Možnosti kování velkých kroužků mimo lis

The possibility of large rings forging outside the press

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

[1] *Ing. Karel Ráž, ZČU v Plzni, FST, KKS, Univerzitní 22, 306 14 Plzeň, kraz@kks.zcu.cz*
[2] *Doc. Ing. Milan Čechura, CSc., ZČU v Plzni, FST, KKS, Univerzitní 22, 306 14 Plzeň, cechura@kks.zcu.cz*
[3] *Ing. Václav Kubec, PhD., ZČU v Plzni, FST, KKS, Univerzitní 22, 306 14 Plzeň, vkubec@kks.zcu.cz*

Abstrakt

V současné době se na trhu s výkovky objevuje zvýšená poptávka po velkých ocelových kroužcích extrémních rozměrů, zejména pro jaderný průmysl. Tyto kroužky mají často tak velké rozměry, že není možné je kovat na normálním kovacím lisu a je nutno jej doplnit speciálním zařízením pro kování mimo lis. Příspěvek pojednává o některých možnostech kování kroužků mimo lis a hodnotí je z technologického i kontrukčního hlediska.

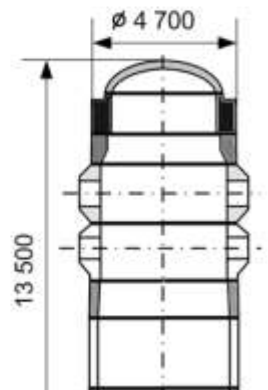
Abstract

Currently, there is higher demand for large forged rings, especially for the nuclear industry. It is not possible to forge these rings in the normal press because these rings are often so large. Therefore the press must be equipped with special device for forging outside the press. This paper deals with possibilities of large rings forging outside the press. Evaluation in terms of technological and design is done.

Keywords: *forming machine, hydraulic press, ring*

1. ÚVOD

Poptávka po kroužcích velkých rozměrů je vyvolána neustálým rozvojem jaderné energetiky, kdy pro potřeby výstavby jaderných reaktorů a zejména výměníkových nádob jsou poptávány kroužky extrémních rozměrů až do průměru 10 metrů a výšky kroužku až do 6 metrů. Výroba těchto kroužků umožní úpravu stávající konstrukce nádob (Obr.1) tak, aby byl menší počet použitých kroužků a s tím souvisejících svařovacích operací.



Obr.1 Svařenec nádoby jaderného reaktoru

Souběžně s poptávkou dílů pro jadernou energetiku je možné dále využít kroužky velkých průměru v petrochemickém průmyslu i pro díly extrémních typů větrných elektráren.

Obr.2 Příklad výkovku velkého kroužku

Kroužky těchto rozměrů již není možné vykovat ani na největších kovacích lisech. Bylo by možné vyprojektovat lis takových rozměrů, který by byl schopen tento sortiment obsáhnout, ale investice do takového zařízení by byla značně náročná.

Obr.3 Finálně opracovaný výkovek

Další možnou variantou výroby kroužků extrémních rozměrů je jejich výroba na specielních válcovacích zařízeních na kroužky. Tato výroba se však také neobejde bez instalace kovacího lisu, sice menších rozměrů, pro výrobu polotovaru. Specielní válcovací zařízení však také znamená značnou investici do výrobního celku.

Proto potenciální výrobci extrémních kroužků hledají nová řešení jejich výroby, která by nebyla tak investičně náročná, ale

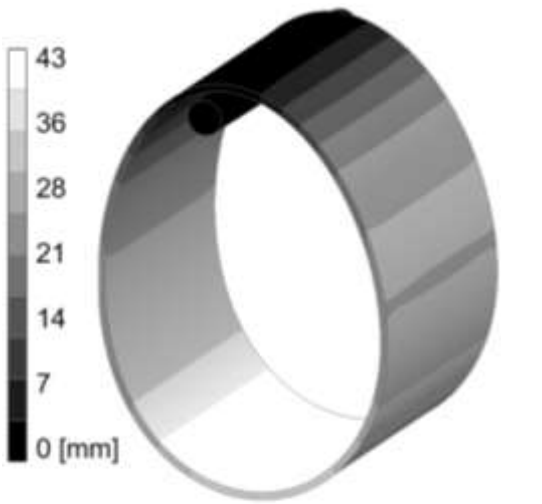
zajistila by výrobu kroužků v požadovaných rozměrech a jakostech.

Jinou, možná levnější možností jak kovat kroužky je přídavné zařízení ke kovacímu lisu umožňující kování kroužku mimo prostor lisu., jak je znázorněno na Obr.5,6. .

Při návrhu stroje pro výrobu "slabostěnných" kroužků v horizontální poloze je nutno zvážit, zda u daného kroužku nedochází k nadměrné změně tvaru a vzniku ovality vlivem vlastní hmotnosti. Proto byla provedena simulace tohoto problému.

Simulace prohnutí kroužku při jeho výrobě byla provedena na zjednodušeném modelu, jak je znázorněno na Obr. 4, který uvažuje kroužek o průměru 5m, tloušťce 200mm a délce 8m . Trn je na svých čelních plochách pevně vetknut a vše je zatíženo vlastní tíhou. Simulace byla provedena již pro vykovaný slabý kroužek na konci procesu tváření. Hmotnost vlastního kroužku byla 377,9t.

Materiál je definován pro teplotu 900°C, tj. modul pružnosti je přibližným výpočtem stanoven na E=136106 MPa. Pevnost materiálu je odpovídající dané teplotě.



Obr.4 Průběh deformace kroužku ve svislém směru-protažení [mm]

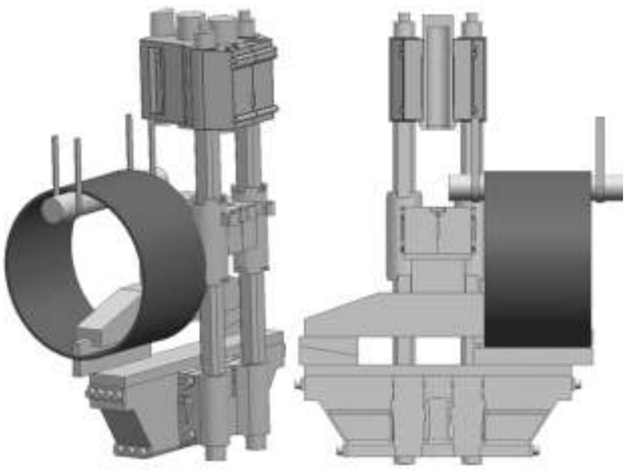
Vlivem vlastní hmotnosti dojde k bočnímu zploštění kroužku o 40 mm a protažení ve svislém směru o 43,5 mm.

Z napěťového hlediska je kritické místo v oblasti kolem trnu, kde napětí dosahuje 90MPa, což je nad mezí pevnosti materiálu při dané teplotě, v ostatních částech kroužku je napětí do 40 MPa. Horní špičku lze odstranit připojením podpůrných válečků, nebo podepřením kroužku zdola.

2. ZAŘÍZENÍ PRO KOVÁNÍ KROUŽKŮ -VARIANTA 1

Principem řešení je, že do lisu je vložen zvláštní příčník, který je na jedné straně podepřen stavitelnými klínovými podložkami a na druhé straně je nástroj. Druhá část nástroje je přichycena ke stolu lisu. Mezi těmito nástroji je tvářen kroužek, zavěšený na trnu.

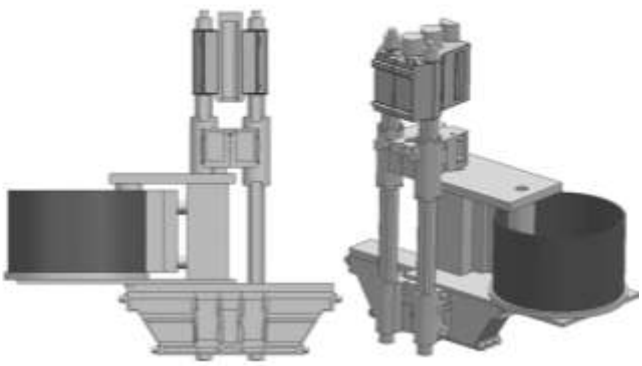
Přenos síly na příčník je z pohyblivé traverzy přes spojení vloženým kusem. Klínové podložky lze přestavovat v závislosti na tloušťce kovaného kroužku. U této varianty není omezení maximálního průměru kroužku. Zjednodušeně je znázorněna jen polovina lisu.



Obr.5 Zařízení pro kování kroužků - varianta 1

3. ZAŘÍZENÍ PRO KOVÁNÍ KROUŽKŮ -VARIANTA 2

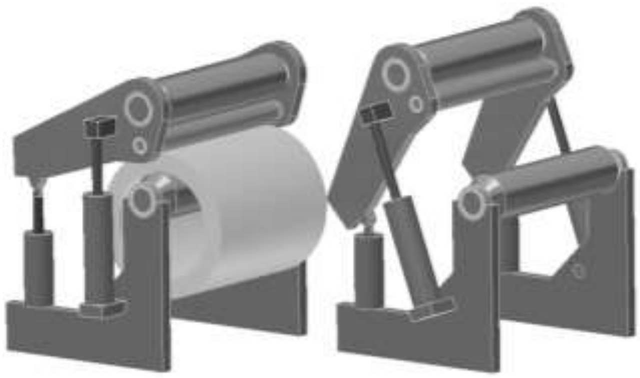
Funkční princip varianty 2 je v přenosu tvářecí síly pomocí hydraulického mechanismu. Pohyblivá traverza tlačí na plunžr vloženého mechanismu. Ten vyvolá zvýšení tlaku pracovní kapaliny a pohyb výstupního členu, který tváří horizontálně položený kroužek.



Obr.6 Zařízení pro kování kroužků - varianta 2

4. ZAŘÍZENÍ PRO DOVÁLCOVÁNÍ KROUŽKŮ

Tato varianta je spojením kování a válcování kroužků. Velký kroužek se vyková na hydraulickém lisu na maximální velikost, která je možná. Pak se spolu s kovacím trnem přenese do válcovacího zařízení. Kovací trn má ve válcovacím zařízení funkci vnitřního válce. Konečný tvar kroužku tak vznikne doválcováním vedle lisu.



Obr.7 Zařízení pro doválcování kroužků

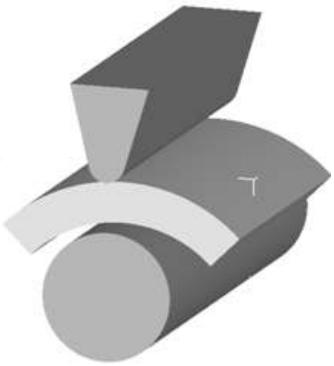
5. ZHODNOCENÍ VARIANT

Technologické porovnání je provedeno pomocí programu Deform 3D, který slouží k simulacím procesu tváření. Je porovnávána energie potřebná na vytvoření obdobného kroužku oběma metodami.

Pro srovnání obou metod je zvolena operace kování kroužku a to jeho rozkování, nebo rozválcování z polotovaru o tloušťce stěny 475mm na tloušťku 430mm.

5.1 Energie nutná na vytvoření kroužku na lisu

Potřebná energie je stanovena na základě výpočtu, kde pomocí programu Deform 3D, je zjištěna energie potřebná na jedno zmačknutí kroužku na danou tloušťku. Výpočet probíhá ve dvou krocích. Nejprve je do plného materiálu kroužku zatlačeno horní kovadlo, kroužek je následně pootočen a kovadlo je zatlačeno znova.



Obr.8 Výpočtový model pro stanovení potřebné energie

Výpočtový model uvažuje dokonale tuhé kovadlo i trn. Trn se nepohybuje a předem definovanou rychlostí 2mm/s se pohybuje kovadlo ve svislém směru. Pro časové zjednodušení výpočtu je namodelována jen část kroužku.

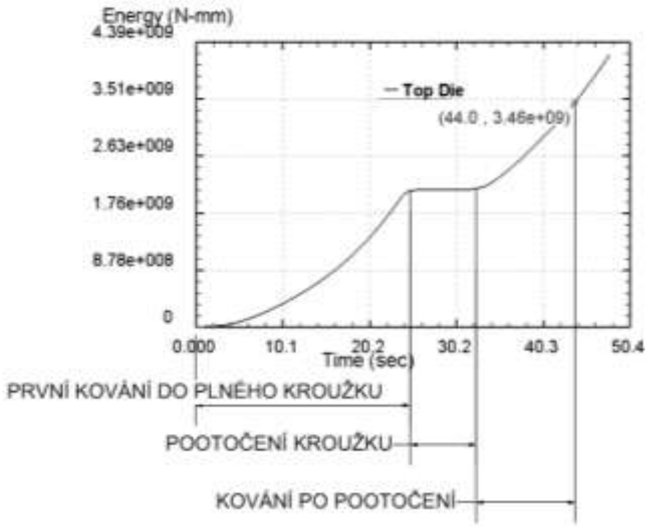
Simulací bylo nutno stanovit následující hodnoty:

Energie nutná pro tváření do plného materiálu (krok 1)

Obr.9 Kroužek v okamžiku prvního kování do plného materiálu

Energie nutná pro tváření při každém dalším kroku (krok X)

Obr.10 Kroužek v okamžiku každého dalšího kování



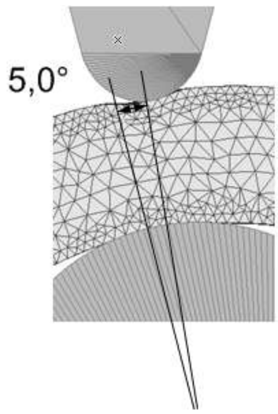
Obr.11 Energie nutná na první dva zdvihy na kovacím lisu v závislosti na čase

Na Obr.11 je patrný průběh spotřeby energie při kování kroužku během prvních dvou zdvihů lisu a to i s časovou prodlevou, kdy je zdvihán nástroj.

V tomto výpočtu není uvažována energie nutná na další podpůrné operace, jako jsou třeba manipulace s kroužkem v pracovním prostoru lisu nebo zdvihání pohyblivé traverzy.

Celková energie je pak stanovena jako součet energie nutné na první zdvih spolu s energií na další zdvihy, vynásobené počtem následujících zdvihů.

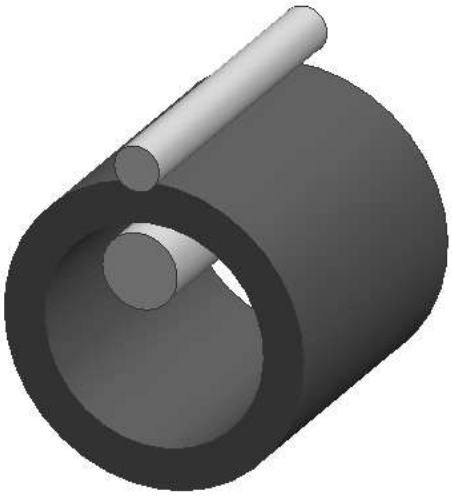
Ec= EKROK 1 +X.EKROK X
EKROK 1= 20.109Nmm= 20 MJ
EKROK X= 14.109Nmm= 14 MJ
X= počet pootočení
Po každé operaci je kroužek pootočen o 5°.



Obr.12 Schéma pootočení výkovku při dvou po sobě následujících zdvizích

X= 360 / 5= 72 pootočení
Ec= EKROK 1 +X.EKROK X=20 + 72*14= 1028 MJ

5.2 Energie nutná na vytvoření kroužku při válcování

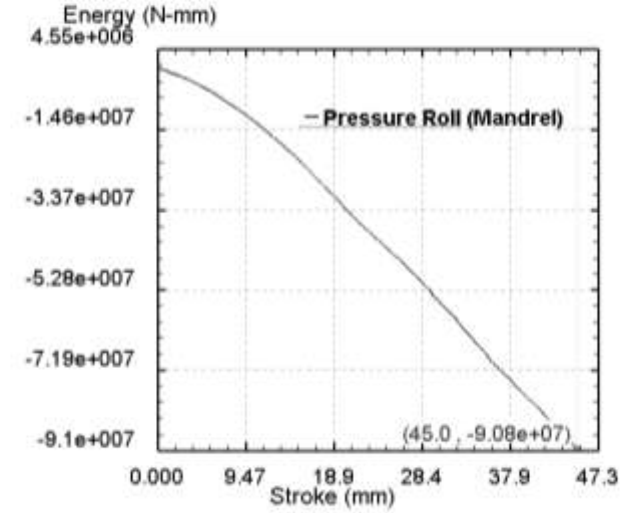


Obr.13 Výpočtový model pro stanovení potřebné energie

Potřebná energie je stanovena na základě výpočtu, kde pomocí programu Deform 3D je zjištěna energie nutná na vytvoření válcovaného kroužku.

Okrajové podmínky jsou definované tak, že oba pracovní válce jsou absolutně tuhé. Vnější válec má průměr 1000mm, vnitřní válec (trn) má průměr 1500mm. Je definován konstantní posuv vnějšího válce jako 15 mm/ otáčku kroužku.

Průběh energie při celkovém zdvihu válce rovnajícímu se 45 mm:



Obr.14 Energie nutná na vyválcování kroužku na požadované rozměry v závislosti na zdvihu (posunu) válce

Porovnávány musí být absolutní hodnoty energií, z důvodu odlišného typu úloh a jejich zadání v programu Deform 3D.

Energie nutná na vyválcování celého kroužku je 900 MJ

5.3 Zhodnocení jednotlivých variant z hlediska energetické náročnosti

Z energetického hlediska, týkající se práce pouze na deformaci jsou obě varianty srovnatelné. Rozdíl mezi kováním (1028 MJ) a válcováním (900 MJ) je dán v částečné nepřesnosti metody konečných prvků a také v odlišném průběhu tváření a jiném rozložení plastické deformace v materiálu.

Pokud však jde o srovnávání energie, kterou musí vynaložit strojní zařízení, jednoznačně je potom výhodnější válcování, kde odpadají energetické nároky na zdvíhání nástroje po každém kování a také energetické nároky na srovnávání povrchu kroužku po jeho vykování.

6. ZÁVĚR

Ve výše uvedeném příspěvku byl proveden stručný přehled možností kovat velké kroužky, což je v poslední době ve světě velice sledovaná záležitost. Nejčastější oblastí jejich nasazení je jaderný průmysl a výroba kroužků pro reaktorové nádoby.

Z několika uvažovaných možností kování velkých kroužků jsou uvedeny ty nejvíce použitelné pro realizaci.

Centrum výzkumu konstrukce tvářecích strojů při Západočeské univerzitě v Plzni se touto problematikou zabývá, a jsou provedeny v tomto směru některé základní výpočtové a konstrukční práce.

Z provedeného technologického porovnání z energetického hlediska jednoznačně vyplývá výhodnost válcování kroužků.

Hlavním nebezpečím však zde je možnost vzniku ovality při kování slabších stěn na kroužku. Zde by se potom jevilo jako výhodnější kovat kroužky nastojato.

Otázkou stále zůstává rychlost tváření v závislosti na ochlazování materiálu.

Dalšími otázkami, týkajícími se uvedené problematiky se budeme i nadále zabývat.

Literatura

1. ČECHURA, M.; STANĚK, J.; CÍREK, M.; HLAVÁČ, J.; KUBEC, V.; CHVAL, Z. Závěrečná zpráva o činnosti za rok 2008, Plzeň : ZČU, 2008. 98 s

2. ČECHURA, M.; STANĚK, J.; CÍREK, M.; HLAVÁČ, J.; KUBEC, V.; CHVAL, Z. Závěrečná zpráva o činnosti za rok 2009, Plzeň : ZČU, 2009. 203 s

3. ČECHURA, M.; KUBEC, V.; RÁŽ, K. Analýza současného stavu v oblasti velkých hydraulických lisů (nad 50 MN), Plzeň : ZČU, 2009. 40 s

4. ČECHURA, M.; STANĚK, J.; CÍREK, M.; HLAVÁČ, J.; KUBEC, V.; CHVAL, Z. Závěrečná zpráva o činnosti za rok 2009, Plzeň : ZČU, 2009. 203 s

5. firemní literatura TS Plzeň a.s.

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

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