

APLIKACE FOTOELASTICIMETRIE NA VÝZKUM NAPJATOSTI HLAVNÍCH DÍLŮ NAFTOVÝCH MOTORŮ

Ing. Eduard Domanský
Výzkumný ústav ČKD Praha, o.p.

Ve výzkumném ústavu ČKD Praha se provádí fotoelasticko-
metrická vyšetření napjatosti hlavních dílů naftových mo-
torů jak pro potřeby výzumného ústavu, tak i pro výrobní
závody oboru naftových motorů. Část pracovní kapacity je
využita pro práce servisního charakteru i pro ostatní zá-
vody ČKD.

Se zřetelem na vybavení přístrojovou technikou a na
počet pracovníků (jeden) v laboratoři byly práce ve VÚ ČKD
zaměřeny na aplikaci poznatků vyplývajících z kontaktu s
jinými pracovišti a studiem literatury. Tento příspěvek je
především stručným přehledem modelových prací v oboru nafto-
vých motorů nejčastěji prováděných.

Experimentální práce ve VÚ ČKD jsou zaměřeny především
na výzkum napjatosti klikových hřídelů, pístů, ojníc, mezi-
stěn motorových skříní a jiných vysoce exponovaných částí.

Provádíme jak rovinné úlohy napjatosti, tak i prostoro-
vé pomocí "zmrazování" napětí. Metodu opticky citlivých
vrstev používáme jen ojediněle.

Pro výrobu modelů používáme epoxid CHS 110 polymerizo-
vaný anhydridem kyseliny maleinové a ftalové. Osvědčila se
přísada 0,5% bimethyanylinu jako urychlovače. Polymerizaci
i "zmrazování" modelu provádíme ve sterilizátoru STE 38 vy-
baveným programovým regulátorem a registračním zapisovačem
teplot. Modely těch součástí, které jsou vystaveny v motoru
tlaků plynů zatěžujeme tlakovým vzduchem s přetlakem 20-40
kPa z rotačního dmyhadla s redukčním ventilem vlastní vý-
roby. Dříve prováděné zatěžování přes vrstvu silikonové
pryže nenapodobovalo věrně poměry na díle, zvláště pak u
pístů, kde působí v motoru tlak plynů až k prvnímu píst-
nímu kroužku. Vnitřní chladicí dutiny pístů provádíme sle-

pením vícedílného modelu (uvedeno na diapozitivech). Chladicí dutiny v pístech v podobě zalitého trubkového hada realizujeme tak, že na předem upravenou spirálu z ocelového drátu natáhneme hadičku z PVC, jejíž vnější průměr odpovídá rozměru požadované dutiny. Po "zmrazení" modelu a jeho rozřezání na výřezy zbytky hadice a drátu vypadnou.

Práce na modelech klikových hřídelů jsou zaměřeny především na zjištění součinitele koncentrace napětí v místech přechodového radiusu z čepu do ramene kliky. Modelujeme pouze jedno zalomení a zatěžujeme silami, které odpovídají nejnepríznivější namáhanému zalomení podle výsledků z počítače. Doposud používané empirické vztahy a diagramy většinou již nevyhovují pro nově vyvíjené motory, u nichž zvětšováním průměrů čepů dochází k jejich překrytí. Byly proto provedeny poměrně rozsáhlé práce v tomto směru ve spolupráci se zahraničním partnerem Semft Pielstick, přičemž každá zúčastněná organizace provedla měření na více než třiceti různých modelech, z nichž každý simuloval dvě konstrukční alternativy. Výsledky některých prací jsou uvedeny v diagramech. Součinitel σ_c výrazně ovlivňuje velké vývrty čepů pro přívod mazacího oleje. Maximální hodnoty součinitele σ_c podobných konstrukcí se pak přesunují do míst ležících mimo rovinu zalomení (je uvedeno na diapozitivech).

U ojnice motorů se zaměřujeme především na průběh napjatosti ojnicních hlav. Tvary těchto dílů současných konstrukcí umožňují náhradu rovinným modelem. Napodobujeme modelové zpravidla i tuhost ojnicních šroubů podložkami s opticky citlivého materiálu, které slouží i k určení předpětí spoje. Pro vyšetření napjatosti tohoto dílu motoru se často používá matematická analýza napětí metodou konečných prvků. Výsledky obou metod jsou dobře srovnatelné u nedělených ojníc, kde dřív ojnice tvoří jeden celek s ojnicní hlavou. Pokud je spojení na přírubu (jak je tomu běžné u velkých motorů) tam se výsledky modelové metody a matematické analýzy liší s tím, že matematická analýza předpokládá rovnoměrné rozložení tlaků v dělicí rovině součástí, kdežto

u modelu se samo nastaví rozložení tlaků jako u díla. Teprve po zadání průběhu kontaktních tlaků z experimentu do výpočtu je shoda výsledků obou metod velmi dobrá (uvedeno na diapozitivech).

Pro konstrukci ojnic moderních rychloběžných motorů, zvláště pak přeplňovaných se jeví jako rozhodující deformace vývrtu ojnicí hlavy při působení zátěžných sil. Jako hodnotu přípustné deformace se uvádí třetina ložiskové vůle. (Splněním této podmínky vycházejí většinou špičkové hodnoty napětí v přijatelných mezích). Z toho důvodu využíváme současně fotoelasticimetrický model pro stanovení hodnot deformací skutečného díla. Ukázalo se, že takto předem stanovená deformace díla ~~se liší od skutečnosti a chybou max. 5%, což je vyhovující.~~

Modelový výzkum mezistěn skříní motorů často ovlivňuje celou koncepci motoru. Jako zvláště výhodné pro liti nové skříně velkých motorů jsou konstrukční uspořádání s průběžnými kotevními šrouby, které vyvozují tlakové předpětí skříně. Modelová měření prokázala, že takové uspořádání je výhodné nejen pro řadové motory, ale i pro motory vidlicové při malém úhlu rozevření řad válců. (Porovnání napjatosti obou konstrukčních uspořádání je patrné z obrázků). Montážní předpětí vík ložisek je na modelu kontrolováno optickými siloměry. Tyto experimentální práce slouží jako podklad pro konstrukční úpravy se zřetelem na optimalizaci tvaru. Dochází tak k úsporám materiálu při dodržení požadované životnosti motoru.