

VLIV ULOŽENÍ PLUNŽRŮ PRACOVNÍCH VÁLCŮ HYDRAULICKÉHO KOVACÍHO LISU PŘI EXCENTRICKÉM ZATÍŽENÍ

EFFECT OF WORKING CYLINDER PLUNGERS PLACING AT HYDRAULIC FORGING PRESS WITH ECCENTRIC LOAD

Kubec, V.* - Čechura, M.* - Ráž, K.*

* Centrum výzkumu konstrukce tvářecích strojů KKS, ZČU v Plzni

Abstrakt

The paper deals with the effect of working cylinder plungers placing at hydraulic forging press with eccentric load. This problem was not described in detail up to now. Preliminary results show that solution of these problems in hydraulic press design is not insignificant. We tried to describe this problem using virtual measurement and FEM analysis.

1. Úvod

Ve světě neustále vznikají nové technologické projekty, ze kterých jsou formulovány stále nové a nové požadavky na výrobu velikých, značně hmotných komponent strojů a zařízení. To zpětně znamená při jejich výrobě zvýšené nároky na velké tvářecí a obráběcí stroje.

Proto také my se v současné době zabýváme konstrukcí velkých hydraulických lisů a jejich optimalizací. Velkými hydraulickými lisy se rozumí stroje s pracovní silou nad 50 MN.

Na území naší republiky jsou jedni z největších výrobců hydraulických lisů firmy TS Plzeň a ŽĎAS, které jsou zaměřeny především na lisy určené pro volné kování.

Obecně lze konstatovat, že všechny velké stroje jsou vyráběny v podstatě jako prototypy, jejichž konstrukce je zcela podřízena požadavkům zákazníka. Tyto požadavky právě dělají každý lis jedinečný. Přesto je možné vytipovat v konstrukci těchto strojů shodné prvky, které se vyskytují u většiny variant hydraulických lisů pro volné kování.

V rámci Centra výzkumu konstrukce tvářecích strojů spolupracujeme s firmou TS Plzeň na grantu MPO, jehož náplní je výzkum a vývoj konstrukce hydraulických lisů pro volné kování. Jeden z cílů je navrhnout typovou řadu lisů na základě typizované konstrukce.

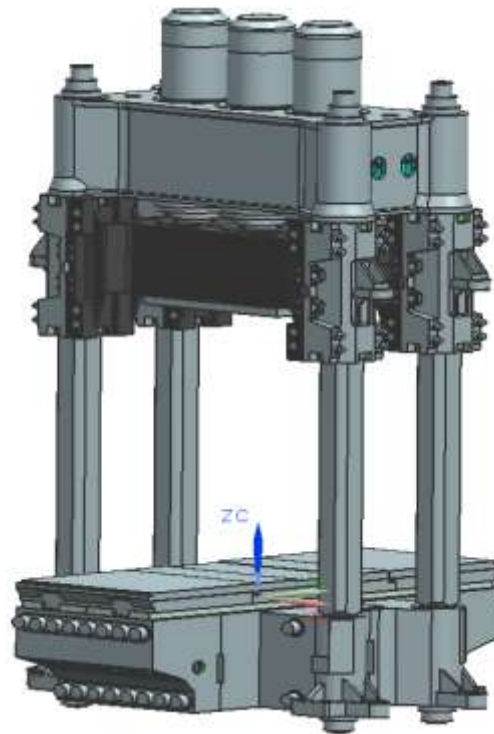
2. Popis konstrukce hydraulického lisu

Výzkum a vývoj v rámci grantu MPO se týká, klasické hornotlaké čtyřsloupové konstrukce hydraulických lisů (Obr. 1). Tento typ konstrukce je nejvíce využíván pro velké lisy. Hlavním předmětem výzkumu a vývoje jsou především nosné části hydraulického lisu tedy rámy.

Rám se skládá z traverz (horní, spodní a střední neboli pohyblivou). Traverzy jsou konstruovány jako skříňové odlitky. Horní a spodní traverza jsou spojeny sloupy. Konstrukce sloupů je buď předepnutá, nebo nepředepnutá. V horní traverze jsou upevněny hydraulické válce s pracovními plunžry. Zpětné válce pro zpětný pohyb střední traverzy jsou uchyceny buď k spodní, nebo k horní traverze.

Na základě analýz jednotlivých konstrukčních řešení prováděných ve firmě TS Plzeň ale i jinde, vznikla základní koncepce výsledného konstrukčního řešení velkých hydraulických lisů.

V obchodní praxi však víme, že výrobcem navržené optimální konstrukční řešení je ještě



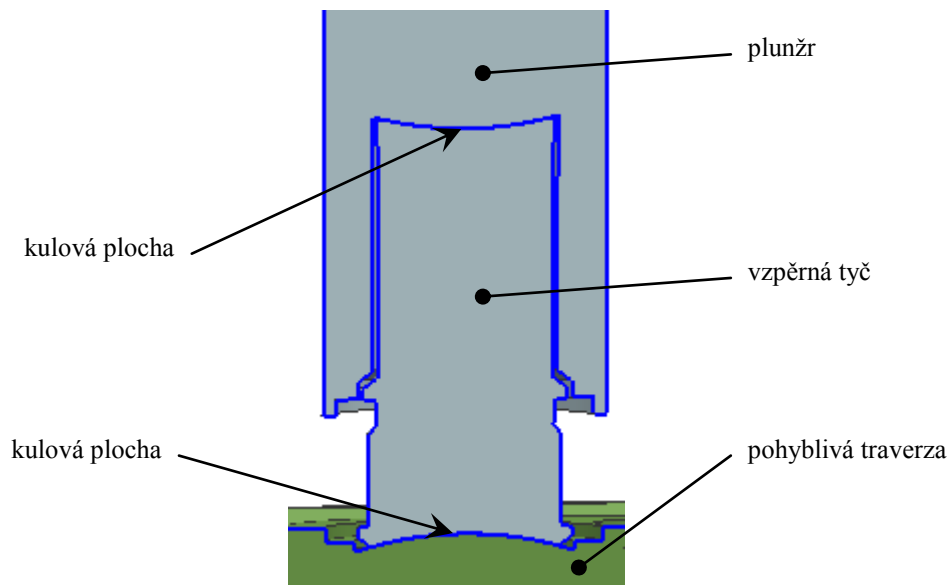
Obr. 1 Model čtyřsloupového hornotlakého hydraulického lisu

většinou podřízeno úpravám dle přání zákazníka. Shodná řešení se týkají především dílčích konstrukčních celků.

Pro přenos síly z hydraulických válců na plunžrovou traverzu se dlouhou dobu používalo pevné spojení plunžrů a plunžrovou traverzou. Toto řešení má tu nevýhodu, že při excentrickém zatížení, kdy dochází k naklonění plunžrové traverzy, se naklápí v hydraulickém válci i plunžr, kterým se klopné síly přenáší přes vedení ve válci a ucpávky do horní traverzy. Dochází tak k zvětšenému vydíráni vedení ve válcích a vydíráni ucpávek. To způsobuje zmenšení životnosti hydraulického pohonu.

Jedno z velmi často používaných řešení přenosu síly z hydraulických válců na plunžrovou traverzu, které by mělo zmenšit, nebo zcela odstranit uvedený nedostatek jsou kulová uložení vzpěrných tyčí plunžrů (Obr. 2). Otázkou je, do jaké míry třecí síly v kulové ploše bude způsobovat i nadále přenos klopných sil do vedení plunžrů.

Vliv tohoto uložení na činnost a zatěžování stroje není zcela doposud prozkoumán, stále se vedou úvahy o jeho vhodnosti užívání a spolehlivosti jeho předpokládané funkce, a proto jsme se pokusili vliv tohoto způsobu uložení popsat.



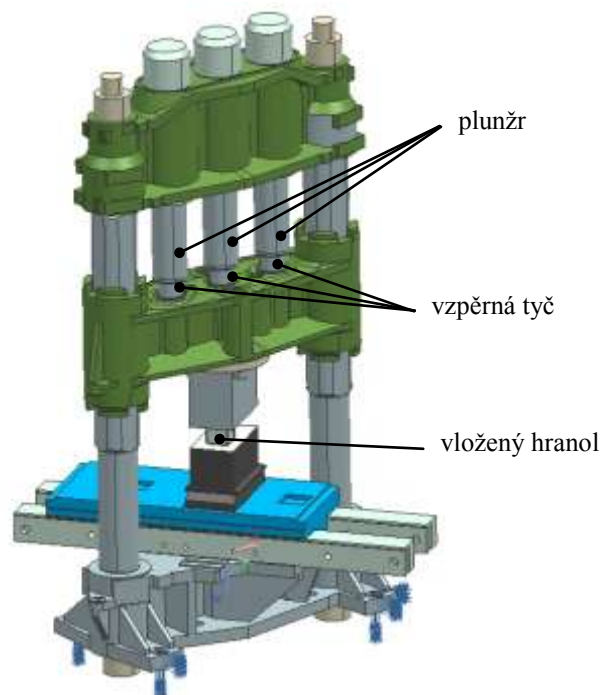
Obr. 2 Ukázka vložení rozpěrného trnu mezi plunžr a pohyblivou traverzu

Pro analýzu tohoto vlivu jsme použili model dvousloupového předepnutého rámu. Jeden z hlavních důvodů je, že dvousloupový rám je na excentricitu mnohem více citlivý a dochází u něj k mnohem větším posunutím než u rámu čtyřsloupového, čímž by nám měl tento výpočet umožnit lepší posouzení vlivu tření na kulových plochách na přenos sil do horní traverzy.

Vliv uložení rozpěrné tyče se projeví především v naklonění střední (pohyblivé) traverzy a posunutí horní traverzy od excentricity. Pro analýzu chování rámu stroje při excentrickém zatížení jsme využili virtuálního měření na modelu vytvořeném v prostředí NX a následně spočítaném metodou konečných prvků v prostředí NX Nastran.

3. Výpočty metodou MKP

Výpočtový model byl sestaven na základě reálného hydraulického lisu. Excentricita byla vyvozena pomocí vloženého hranolu mezi kovadla, který byl posunut mimo osu lisu v podélném směru. Pro zaručení správných kontaktních podmínek a pro simulaci tvářeného materiálu byl u tohoto kusu definován nižší modul pružnosti.



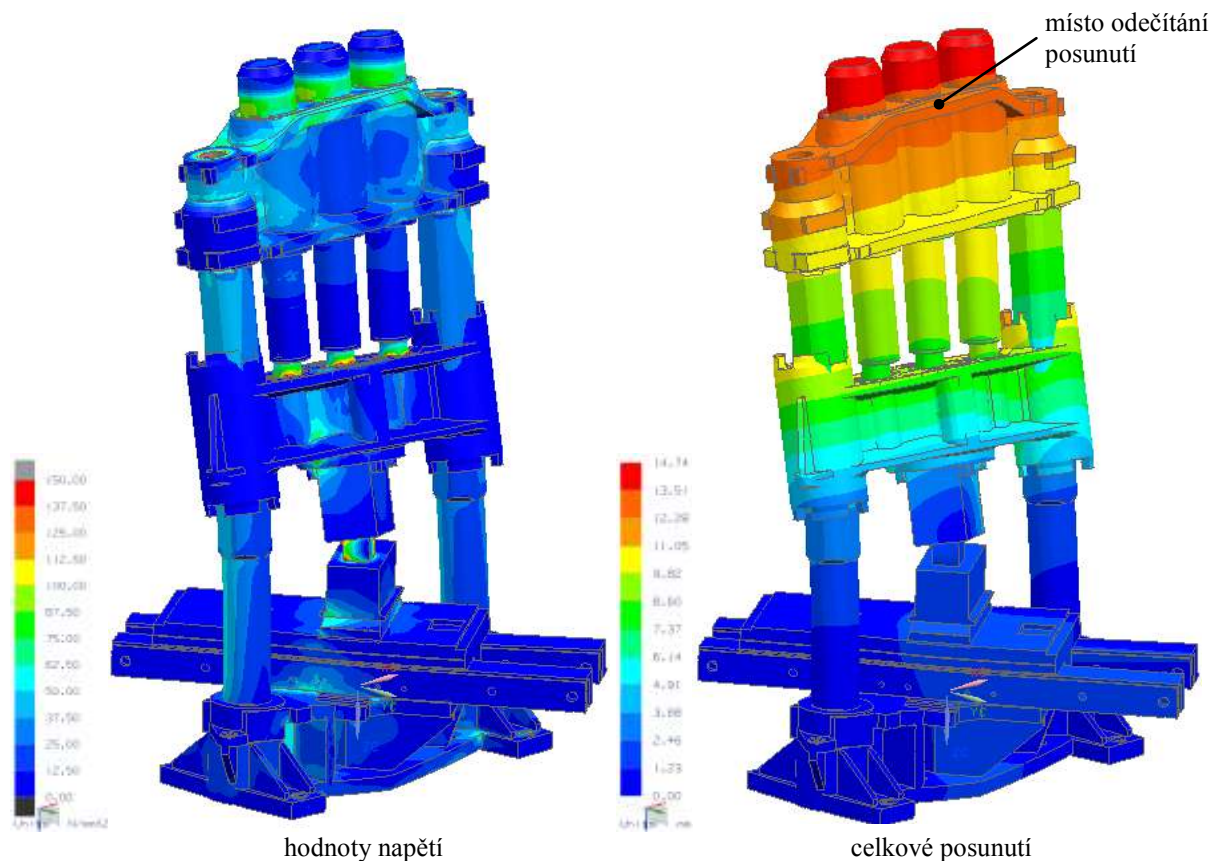
Obr. 3 Výpočetní model dvousloupového rámu lisu

Rám je namodelován bez podstatnějších zjednodušení. Model byl nasíťován s maximální možnou přesností. Vzhledem k poměru velikosti jednotlivých částí a některých stěn nebylo vždy možné dodržet obecné pravidlo tři elementy na tloušťku stěny. Snaha byla v důležitých místech toto dodržet např. pomocí lokálního zahuštění sítě.

Jedná se tedy o kontaktní úlohu skládající se z 23 dílů. Kontakty jsou generovány mezi všemi plochami, které se mohou dotknout. Většina kontaktních párů je silových (např. předepnutý spoj), z tohoto důvodu je koeficient tření nastaven na 0,1. U ploch, které se po sobě pohybují, byl nastaven koeficient tření 0,01 (vedení plunžrů v pracovních válcích, vedení pohyblivé traverzy). U všech kontaktních ploch bylo provedeno lokální zahuštění sítě za účelem co nejlepšího přenosu zatížení.

Zatížení je provedeno tak, aby respektovalo reálný stav. Vnitřek pracovních válců je zatížen pracovním tlakem od kapaliny. Na horní plochu plunžrů jsou zavedeny síly, které jsou odpovídající jedné třetině pracovní síly.

Provedli jsme tedy sadu výpočtů, které byly identické a lišili se pouze zadaným koeficientem tření na kulových třecích plochách mezi vzpěrnými tyčemi a pohyblivou traverzou a vzpěrnými tyčemi a plunžry.



Obr. 4 Výsledky výpočtu při tření na kulových plochách 0,01 (zvětšená posunutí)

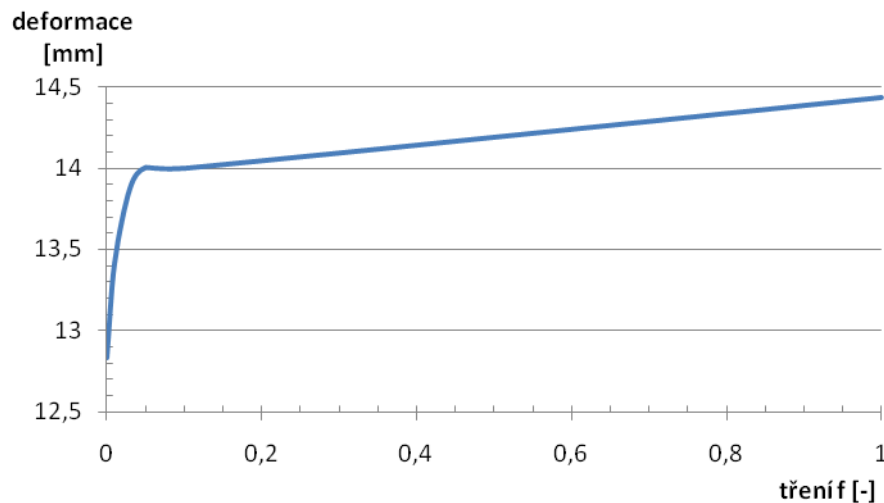
Průběhy napětí v průřezu všech výpočtů vycházejí v podstatě stejné, s výjimkou míst, která jsou ovlivněná ohybovým namáháním vlivem excentricity. Jedná se především např. o maximální hodnoty napětí na sloupech a kotvách. Rozdíly jsou přesto zanedbatelné, protože, jak bude vidět z následující tabulky, jsou i rozdíly v naklopení velmi malé.

Z hlediska posunutí jsme posuzovali posunutí horní traverzy ve vodorovné rovině. Výpočty jsme provedli pro několik hodnot koeficientu tření.

koeficient tření f [-]	posunutí horní traverzy [mm]
0	12,83
0,01	13,42
0,03	13,88
0,05	14,00
0,1	14,00
1	14,44

Rozložení koeficientů jsme volili mezi hodnotami 0 až 0,1, což jsou hodnoty tření zahrnující jak kapalinné tak smykové tření. Poslední hodnota tření 1 není zcela vypovídající, protože tento výpočet je proveden pro slepené

kontaktní plochy tedy zcela bez prokluzu. Hodnota koeficientu 1 byla zvolena kvůli tomu, aby bylo možné tento výpočet zahrnout do grafu.



Obr. 5 Závislost posunutí horní traverzy (neboli deformace rámu) na koeficientu tření

Výsledek virtuálního měření je vidět na Obr. 5. Čím je větší tření, tím je větší posunutí horní traverzy a deformace sloupů.

4. Závěr

Až doposud se vedly spory, do jaké míry se podařilo vložním kulových čoček zabránit přenosu sil do vedení a ucpávek válcích. Někteří v provozu tvrdili, že "čočky" nejsou funkční, jiní pravý opak.

Námi získané výsledky jasně dokládají, že za určitých okolností obě strany měly pravdu.

Z obrázku č. 5 je zřejmé, že "čočkové" uložení celkem spolehlivě plní svoji funkci při malých koeficientech tření na jejich plochách, jmenovitě do koeficientu tření 0,05, tj. při velmi dobře mazaných plochách. V rozmezí koeficientu tření od 0 do 0,05 je na obrázku vidět strmý nárůst naklopení vlivem přenosu síly třením.

Naproti tomu je z obrázku č. 5 patrné, že od koeficientu tření větším než 0,05 je vliv poměrně drahého "čočkového" uložení skoro zanedbatelný oproti spojení pevnému.

Závěrem je možno konstatovat, že pokud nejsme schopni zajistit udržování dobře mazaného spojení s malým třením přes čočky během pracovního provozu, je zcela zbytečné tento poměrně drahý způsob spojení realizovat, neboť neposlouží svému účelu.

Pro námi testovaný případ je zlomová hodnota tření 0,05. Je pravděpodobné, že tato mezní hodnota koeficientu tření nebude stejná pro všechny typy konstrukčních řešení. Mezní hodnota koeficientu tření bude závislá např. na velikosti poloměru kulové plochy čočky a na kinematických závislostech v uložení. Je však možné konstatovat, že průběh závislosti posunutí horní traverzy na koeficientu tření bude u všech řešení obdobný.

Poděkování

Některé uvedené poznatky v tomto příspěvku jsou výsledkem odborné spolupráce na grantu MPO FR-TI1/045 s firmou TS Plzeň a teoretických prací v rámci spolupráce CVTS ZČU Plzeň a VCSVTT ČVUT Praha.

Literatura

ČECHURA, M., STANĚK, J. Tvářecí stroje – Hydraulické lisy. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 1999. ISBN 80-7082-480-8

KOVÁČ, A., JENKUT, M. Tvárníacie stroje. Bratislava: ALFA – vydavateľstvo technickej a ekonomickej literarúry, 1978. ISBN 63-556-78

RUDOLF B.; KOPECKÝ, M. Tvářecí stroje – Základy výpočtů a konstrukce. Praha: SNTL, 1979. ISBN 04-219-79