



Národní konference s mezinárodní účastí
INŽENÝRSKÁ MECHANIKA 2002

13. – 16. 5. 2002, Svratka, Česká republika

**DYNAMIC MODEL OF HYDRAULIC PRESS WITH PULSATING
FORCE**

Jiří OMES*

***Summary:** Recently there is a large development and exploitation of hydraulic presses. Development of these presses leads to endeavour after exploitation of pulsating forces in forming, especially in the field of sheet forming as blankholder force. This article contents project of hydraulic press model with pulsating pressure source. The goal is to design a suitable source of pressure pulsation of hydraulic press. The designed press is dedicated for bulk forming. The results of this model will be compared with real measured data.*

Úvod

V současnosti se hnacím motorem vědecko-technického rozvoje výrobních zařízení stávají nové a nové technologie výroby. Tento trend je obecně platný v neposlední řadě i v oblasti tvářecí techniky. Konkurenceschopnost tvářecích strojů na trhu je závislá na tom, zda stroj je schopen svými parametry splnit podmínky pro využívání nových a netradičních technologií výroby. Toto všechno platí například pro hydraulické lisy. V poslední době dochází k mohutnému rozvoji a využití hydraulických lisů. Důsledkem je snížení nákladů na výrobu komponentů hydraulických obvodů a zjednodušení konstrukce hydraulických lisů. Což je spojeno právě s novými technologiemi výroby hydraulických prvků. Novými technologiemi, které úzce souvisí s hydraulickými lisami nebo s hydraulickými obvody, jsou například tváření pomocí pulsujícího vnitřního přetlaku, využití pulsující síly hydraulických přidržovačů atd. Právě v oblasti plošného tváření jsou používány již zmiňované hydraulické přidržovače s pulsující přidržovací silou. Použitím pulsačního přidržovače mohou být předlakované přístřihy lisovány bez ztráty lesku, zlepší se i tvarové chování u kritického hlubokého tažení, dále se odstraní nebo alespoň sníží problémy při tváření složitých geometrických dílů z vysoce pevných tvárných ocelí s vysokým obsahem přísad nebo nerezových plechů. Právě nerezové plechy jsou ve větší míře používány v automobilovém průmyslu.

*Ing. Jiří Omes: Žďas a.s., Strojírenská 6, P.O.BOX 145, Žďár nad Sázavou, 591 71,
E-mail: jiri_omes@zdas.cz

Hydraulické pulsace

K vyvození pulsační síly je u hydraulických lisů nebo přidržovačů použito pulsačního tlaku. Jeho generování však skýtá mnoho úskalí a nežádoucí účinky na hydraulické obvody. Hydraulické pulsace obecně patří mezi nežádoucí jevy v obvodech a většinou se jim snažíme předcházet. Všechny objemové hydrogenerátory vytvářejí následkem konečného počtu pracovních prvků (pístů, lamel, zubů) pulsující průtok kapaliny. Průtokové pulsace způsobují v připojeném obvodu tlakové pulsace, které jsou příčinou vybuzení kmitání a trvalého dynamického zatížení celého obvodu. Nadměrné tlakové pulsace snižují životnost součástek v obvodu, tento obvod se stává sekundárním zdrojem hluku a tak přímo ovlivňují parametry celého zařízení, jehož součástí hydraulický obvod je. V některých případech mohou tyto tlakové pulsace vést až k havárii zařízení. Tyto samovolně generované pulsace však nejsou dostatečně veliké a vhodné pro vytváření pulsující síly pomocí hydraulického převodníku, kterým v tomto případě je hydraulický válec. Vhodným zdrojem pro generování pulsací je například pulsátor, u kterého je možno měnit frekvence a amplitudu pulsujícího tlaku při dostatečném množství media dodávaného do obvodu.

Prostředek řešení

Obsahem tohoto příspěvku je prezentace dynamického modelu lisu s pulsujícím zdrojem síly. Dynamický model hydraulického lisu má napomoci při návrhu zařízení, na kterém, byl by zkoušeny technologie využívající pro proces tváření pulsující sílu. Právě při zkoušení nových technologií musí existovat zařízení, na kterém ta či ona technologie může být testována. K vytvoření modelu byl použit program Dynast. Program Dynast slouží ke statické, dynamické a kinematické simulaci a kmitočtové analýze lineárních i nelineárních dynamických soustav.

Dynamické soustavy mohou být popsány v programu Dynast následovně:

- a) Algebro-diferenciálními rovnicemi
- b) Blokovými nebo branovými schématy
- c) Kombinací obou předcházejících způsobů

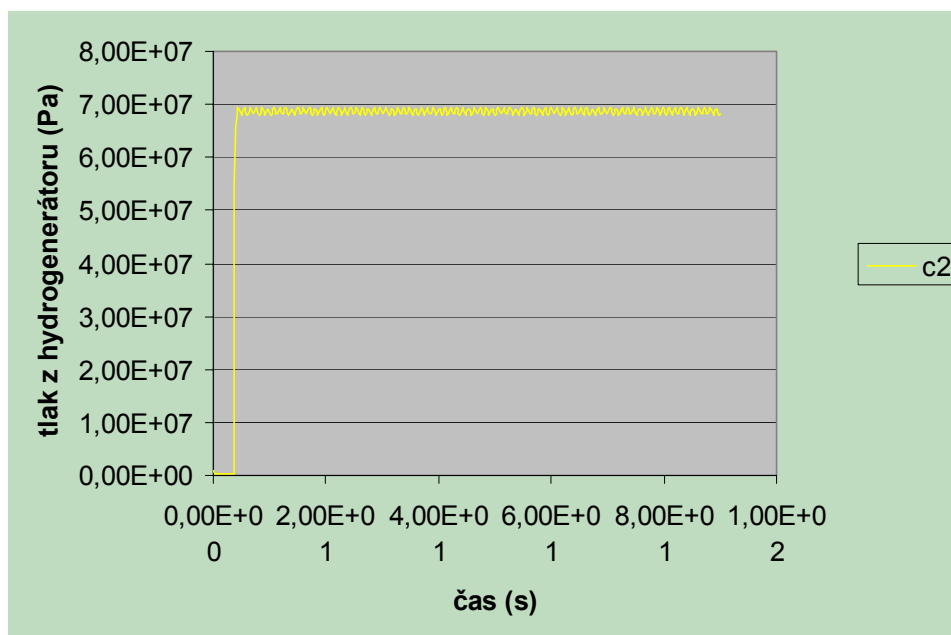
V případě blokových a branových schémat si program odpovídající rovnice zformuluje automaticky sám. Dynast může být využíván i jako univerzální prostředek pro řešení lineární a nelineárních algebraických soustav, obyčejných diferenciálních i algebro-diferenciálních rovnic, dále pak pro výpočet derivací integrálů, Fourierovu analýzu apod.

Model

Model hydraulického lisu je tvořen pomocí blokových a branových schémat. Vstupní hodnoty pro modely jednotlivých prvků hydraulického lisu byli použity skutečné hodnoty reálných zařízení. Celý model je tvořen z těchto modelů. Tlaková kapalina proudí z čerpadla přes jednosměrný ventil nebo uzavírací ventil do hydraulického válce. Požadované tlakové pulsace jsou generovány pomocí pulsátoru umístěného co nejbližší hydraulického válce. Jednosměrný ventil plní funkci jakési ochrany před šířením tlakových pulsací. V propustném směru propouští hydraulickou kapalinu směrem do hydraulického válce. V nepropustném směru zabraňuje šíření tlakových pulsací do hydraulického obvodu. Při řešení tohoto modelu bylo zjištěno, že je potřeba klást zvláštní důraz na tvorbu modelu jednosměrného ventilu. Jeho model musí být vytvořen tak, aby byla splněna jeho funkce. To znamená, aby omezoval

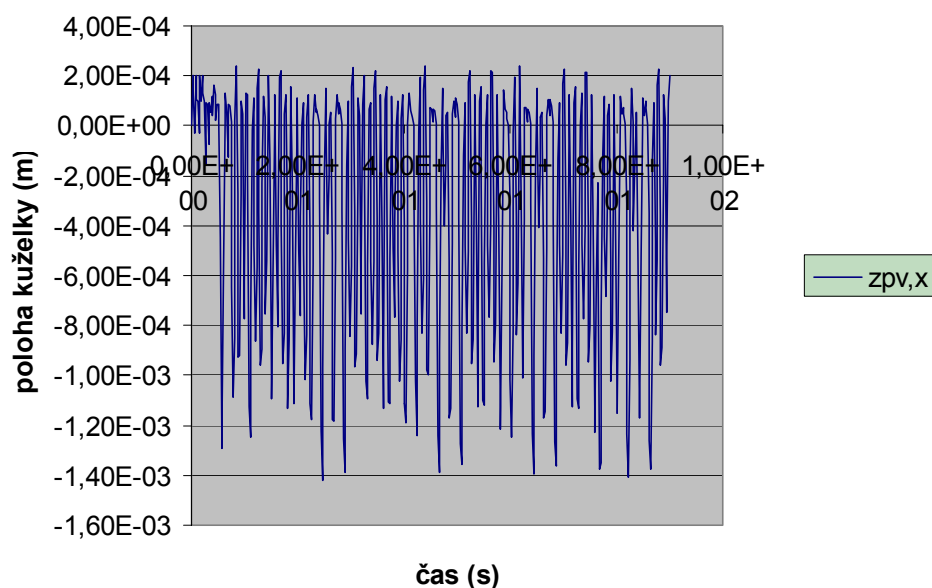
pronikání tlakových pulsací zpět do plnicího čerpadla a generované pulsace proudili do hydraulického válce. Nevhodné jeho namodelování je využití charakteristik udávaných výrobcí ventilů. Jedná se totiž o charakteristiky statické, nevhodné pro popis dynamických jevů.

V prvním modelu jednosměrného ventilu nebyly uvažovány vlivy dorazů kuželky ventilu. Tento model ventilu se jeví jako nevhodný pro správnou funkci celého modelu. Ze závislostí na obr.1. Je patrné, že ventil propouští pulsace do větve s hydrogenerátorem.



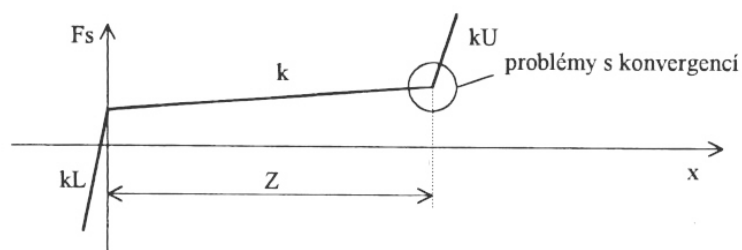
Obr.1 Závislost tlaku z hydrogenerátoru při frekvenci 6Hz

Na druhém obr. 2 je vidět poloha kuželky v závislosti na čase, poloha je silně rozkmitaná.



Obr. 2 Závislost polohy kuželky na čase modelu jednosměr. ventilu při neuvažování tuhosti dorazů při frekvenci 6Hz

V druhém modelu byl zohledněn vliv tuhostí dorazů jednosměrného ventilu v místě styku kuželky ventilu s tělem ventilu. Na obr.3 je vidět jednodušší závislost silového působení tuhosti dorazů $F_s=f(x)$.

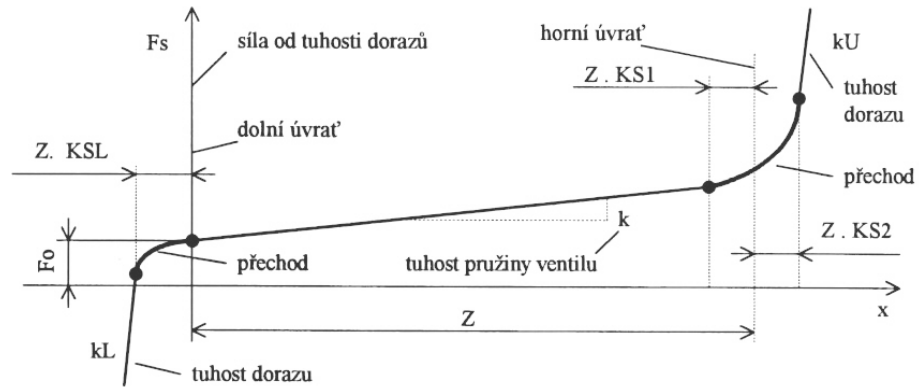


Obr.3 Závislost síly tuhosti dorazů $F_s=f(x)$

Kde je:

- Z zdvih kuželky ventilu
- K tuhost pružiny ventilu
- KL tuhost dorazu v dolní úvrati
- kU tuhost dorazu v horní úvrati

V místě dolní a horní úvrati dochází k ostrému zlomu a v programu Dynast to způsobuje problémy s konvergencí. Proto je model silového působení na kuželku v horní a dolní úvrati od tuhosti dorazů vložen do makra v podobě závislosti silového působení na obr.4.



Obr.4 Závislost síly tuhosti dorazů $F_s=f(x)$

Kde je:

$K_{s1}, (K_{s2})$ součinitel tuhosti dorazu v horní úvrati

K_{sL} součinitel dorazu v dolní úvrati

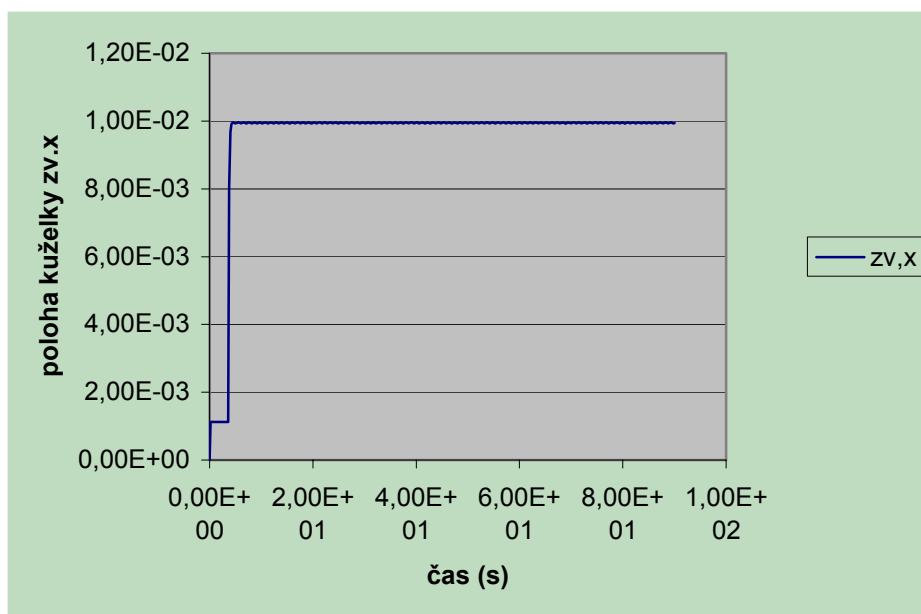
F_0 předpět'ová síla síla pružiny k

Celé silové působení na kuželku je dáno dvěma funkcemi

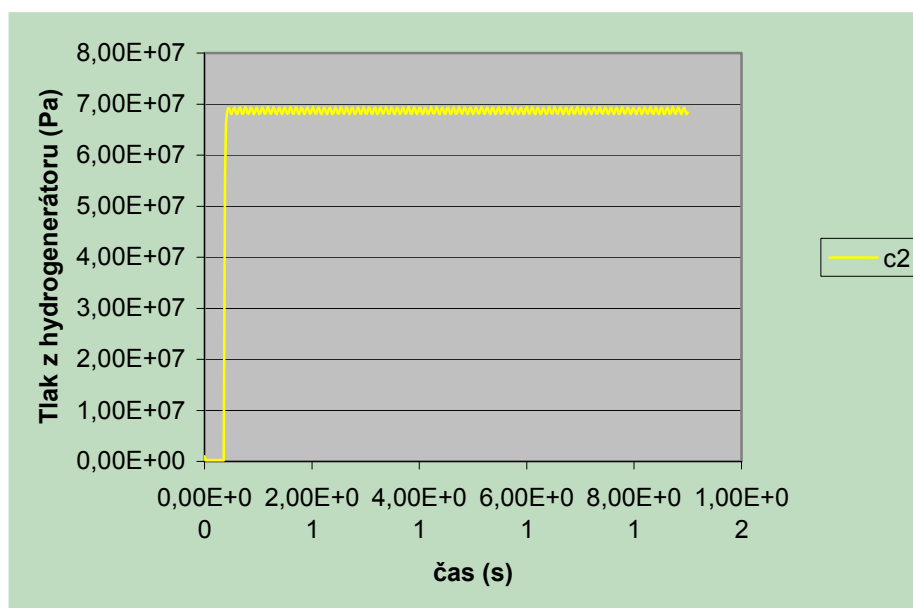
$STOPU(X)$ poloha kuželky $x \geq 0$

$STOPL(X)$ poloha kuželky $x \leq 0$

Dále je zohledněno tlumení v dolní a horní úvrati kuželky. Tlumení je modelováno silovým působením, přičemž tlumící síla je dána vztahem $F_{\eta} = v \cdot B$, kde F_{η} je tlumící síla působící proti směru rychlosti v , v – rychlost pohybu kuželky, B – koeficient tlumení. Stanovení koeficientu B v dorazech je problematické. Podle závislosti na obr.5 a 6. Je vidět, že model jednosměrného ventilu se chová podle požadované funkce.



Obr.5 Závislost tlaku z hydrogenerátoru při frekvenci 6Hz

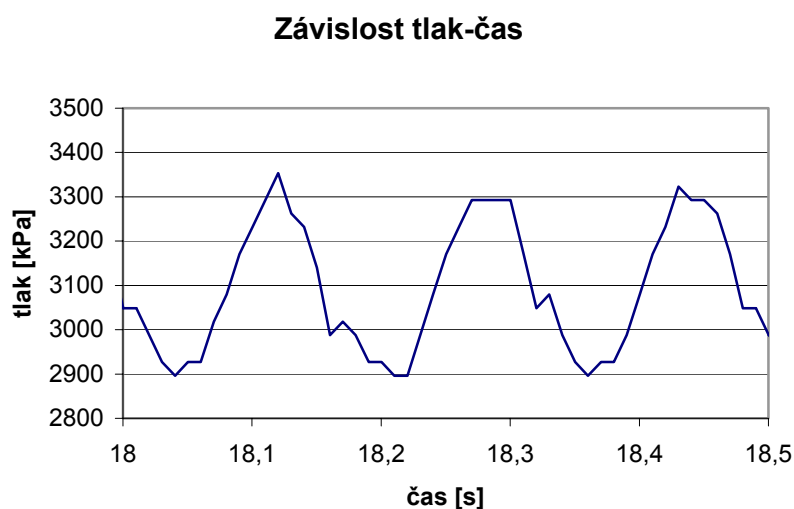


Obr. 6 Závislost polohy kuželky na čase modelu jednosměr. ventilu při uvažování tuhosti dorazů při frekvenci 6Hz

Dalším rozhodujícím a nezanedbatelným prvkem modelu je správné namodelování přetvářeného materiálu. V tomto modelu je prozatím vzorek materiálu modelován pomocí mechanické pružiny. To však neodpovídá skutečnosti, nejenže materiál se chová jako pružina, ale i jako tlumič. V současnosti mi nejsou známy dynamické modely přetvářeného materiálu. Například při vytváření modelu přechované součásti je nutno brát v úvahu, že ve válečku vzniká trojosý stav napjatosti, postupem tváření se materiál zpevňuje. A taky je důležité uvažovat tření mezi čelnými plochami válečku a nástrojem. Toto jsou nejhlavnější faktory, které je třeba zohlednit při tváření

válečku za studena. Pokud by byl váleček ohřátý vstupuje do procesu další faktor, tímto faktorem je teplota. Je nutné uvažovat přestup tepla mezi válečkem a nástrojem, s tím spojené ochlazování zatěžovaného válečku.

Výstupní hodnoty daného modelu jsou porovnány ze skutečně naměřenými hodnotami. Pro generování pulsací při experimentu byl použit pulsátor v sestavě se stejnosměrným elektromotorem, s max. otáčkami 3000 min^{-1} , max. napětí 160V, výkon 1,3kW. V sestavě je dále spojka a mechanismus pro změnu zdvihu pístu od 0 do 40 mm a hydraulický válec. Tlak byl měřen tlakovým snímačem DMP 333, měřicí rozsah 60MPa, přesnost $\pm 0,5\%$, proudový výstup 0-20mA.



Obr.6 Naměřené hodnoty tlaku při frekvenci 6Hz

Závěr

Hodnoty, které jsou naměřeny v experimentu, slouží k odladění dynamického modelu. I když není uvažována stlačitelnost kapaliny na výsledcích získaných výpočtem modelu jsou vidět různé špičky. Tyto špičky jsou způsobeny částečným nebo úplným odrazem vlny pulsujícího tlaku o stěny potrubí.

Literatura

- [1.] Mann, H.; Teorie strojních soustav II. skriptum. Brno. VUT Brno. 1990
- [2.] Kamelandr, I.; Tvářecí stroje I. skriptum. Brno. VUT Brno 1989
- [3.] Kamelandr, I.; Tvářecí stroje II. skriptum. Brno. VUT Brno 1989
- [4.] Peňáz, V., Benža, D.; Tekutinové mechanismy. skriptum. Brno. VUT Brno 1990
- [5.] Zymák, V.; Dynamika pulsujícího průtoku . Teorie, měření, aplikace, zkušenosti. Brno.1994