Monitorování velkých hydraulických lisů pro volné kování

Monitoring of large hydraulic presses for open die forging

Václav Kubec[1], Milan Čechura[2], Karel Ráž[3]

[1] *Ing. Václav Kubec, Ph.D., ZČU v Plzni, Fakulta strojní, CVTS, Univerzitní 8, 306 14 Plzeň, vkubec@kks.zcu.cz*
[2] *Doc. Ing. Milan Čechura, CSc., ZČU v Plzni, Fakulta strojní, CVTS, Univerzitní 8, 306 14 Plzeň, cechura@kks.zcu.cz*
[3] *Ing. Karel Ráž, ZČU v Plzni, Fakulta strojní, CVTS, Univerzitní 8, 306 14 Plzeň, kraz@kks.zcu.cz*

Abstrakt
V rámci činnosti skupiny CVTS při výzkumu a vývoji velkých hydraulických lisů jsme se podíleli na monitorování činnosti těchto strojů. V předkládaném příspěvku jsme uvedli souhrn poznatků z této oblasti. Součástí příspěvku je porovnání reálného měření chování stroje při simulovaném zatížení a měření virtuálního. Uvedeny jsou také závěry analýzy nejčastějšího způsobu zatěžování velkých hydraulických lisů, jehož podkladem je dotazník vyplněný provozovateli těchto strojů.

Abstract
The CVTS group activities research and development of large hydraulic presses are, by the way, focused in monitoring activities of these machines. In presented paper we introduce a summary of findings from this area. Part of this work is to compare the real behaviour of the machine measuring with load simulated virtual measurement. The conclusions of the most common way of loading large hydraulic presses are listed. The basis is a questionnaire completed by the operators of these machines.

Keywords: *hydraulic press, free forming, monitoring.*

1. ÚVOD

Provádět monitorování velkých lisů je značně obtížné a nákladné, neboť instalace monitorovacích zařízení na lis, který je v plném provozu, je značně náročná. Přitom správné umístění a zapojení monitorovacího zařízení má velký vliv na přesnost monitorování činnosti stroje.

Toto je možno realizovat různými bezkontaktními systémy. V poslední době, kdy se výpočetní technika již dostala na patřičnou úroveň, patří mezi to i monitorování virtuálních modelů stroje. Jedná se především o souhrn prováděných virtuálních diagnostikování při správném namodelování reálného stavu. Možnost virtuálních měření je umožněna především neustálým vývojem softwaru a hardwaru. Tento rozvoj rozšiřuje možnosti virtuálního diagnostikování bez ohledu na velikost virtuálně měřených objektů.

Výhoda takovéhoto virtuálního měření je především v tom, že náročnost tohoto měření je výrazně menší než u měření reálného. Nevýhoda těchto měření je v tom, že jsou závislá na přesnosti zadávání okrajových podmínek a míře nutného zjednodušení modelu. Tyto dva faktory velmi významně ovlivňují přesnost virtuálního měření.

Kalibraci virtuálního měření je možné udělat při jeho porovnání s měřením na skutečném zařízení. Takovéto měření je v našem případě velmi složité a náročné především z důvodu rozměrů zařízení a také prostředí, ve kterém námi sledované stroje pracují.

Na základě provedeného "zkalibrování" virtuálního měření je potom možno úspěšně provádět monitorování zatěžování hydraulického lisu pomocí virtuálního měření.

Jako ukázka a příklad monitorování zatěžování hydraulického lisu pomocí virtuálního měření bylo toto provedeno na provozovaném velkém hydraulickém lise CKV 12 000. Výsledky virtuálního modelování byly ověřeny a porovnány s měřením na samotném lise.

2. VLIV TECHNOLOGICKÝCH OPERACÍ NA KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ HYDRAULICKÝCH LISŮ A JEJICH KOMPONENT

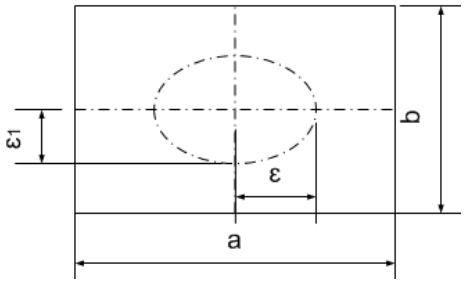
Diagnostikování velkých hydraulických lisů je značně obtížné, neboť každý typ lisu je vlastně jednoúčelový stroj, který je vždy konstruován pro danou technologii. Máme lisy ostřihovací, kovací, kalibrovací ohýbací, vytlačovací a další, a každý z nich má svoje specifické konstrukční řešení odpovídající prováděné technologii. Proto nelze univerzálně, jako u obráběcích strojů stanovit metodiku diagnostikování.

V rámci výzkumných prací CVTS jsme měli možnost provést virtuální měření na hydraulickém kovacím lisu, a toto porovnat s měřením na reálném lise.

Kovací hydraulické lisy jsou nejčastěji používané lisy v kovárnách. Jsou ve většině případů zatěžovány excentricky umístěnou tvářecí silou na spodní traverze. Geometrickým místem působiště síly při maximální dovolené excentricitě je obecně elipsa, kde maximální excentricita je v podélném směru lisu ε a v příčném směru lisu je ε_1. Při čtvercovém pracovním prostoru lisu je geometrickým místem působení tvářecí síly kružnice (obyčejně zápustkové kování), obecně lze napsat:

$$\frac{\varepsilon}{\varepsilon_1} = \frac{a}{b}$$

kde a, b jsou rozměry pracovního prostoru stroje.

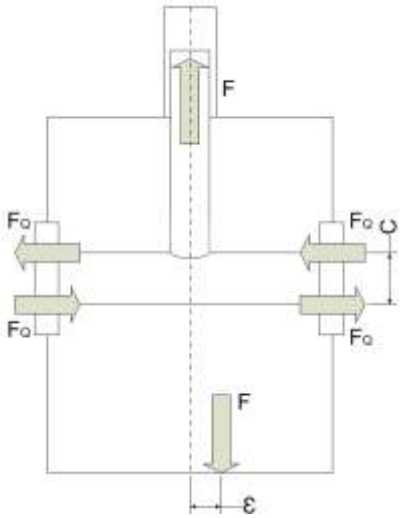


Obr.1 Elipsa dovolených excentricit kování

>>>

Velikost maximální excentricity je dána velikostí dovoleného namáhání sloupů - u lisů středních velikostí je maximální excentricita cca 300[mm]. Velikost a tedy tvar (elipsa nebo kružnice) dovolené excentricity je zcela podřízena požadavkům zákazníka.

Vzhledem k excentricky působící tvářecí síle dochází k naklápění střední pohyblivé traverzy.



Obr.2 Síly působící na pohyblivou traverzu

Klopný moment, který je generován excentricky umístěnou tvářecí silou = F x ε, musí být zachycen v pracovním prostoru lisu.

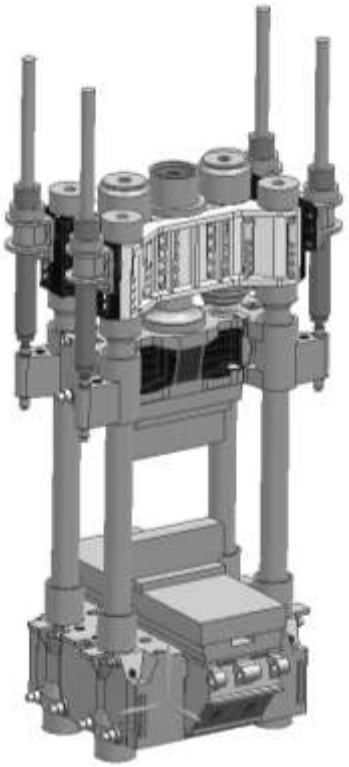
Tento klopný moment způsobuje především naklopení pohyblivé traverzy a také posunutí a mírné naklopení horní traverzy. Míra posunutí, případně naklopení je dána především konstrukcí stroje.

Rozdíl v konstrukci je především způsobem vedení pohyblivé traverzy v prostoru lisu. Možnosti vedení pohyblivé jsou v současné době využívány dvě. První způsob je, že pohyblivá traverza je vedena pouze na sloupech rámu lisu a posunutí horní traverzy je způsobeno deformací sloupů vlivem působícího momentu ve vedení.

Druhý způsob vedení je, že na pohyblivé traverze je vodící trn, který je veden v pouzdře v horní traverze. Přes toto pouzdro a vedení pohyblivé traverzy je potom přenášena boční síla, která způsobuje posunutí horní traverzy.

3. MONITOROVÁNÍ ZATĚŽOVÁNÍ HYDRAULICKÉHO LISU POMOCÍ VIRTUÁLNÍHO MĚŘENÍ

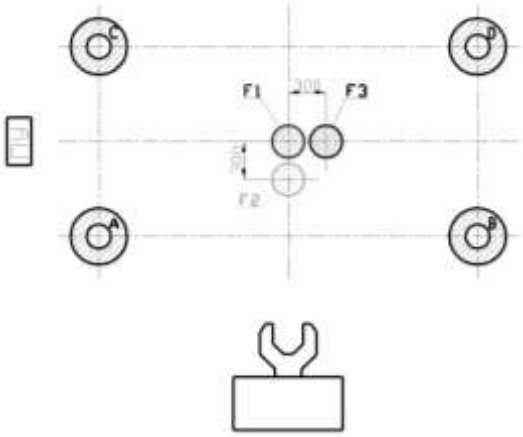
Model lisu, pro který bylo provedeno měření na stávajícím stroji a také měření virtuální, byl lis CKV 12 000 v provedení s vodícím trnem viz. Obr.3.



Obr.3 Model lisu

Tento stroj byl definovaným způsobem zatížen (Obr.4) a výsledky virtuálního a reálného měření porovnány.

Stroj byl zatížen maximální centrickou silou (F1), což odpovídá technologii pěchování. Další zatěžovací stavy byly definovány silami F2 a F3, které odpovídají maximální přípustné excentricitě pro tento stroj.

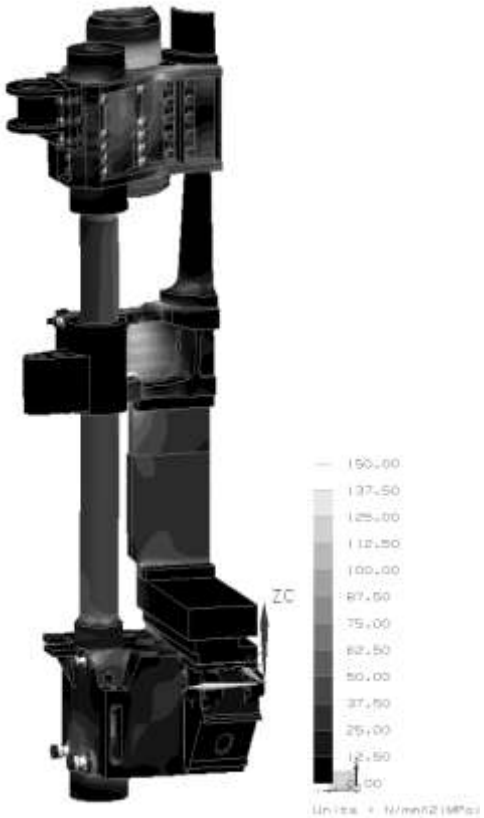


Obr.4 Zatížení stroje

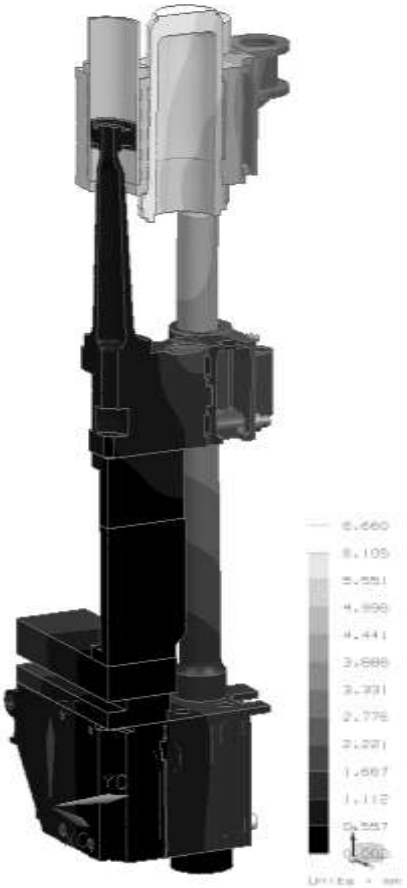
3.1 Virtuální měření stroje

Výpočet pro virtuální měření byl zhotoven pomocí metody konečných prvků, přičemž byla vždy modelována potřebná část celého rámu. Při centrickém zatížení je možné definovat dvě roviny symetrie, které především zkrátí výpočetní čas. Při výpočtech excentrického zatížení je možné využít jednu rovinu symetrie.

>>>



Obr.5 Rozložení napětí von Mises při centrickém zatížení

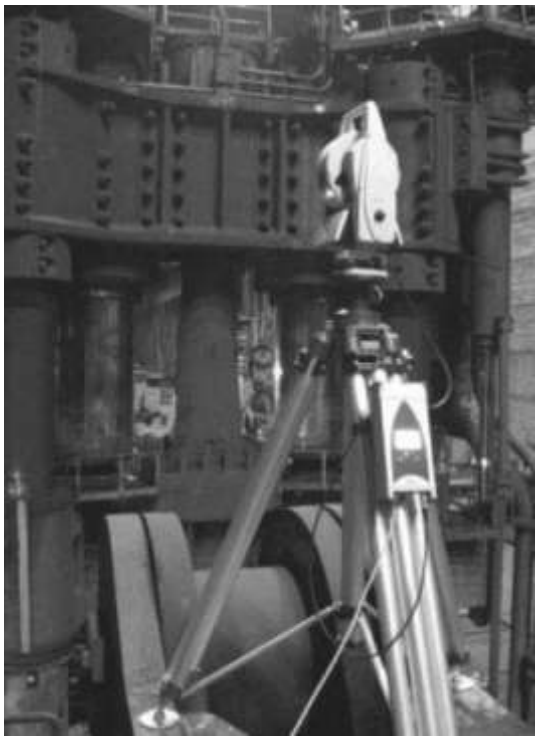


Obr.6 Výsledky posunutí při centrickém zatížení

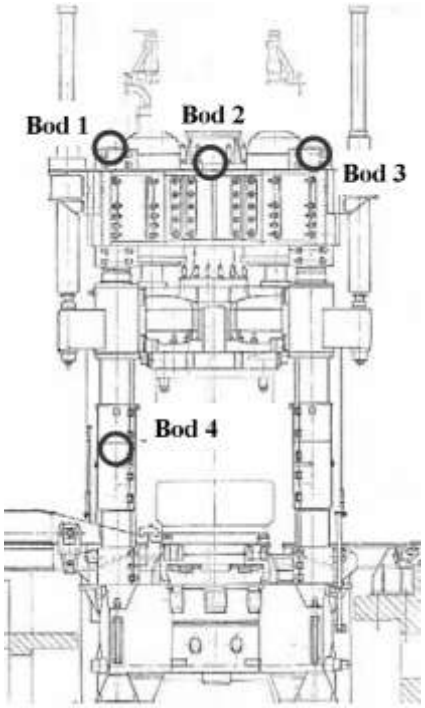
Na obr.5 a obr.6 jsou příklady výsledků z numerických výpočtů pro centrické zatížení, na jejichž základě je prováděno virtuální měření napětí a deformací rámu stroje.

3.2 Měření na reálném stroji

Na měřeném objektu byly vytipovány body, ve kterých bylo doporučeno provádět měření. Tyto body musely splňovat náročné podmínky nejen pro praktické měření, ale i pro možnost porovnání s virtuálním měřením.



Obr.7 Ukázka praktického měření deformace rámu lisu



Obr.8 Příklad umístění senzorů pro optické měření

>>>

Měření bylo prováděno dvěma způsoby, byla použita jiná metoda pro zjištění hodnot napětí a hodnot posunutí. Posunutí bylo změřeno pomocí optické metody a napětí byla zjišťována pomocí tenzometrického měření.

Při optickém měření bylo na rám stroje umístěno deset měřících kontrastních bodů. V průběhu zatěžování je sledován pohyb těchto bodů a následně na základě analýzy tohoto pohybu jsou určeny deformace rámu lisu.

Dále bylo na rámu lisu vytipováno 50 míst, ve kterých bylo měřeno napětí. Tenzometry byly umístěny na každé traverze a to symetricky, aby bylo možné posoudit případnou nerovnoměrnost zatížení. Tenzometry byly umístěny také na sloupech.

3.3 Porovnání získaných výsledků

Uvedené vybrané výsledky jsou pro centrické zatížení.

Výsledné deformace modelu jsou počítány na základě rozdílu posunutí. Analyzováno bylo natažení sloupů, průhyby traverz a jejich naklonění.

Prodloužení sloupů
- reálné měření 3,3 mm
- virtuální měření 4,5 mm

Průhyb horní traverzy
- reálné měření 1,54 mm
- virtuální měření 2,2 mm

Napětí z virtuálního modelu jsou porovnávána v místech měření pomocí tenzometrů.

Napětí na spodní desce spodní traverzy (průměrná hodnota)
- reálné měření 18 MPa
- virtuální měření 35 MPa

Napětí na sloupech (průměrná hodnota)
- reálné měření 43,4 MPa
- virtuální měření 40,8 MPa

Napětí na pohyblivé traverze (průměrná hodnota)
- reálné měření 28,4 MPa
- virtuální měření 24,2 MPa

Napětí na horní traverze (průměrná hodnota)
- reálné měření 99,9 MPa
- virtuální měření 120,9 MPa

4. ZÁVĚR

Při provádění monitorování velkých tvářecích strojů jsme museli řešit obtížnou situaci při požadavcích na provozovatele v souvislosti s umožněním požadovaného monitorování na vybraném stroji.

Režijní náklady na provoz stroje jsou tak vysoké, že vymezení provozního času, který je potřebný pro monitorování činnosti stroje, přepočteného do finanční ztráty by způsobilo snížení nebo dokonce ztráty ekonomického přínosu získaného provedeným monitorováním.

Proto jsme započali s pracemi na možnostech virtuálního monitorování, které by vzniklé problémy mohlo vyřešit.

Námi prováděné práce v oblasti monitorování prokázaly, že lze využitím počítačové techniky a za pomoci virtuálního modelování zvládat úkoly, které doposud nebylo možno běžně realizovat.

Abychom si ověřili získané výsledky numerických výpočtů a umožnili jejich využití pro další virtuální monitorování, provedli jsme jejich porovnání s případem, kde mohla proběhnout skutečná měření na lise v provozním prostředí.

Pomocí výsledků, které jsme získali měřením, jsme si mohli "zkalibrovat" výsledky získané virtuálním měřením, a dále při virtuálním měřením s uvedeným poměrem výsledků počítat. Ověření numerických výpočtů pomocí virtuálního měření a jeho porovnání s reálným měřením nám také umožnilo zkontrolovat správnost zadávaných okrajových podmínek a dalších předpokladů využívaných při výpočtech.

Je nutno podotknout, že některé odlišnosti v získaných výsledcích uvedených v kapitole 3.3, jsou způsobeny tím, že pro virtuální výpočet je uvažován ideální stav technického provedení a ideální stavu lisu, zatím co při praktickém měření se na výsledcích projevují i všechny montážní a konstrukční nepřesnosti a i opotřebení stroje.

Tyto vlivy však každý zkušený pracovník v oboru dokáže dostatečně eliminovat, a obdržet tak relativně správné výsledky.

Závěrem lze konstatovat, že správným virtuálním modelováním lze úspěšně suplovat většinu diagnostických úloh, potřebných k úspěšnému monitorování tvářecích strojů, především velkých tvářecích strojů, kde běžné monitorování je značně obtížné. Velkým přínosem uvedeného způsobu monitorování jsou jeho značně menší náklady na jeho provedení, než by byly při jeho klasickém provádění.

Poděkování

Příspěvek vznikl na základě spolupráce s TS Plzeň a VCSVTT CVUT Praha.

Literatura

1. ČECHURA, M., KUBEC, V., RÁŽ, K., STANĚK, J., CHVAL, Z. *Monitorování funkcí a vlastností tvářecích strojů*. ZČU v Plzni, výzkumná zpráva, 2011.
2. ŽENÍŠEK, J., JENKUT, M. *Výrobní stroje a zařízení*. Praha : SNTL, 1990. ISBN 80-03-00272-9.
3. KAMELANDER, I. *Tvářecí stroje*. Brno : VUT v Brně, 1982.
4. ČECHURA, M., STANĚK, J. *Tvářecí stroje- hydraulické lisy*. Plzeň : ZČU, 1999

Recenzenti