce s pístem).

Výpočty byly získány průběhy deformací vstřikovací jednotky (obr.4) pro různé typy okrajových podmínek. Z rozboru předepsaných tolerancí válce a pístu vyplynulo, že se deformace válce významně podílí na světšení vůle mezi oběma těmito součástmi. Zatímco v nezatíženém stavu je tato vůle (0,002 - 0,003) mm (vztaženo na průměr), vzrůstá při zatížení na (0,09 - 0,010) mm. Jelikož v současné době nebyla relizována všechna plánovaná tenzometrická měření, bude srovnání experimentů s výpočtovými metodami diskutováno podrobněji až na konferenci.

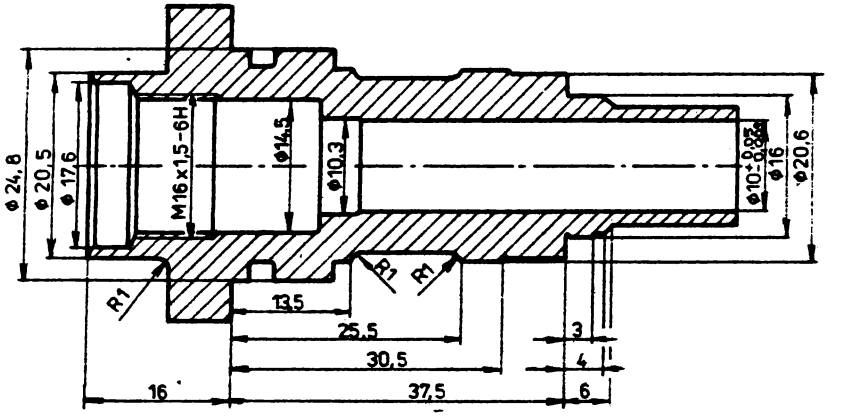
Výpočty MKP byla určena rovněž napjatost ve válci (obr.5, kde je znázorněn i uvažovaný průběh tlaků) a přetvoření; jejich znalost byla využita pro nalepení kontrolních tenzometrů.



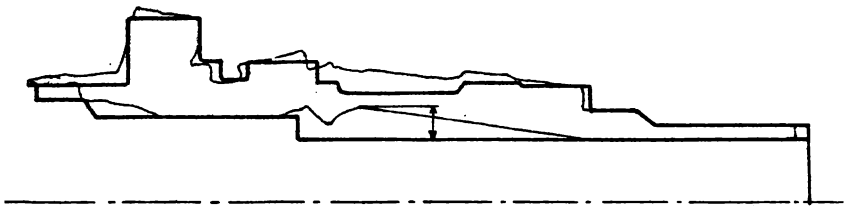
Obr.1 Vstřikovací čerpadlo vznětového motoru.
Celkový pohled a detaily nalepených tenzometrů.



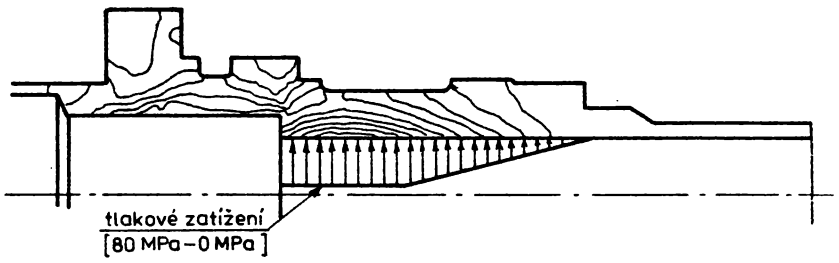
Obr.2 **Poměrná délková přetvoření skříně a výstupní tlak paliva v průběhu jedné otáčky**



Obr.3 **Válec vstřikovací jednotky**



Obr.4 Válec v nedeformovaném a deformovaném stavu



Obr.5 Izolinie redukovaných napětí (HMH) a ve výpočtu uvažovaný průběh tlakového zatížení

Závěr

Získané výsledky poslouží k návrhu takových konstrukčních opatření, které by snížily závislost nežádoucích vůlí na deformaci válce a snížily tak nepravidelnosti v dodávce paliva.

Literatura:

1 JANÍČEK, P.: Technický experiment. Skriptum VUT Brno, 1989.