

**MEASURING AND COMPUTING ANALYSIS OF ECCENTRIC PRESSES WITH
RESPECT TO FUNCTION AND OPERATION**

**ROZBOR VÝSLEDKŮ VÝPOČTŮ A MĚŘENÍ NA EXCENTROVÉM LISU
S OHLEDEM NA JEHO FUNKCI A PROVOZ**

Čechura M., Adámek M.

The paper deals with frame deformation analysis of mechanical presses. Accuracy of manufacturing and tool life both depend on the kind and size of the frame deformation. That was the reason we decided to compute and to measure that type of machine. The results for analysis were obtained by measuring and computing the mechanical eccentric press LEN 25-S with open frame ("C"-type). The measuring was provided by strain gauges and computation by means of conventional methods which are still in use in frame design.

Úvod.

Pro praktické použití některých konstrukčních prvků výrobních strojů jsou požadovány někdy takové jejich vlastnosti, které kladou na řešitele značné nároky na jejich uskutečňování.

Mezi takovéto konstrukční prvky patří rámy lisů. Na konstrukci rámu lisu jsou kladeny následující základní požadavky:

- vysoká tuhost
- rovnoměrná tuhost kolem osy
- malá hmotnost
- velká technologická přístupnost
- neměnnost osy zatěžující síly před a při zatížení v rovině kolmé na působení síly
- malá technologická náročnost na výrobu a montáž
- velká trvanlivost a spolehlivost v provozu s malými nároky na údržbu.

Mnoho těchto požadavků se navzájem omezuje nebo zcela vylučuje. Proto kvalita konstrukčního řešení rámu se projevuje v tom, do jaké míry dokáže konstruktér vyhovět výše uvedeným požadavkům.

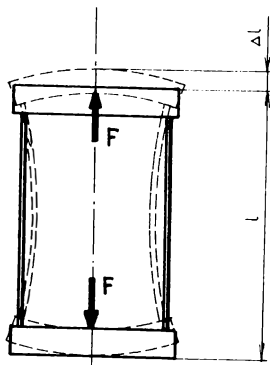
Mezi nejčastěji používané rámy mechanických lisů patří otevřené rámy typu "C". Tyto jsou především oblíbeny z technologických důvodů díky tomu, že umožňují velkou přístupnost k pracovnímu prostoru a proto jsou vhodné i pro automatické provozy.

Právě však tyto rámy svým konstrukčním řešením neodpovídají výše uvedeným požadavkům a je problematické na nich dále zpřesňovat výrobu, aniž bychom museli neúměrně zvyšovat hmotnost pro zajištění potřebné tuhosti.

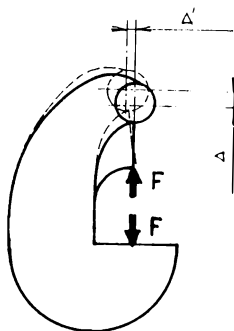
Zatímco rámy uzavřené (obr. 1) se při centrickém zatěžování a rovnoměrné tuhosti kolem osy rámu deformují pouze v ose působící síly, "C" rámy mají tu nevýhodu, že se při zatěžování rozevírají a jejich deformace je ve dvou rovinách (obr. 2), což způsobuje technologické potíže, nepřesnost výroby a někdy až ničení nástroje (obr. 3).

I když většina konstrukčních řešení těchto rámu je podložena teoretickými výpočty, přesto se při jejich praktickém využívání objevují některé problémy, které je třeba dořešit.

Aby mohly být rámy typu "C" používány i pro zvýšené technologické nároky na přesnost výroby, podrobili jsme je analýze jak výpočtové, tak pomocí praktických měření na stroji.



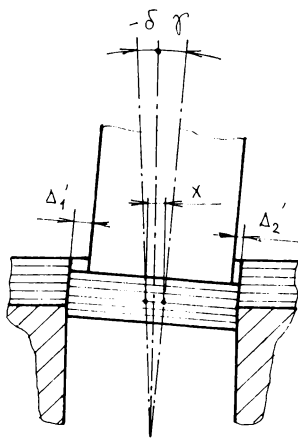
Obr.1



Obr.2

Vlastní rozbor byl proveden a konkretizován na mechanickém excentrovém lise LEN 25 S. Tento lis se používá na drobné vystřihovací a ohýbací operace. Je typickým zástupcem lisů s rámem "C" a to dvoustojanovým, s možností naklonění celého rámu podle potřeb technologického a automatizačního systému.

Přesnost výroby a životnost nástroje je přímo závislá na velikosti a způsobu deformace tohoto rámu. Za účelem ověření jeho tuhosti byly provedeny potřebné výpočty, které byly poté ověřeny praktickým měřením.



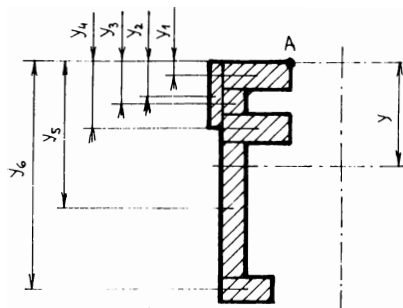
Obr.3

Výpočet rámu lisu.

Výpočet rámu lisu byl proveden jednak klasickým způsobem, kterého je používáno při jeho navrhování v konstrukcích a jak je popsán v odborné literatuře pro konstrukci tvářecích strojů a rovněž pomocí MKP. Dominantní pro námi sledované parametry jsou stojiny rámu. Ostatní části se na celkové tuhosti podílí nepodstatně.

Výpočet napětí ve stojinách rámu lisu LEN 25 S (literatura [1])

Výpočet vzdálenosti těžišťové osy:



Obr.4

$$y = 170,854 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti plochy průřezu:

Moment setrvačnosti poloviny průřezu

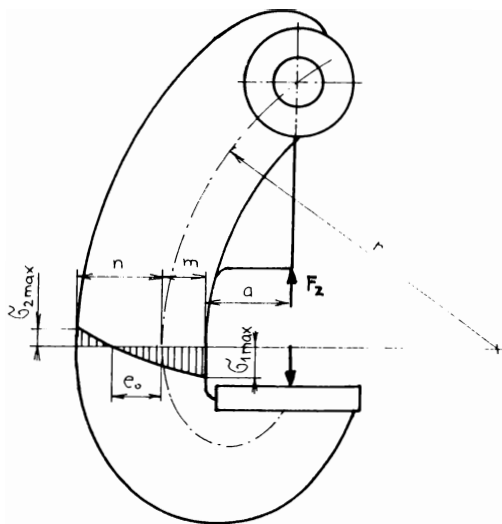
Celkový moment setrvačnosti průřezu

$$J'_x = J_x = 374496201.44 \text{ mm}^4$$

$$J_x = 2 \cdot J'_x = 748992202.88 \text{ mm}^4$$

Výpočet maximálního napětí ve stojinách rámu:

Vzhledem ke tvaru rámu se výpočet provádí jako u křivého nosníku. Rozložení napětí v průřezu je hyperbolické (Obr.5). Největší ohybové napětí krajních vláken je na vnitřní straně nosníku tzn., že napětí v tahu je větší než napětí v tlaku.



Obr.5

Maximální napětí na rámu:

$$\sigma_{1 \max} = \frac{F_z}{S} + \frac{M_z}{r \cdot S} + \frac{M_z \cdot r}{J_x} \cdot \frac{m}{r-m} \quad [\text{MPa}],$$

$$\sigma_{2 \max} = \frac{F_z}{S} + \frac{M_z}{r \cdot S} - \frac{M_z \cdot r}{J_x} \cdot \frac{b-m}{r+(b-m)} \quad [\text{MPa}],$$

kde $M_z = F_z \cdot (a+m)$ [Nmm] je konstantní ohybový moment,

F_z [N] zatěžovací síla,

S [mm²] plocha průřezu,

J_x [mm⁴] moment setrvačnosti k neutrální ose,

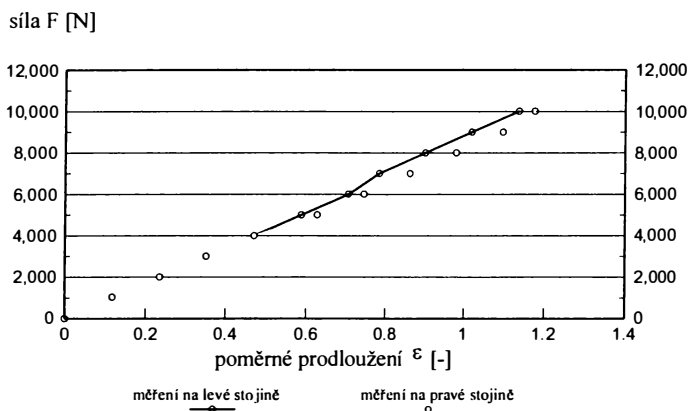
r [mm] poloměr křivosti nezátíženého nosníku

m [mm] vzdálenost těžišťové osy od krajního vlákna

Výsledky jsou graficky znázorněny v kapitole "Porovnání vypočtených a naměřených hodnot".

Praktické měření.

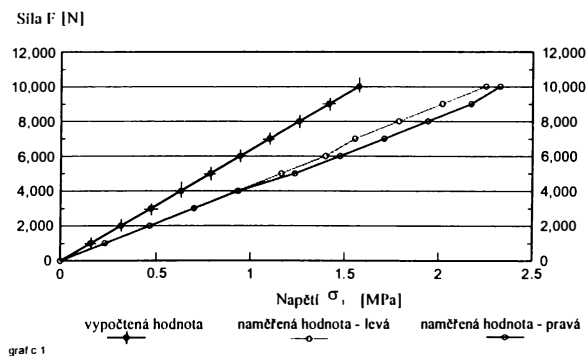
Praktické měření mělo ověřit hodnověrnost vypočtených hodnot a proto bylo provedeno v místě výpočtu maximálních napětí. Bylo použito měření pomocí tenzometrů a aparatury M1000 (Mikrotechna), při statickém zatěžování rámu. Měřilo se levé i pravé stojině.



Obr.6 - Průběh poměrného prodloužení v závislosti na síle.

Porovnání vypočtených a naměřených hodnot.

Literatura [4]



Obr.7

Závěrem.

Jak vyplývá z předložených výsledků, existují rozdíly mezi hodnotami získanými výpočty a měřením. Tyto rozdíly lze vysvětlit následujícím způsobem:

- materiálové hodnoty, použité jako předpoklad pro výpočet dle uvedeného použitého materiálu nebyly stanoveny správně,
- materiál stojanu není dostatečně homogenní.

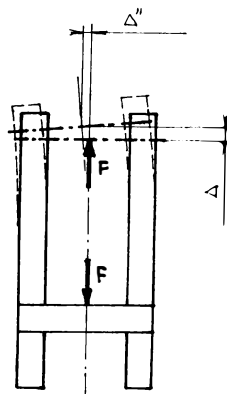
Vzhledem k tomu, že uvedené měření bylo mnohokrát opakováno ne pouze jedním pracovníkem, lze vyloučit subjektivní chybu. Případné chyby měření lze pak přisoudit měřicí aparatuře včetně použitého siloměru. Výsledkem je konstatování, že ve skutečnosti je tuhost rámu menší, než je vypočítaná. Z uvedených měření vzešel velmi důležitý poznatek, který byl dosud opomíjen, ale který je třeba brát na vědomí:

I když jsou rozměry stojin rámu stejné, jejich tuhosti se liší!

To má za důsledek deformace v další ose, se kterými se nepočítalo (obr.8) a které nám ovlivní rozměrovou přesnost výrobku.

Stejnou tuhost stojin rámu však nelze technologií zajistit!

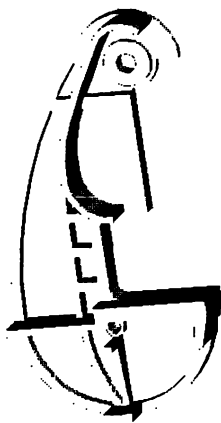
Proto u stojin pro přesnou výrobu bude nutno provést praktická měření na všech rámech a vybírat takové, kde deformace (tuhosti) stojin budou stejné nebo s malými odchylkami.



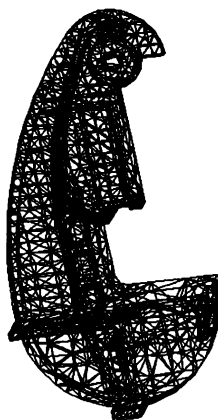
Obr.8

Výpočtový model pro MKP (Obr.10), vytvořený v systému Pro/Engineer (Obr.9) je tvořen i přes omezení z takového počtu elementů, že školní licence systémů nedovolují tento výpočet provést v odpovídající kvalitě. Silně zjednodušený model pak poskytuje výsledky, které nelze považovat za uspokojivé. Je zde však možné sledovat průběhy napětí v jednotlivých konkrétních místech rámu, což lze v daném stavu považovat za přínos.

Na přesnějším kontrolním výpočtu rámu lisu se i nadále pracuje.



Obr.9



Obr.10

Vzhledem k tomu, že rámy tvářecích strojů jsou především počítány na tuhost, takže při praxi ustálených tvarech rámu nehrozí nebezpečí překročení napětí tak, aby docházelo při správně vyrobeném rámu k praskání, není přínos zpřesněného výpočtu tak výrazný, jako u jiných zařízení. Větší důležitost v našem případě má ověření skutečného stavu měřením, kdy odhalíme případné, avšak přirozeně vznikající výrobní chyby.

- Literatura:
- [1] Kopecký M., Rudolf B.: Tvářecí stroje - základy výpočtů a konstrukce (SNTL 1980).
 - [2] Čechura M., Hůrka F., Švígler V.: Měření hodnot mechanických veličin tvářecích strojů (Report VŠSE Plzeň).
 - [3] Němec J.: Odporové tenzometry v praxi (SNTL 1967).
 - [4] Adámek M., Hajský P.: Měření tuhosti na dvoustojanovém excentrovém lisu LEN 25 S (v.z. KKS 1995).

Doc. Ing. Milan Čechura, CSc.
ZČU Plzeň
Univerzitní 22, 320 00 Plzeň
tel. 019-2171-256
fax. 019-2799991

Ing. Miroslav Adámek
ZČU Plzeň
Univerzitní 22, 320 00 Plzeň
tel. 019-2171-556
fax. 019-2799991