



MODEL OF HYDRAULIC PRESS WITH PULSATING PRESSURE SOURCE

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.

1. Úvod

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. Nové moderní hydraulické lisy se vyrovnají v počtu zdvihů lisům mechanickým. Rozvoj těchto lisů je spojen s vývojem nových technologií. Příkladem těchto nových technologií je třeba tváření vnitřním přetlakem nebo vibrační tváření s použitím pulsační síly. Pulsační síla je užita například v oblasti plošného tváření pro vyvození přidržovací síly. Použitím pulsačního přidržovače mohou být předlakované přístřihy lisovány bez ztráty lesku, zlepši se i tvarové chování u kritického hlubokého tažení, dále se odstraní nebo alespoň sníží potíže při tváření složitých geometrických dílů z vysoce pevných tvárných ocelí s vysokým obsahem přísad. Stálé zatěžování a odlehčování tvářeného plechu při pulsaci umožňuje zvětšení tažného poměru až k 20 procentům.

2. HYDRAULICKÉ PULSACE

Hydraulické pulsace v hydraulických obvodech obecně patří mezi nežádoucí jevy. K pulsujícímu průtoku kapaliny dochází v obvodech, které jako svůj zdroj hydraulické energie používají objemové hydrogenerátory nebo hydrodynamická lopatková čerpadla. Mezi tyto zmíněné objemové hydrogenerátory patří např. pístová, zubová, lamelová a další čerpadla. Všechny objemové hydrogenerátory (snad s výjimkou šroubového) 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. Vlny tlaku v hydraulických obvodech se šíří fázovou rychlostí a podle rovnice:

$$a = \frac{\omega}{\beta_f} = \lambda_v * \frac{\omega}{2\pi} = \lambda_v * f$$

kde λ_v je vlnová délka vlny, f ... frekvence, β_f ...měrný fázový posun, ω ... úhlová rychlost.

*Ing. Jiří Omes: VUT Brno, Fakulta strojního inženýrství, Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky, Technická 2, Brno 616 69, tel: +4205 41142107, fax: +420 5 758256, E-mail: omes@uvss.fme.vutbr.cz

U změn průřezu sloupce kapaliny ve vedení nebo v dalších prvcích nastává částečný nebo úplný odraz energie. V závislosti na hydraulickém systému a jeho konfiguraci se mohou vytvořit podmínky pro vznik stojaté tlakové vlny (respektive průtoku) a tím i rezonance.

Pulsující průtok se skládá z ustálené složky modulované periodickými, neharmonickými průtokovými oscilacemi ΔQ_k s frekvencí

$$f = k * z * n_G$$

kde:

$z \geq 4$ a $k=1$ je pro hydrogenerátory zubové, pístové a lamelové se sudým počtem pístů (lamel)

$z \geq 3$ a $k=2$ je pro hydrogenerátory zubové, pístové a lamelové s lichým počtem pístů (lamel)

Průtokové pulsace v připojených obvodech vytvářejí pulsace tlakové, které způsobují vybuzení kmitání a trvalé dynamické zatížení celého obvodu. Nadměrné tlakové pulsace snižují životnost součástí 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.

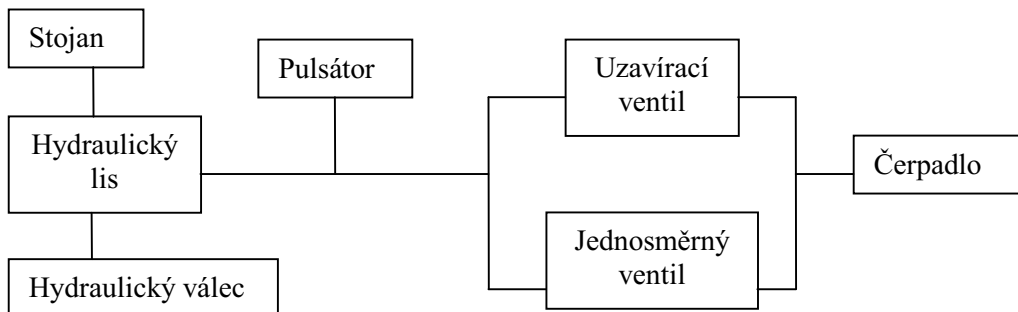
Tyto tlakové pulsace jsou jedním ze základních zdrojů hluku v hydraulických obvodech. Dynamický tlak se s případným zesílením přenáší na hraniční plochy součástí, které tento daný hydraulický obvod omezují. Mezi tyto prvky patří zejména hydraulické vedení (potrubí), prvky pro řízení tlaku nebo průtoku, nádrže atd. Po uvedení těchto ploch do dynamického pohybu se prostřednictvím nich vyzářuje hluk do okolí.

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.

3. MODEL

Pro modelování hydraulického lisu s pulsující silou byl zvolen program DYNAST. Jedná se o program, který řeší dynamické soustavy. V našem případě pomocí elektro-mechanické a elektro-hydraulické analogie. Každému členu soustavy je přiřazen model, kterým je popsán. Jejich vzájemná interakce je definována pomocí počátečních podmínek a vzájemných vazeb.

Na obr.1 je blokové schéma hydraulického lisu. V použitém modelu je hydraulický lis ještě rozdělen na hydraulický válec a stojan. Tlaková kapalina proudí z čerpadla přes jednosměrný ventil nebo uzavírací ventil do hydraulického válce. Požadované tlakové pulsace jsou generovány pomocí pulsátoru umístěného co nejbližee hydraulického válce. Jedsměrný 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. Uzavírací ventil je otevírán při odlehčení lisu.



Obr.1 Blokové schéma modelu

Tento prvotní model je vytvořen za předpokladu, že pracuje s nestlačitelnou kapalinou. Jednotlivé modely části soustavy jsou vytvořeny následovně:

- Makro modelu čerpadla je vytvořeno pomocí funkční závislosti tlaku na průtoku dané výrobcem. U čerpadla je zařazen pomocný odpor pro lepší zjišťování průtoku.
- Model uzavíracího ventilu je zadán pomocí statické charakteristiky udané výrobcem.
- V modelu jednosměrného ventilu jsou zohledněny tuhosti dorazů a tuhost přitlačné pružiny.
- Jak už bylo řečeno není uvažována stlačitelnost kapaliny, tato je zohledněna v modelu pulsátoru a hydraulického válce. V modelu pulsátoru je použita funkce cosinus, aby derivace (rychlost) začínala v nule.
- Stojan je nadefinován se dvěma uzly A a B tím se stává makro obecnější. Model je charakterizován relativní výchylkou mezi uzly A a B.

Na ukázkou jsou zde představeny zdrojové kódy modelů a to pulsátoru a stojanu.

PULSATOR A-B /AMP= ,S1= ,OMEGA= ;

BS X = -AMP*COS(OMEGA*TIME); : poloha pistu

BD VP = X; : rychlost pistu, derivuji drah

PULS > J A-B=VP*S1; : zdroj prutoku, rychlost * plocha

EQ@;

STOJAN A-B/M= ,KS= ;

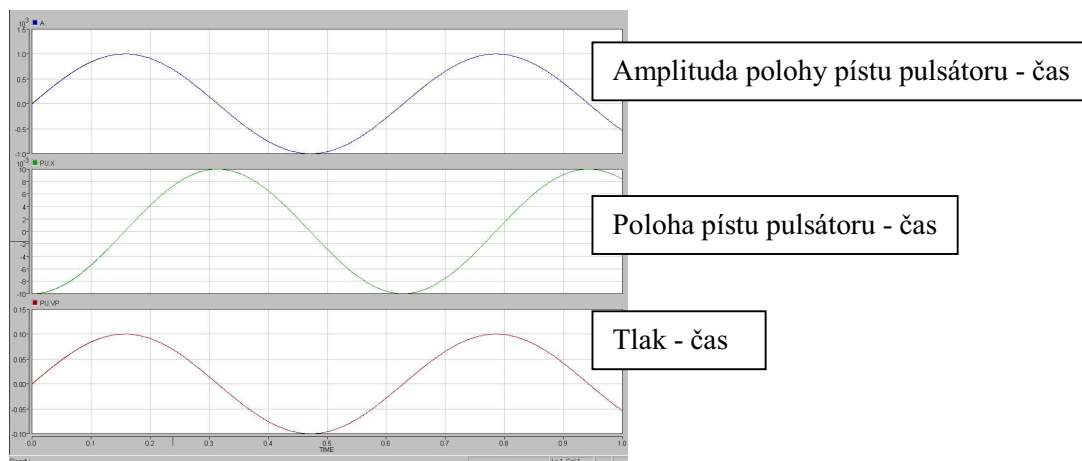
STOJ > C A-0 = M;

TUH > L A-B = 1/KS;

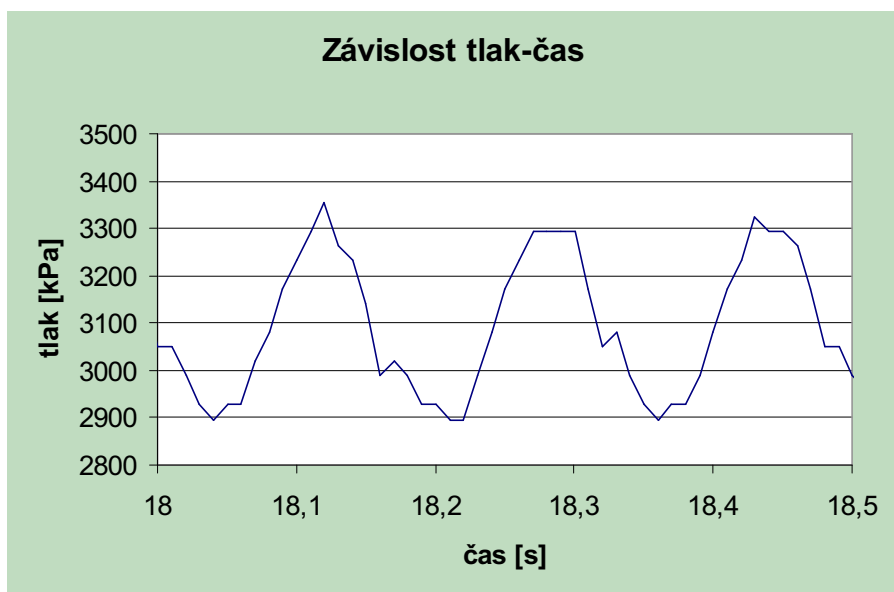
BI XAB=V.A-V.B; relativni výchylka bodu A na B

EQ@;

Zvláštní pozornost v tomto modelu je věnována pulsátoru. Na Obr.2 jsou výstupní data modelu pulsátoru formou grafů. První graf znázorňuje závislost amplitudy na čase. Prostřední graf je závislost polohy pistu a poslední je tlaková závislost na čase. Na Obr.3 jsou pro srovnání vyneseny naměřené hodnoty pulsujícího tlaku v blízkosti pulsátoru. Pulsátor je v sestavě s stejnosměrným elektromotorem s max. otáčkami 3000 min^{-1} , max. napětí 160V, výkon 1,3kW. V sestavě je dále spojka a mechanismus pro změnu zdvihu pistu 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.2 Výstupní data modelu pulsátoru



Obr.3 Naměřené hodnoty tlaku při frekvenci 6Hz

4. ZÁVĚR

V modelu hydraulického lisu s pulsujícím zdrojem tlaku nebyla uvažována stlačitelnost kapaliny. Porovnáme-li výstupní závislosti tlaku na čase modelu pulsátoru a skutečného měření je vidět, že naměřená závislost tlaku na čase má tvar sinusovky. Oproti modelu není tvar průběhu měřené závislosti hladký, ale vyskytují zde různé špičky. Tyto špičky jsou způsobeny částečným nebo úplným odrazem vlny pulsujícího tlaku o stěny potrubí.

5. 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