

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ V LIBERCI

nositelka řádu práce

fakulta strojní

Obor 23-27-8

Strojírenská technologie

zaměření

Tváření kovů a plastických hmot

Katedra tváření a plastů

STUDIE O VYUŽITÍ VYSOKÝCH ENERGIÍ PŘI TVÁŘENÍ A NÁVRH

POMŮCKY PRO VÝUKU

Petr S t u c h l í k

DP - KPT - 375

Vedoucí dipl. práce: s. Prof. Ing. Jaroslav T m ě j, Csc

Konzultant: s. Ing. Fr. B e r a n

Rozsah práce a příloh:

Počet stran	54
Počet příloh a tabulek ...	-
Počet obrázků	19
Počet výkresů	3

10. 5. 1988

Vysoká škola: **strojná a textilní** Fakulta: **strojná**

Katedra: **tváření a plasty** Školní rok: **1987/88**

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

pro **Petra S t u c h l í k a**

obor **23 07 - 8 Strojírenská technologie**

Vedoucí katedry Vám ve smyslu nařízení vlády ČSSR č. 90/1980 Sb., o státních závěrečných zkouškách a státních rigorózních zkouškách, určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: **Výpracujte studii o využití vysokých energií při tváření a navrhnete pomůcku pro výuku.**

Zásady pro vypracování:

- 1/ Seznámte se s problematikou tváření pomocí vysokých energií.
- 2/ Proveďte literární rešerši.
- 3/ Navrhnete rozčlenění jednotlivých metod a výběr vhodných metod k provedení ukázek.
- 4/ Navrhnete učební pomůcku pro demonstraci vybrané metody na cvičení.
- 5/ Proveďte tematický návrh úloh a popište postup při jejich provádění.

V 222/88 5

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIBEREC 1, STUDENTSKÁ 5
PSČ 461 17

Tváření - energie
- učební pomůcky

Rozsah grafických prací: **cca 40 stran včetně obrázků**

Rozsah průvodní zprávy:

Seznam odborné literatury: **Sborníky katedry**

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Jaroslav Tměj, CSc.**

Datum zadání diplomové práce: **11.9.1987**

Termín odevzdání diplomové práce: **10.5.1988**



J. Tměj
Doc. Ing. Jaroslav Tměj, CSc.
Vedoucí katedry

V. Prášil
Prof. Ing. Vladimír Prášil, DrSc.
Děkan

v **Liberci** dne **12.9.** 19 **87**

P R O H L Á Š E N Í

Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou
práci vypracoval samostatně s použitím uvedené
literatury

Mich. Hudeček
.....

podpis

V Liberci, 10. května 1988

O b s a h

	list č.
1. Úvod	6
2. Tváření vysokými parametry	8
2. 1. Tlaková vlna	10
2.1.1. Tváření výbuchem	10
2.1.2. Elektrohydraulické tváření	19
2. 2. Tváření magnetickým polem	26
2. 3. Vysokorychlostní tváření pevným nástrojem .	32
3. Návrh učební pomůcky	38
3. 1. Návrh konstrukce	38
3. 2. Volba technologických operací	38
3. 3. Výpočtová část	39
3.3.1. Výpočet funkčních částí prostřihova- cího nástroje	39
3.3.2. Výpočet funkčních částí tažného nástroje	43
3.3.3. Výpočet funkčních částí pýchovacího nástroje	46
3. 4. Obsluha zařízení	48
4. Návrh úloh	50
4. 1. Úloha 1.	50
4. 2. Úloha 2.	51
4. 3. Úloha 3.	52
5. Závěr	53

S e z n a m z n a č e k

A /J/	práce
C /F/	kapacita
D /mm/	průměr
d /mm/	průměr
E /MPa/	modul pružnosti v tahu
E_K /J/	kinetická energie
F /N/	síla
G /N/	tíha
H /Am ⁻¹ /	intenzita magnetického pole
I /mm ⁴ /	moment setrvačnosti
k /Nm ⁻¹ /	tuhost pružiny
l /mm/	délka
m /kg/	hmotnost
n /-/	koeficient
p /MPa/	tlak
R_m /MPa/	mez pevnosti v tlaku
R / /	elektrický odpor
s /mm/	tloušťka
s_i /mm/	zdvih pružiny
S /mm ² /	plocha
V /m ⁻³ /	objem
v /ms ⁻¹ /	rychlost
μ /-/	účinnost
ρ /kg.m ⁻³ /	měrná hmotnost
τ_s /MPa/	mez pevnosti ve smyku
σ /MPa/	normálové napětí

1. ÚVOD

V současné etapě rozvoje naší socialistické společnosti je důležitým faktorem růstu úrovně národního hospodářství rychlé zavádění výsledků vědeckotechnické revoluce do praxe. Rozhodující význam má rozvoj strojírenského průmyslu. Tato skutečnost byla zdůrazněna v Komplexním programu vědecko-technického pokroku členských zemí RVHP do roku 2 000. Velká pozornost je věnována rozvoji strojírensko-metalurgického komplexu v dokumentu Hlavní směry hospodářského a sociálního rozvoje ČSSR na léta 1986 - 1990 a výhled do roku 2 000, který byl schválen na XVII. sjezdu KSČ.

Že však rozvoj vědecko-technického pokroku stále neodpovídá schváleným plánům a nevyhovuje potřebám našeho národního hospodářství, bylo jednoznačně konstatováno na 7. zasedání ÚV KSČ. Zde byly také konkrétně zdůrazněny nedostatky a skryté rezervy, které jej brzdí. Řešením těchto problémů se v dubnu letošního roku zabývalo i 9. zasedání ÚV KSČ, na kterém byly stanoveny další směry v řešení těchto problémů.

Významným odvětvím strojírenství se v současné době stává tváření vysokými rychlostmi a energiemi, nachází uplatnění při objemovém tváření a tváření plechů. Využití tohoto způsobu tváření nabízí v současné době celou řadu výhod v porovnání s jinými, klasickými způsoby. Jedná se především o tyto přednosti:

- nižší výrobní náklady

- možnost tváření kovů těžce tvařitelných, které nebylo dosud možno tvářet
- velké úspory materiálu
- možnost kování tenkostěnných výkovků s menšími radiusy a úkosy
- menší tolerance výkovků a tváření do uzavřených zápusťek
- možnost nastavit tvarovou energii s velkou přesností
- stroje potřebují jen slabé základy.

2. Tváření vysokými parametry

Tváření vysokými parametry představuje speciální kapitolu v technologii tváření. Někdy se používá též názvu tváření vysokými energiemi či tváření vysokými rychlostmi, případně tváření vysokými výkony. Jednotlivé metody se pak nazývají podle principu, na kterém jsou založeny: tváření výbuchem, tváření vysokými tlaky, pneumaticko-mechanické tváření, elektro-hydraulické tváření, elektromagnetické tváření.

Klasifikace jednotlivých metod je možná např. podle dosahované rychlosti tvářecího nástroje, případně tlakové vlny. Rozmezí dosahovaných hodnot rychlostí v $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ jsou tato:

třecí lisy	0,3 až 0,6
hydraulické lisy ě	do 0,2 /0,5/
mechanické lisy	0,3 až 0,6 /2/
klasické buchary	4,0 až 8,0
pneu.-mechanické b.	25 až 65
použití střelivin	10 až 140
použití plyných směsí	10 až 140
použití trhavin	25 až 250
elektro-hydraulické t.	25 až 250
elektromagnetické t.	25 až 250

Další důležité parametry /výkon, tlak, doba trvání/ jsou pro vybrané způsoby vysokorychlostního tváření porovnány s padacími buchary v následující tabulce.

Zařízení	rychlost procesu /m s ⁻¹ /	dobu trvání procesu /ms/	výkon /MW/	tlak /MPa/
padací buchary	5	10 až 100	10	1000
pneum.-mechanic.	20	1 až 10	100	1000
elektrohydraulické	250	0,4 až 1	10	1000
explozivní	250	0,02 až 1	1000	6000
magnetické	250	0,1	10 až 100	300 až 500

Dělení podle způsobu vyvolání deformace zpracovávaného materiálu je:

- tlakovou vlnou
- magnetickým polem
- pevným nástrojem

Tlaková vlna, jejíž účinkem se materiál přetváří může být vyvolána různým způsobem: hořením plynných směsí, výbušnin, střelivin nebo elektrickým výbojem. Účinek tlakové vlny může být bezprostřední, nebo se využívá jejího šíření vhodným přenosovým prostředím /voda, vzduch, písek apod./. Tohoto účinku lze využít pro operace plošného tváření /tažení, vypínání, stříhání plechu/, pro objemové tváření, ale i pro zhutňování prášků, svařování, plátování kovů a povrchové zpevňování.

Tváření magnetickým polem je vhodné pro zpracování plechu, a to jak plošných dílců /ražení, stříhání apod./, tak i prostorových trubkových polotovary, které můžeme spojovat, tvarovat atd. Nehodí se pro objemové tváření, svařování a povrchové zpevňování.

Vysokorychlostní tváření pevným nástrojem se využívá především v objemovém tváření /zápustkové kování, zhutňování prášků, nastřelování zápustkových dutin/, ale lze ho využít i při hlubokém tažení a tříhání plechu, případně pro povrchové zpevňování. Vysoké rychlosti nástroje může být dosaženo expanzí stlačeného plynu, hořením plyných směsí, střelivin či trhavin.

2. 1. Tlaková vlna

2. 1. 1. Tváření výbuchem

Tváření výbuchem je jedním ze způsobů využívajících energii tlakové vlny způsobené hořením plyných směsí, střelivin, trhavin.

Princip tváření výbuchem je velmi jednoduchý, nevyžaduje složité a drahé zařízení a lze jím dosáhnout prakticky neomezených sil. Pro tento proces je charakteristické krátkodobé působení vysokých tlaků na přetvářený materiál.

Rozdělení tohoto způsobu zpracování je možno provést na základě druhu zdroje energie a podle způsobu předání kinetické energie.

- Zdroje energie: 1/ plyné směsi
2/ střeliviny /nízkotlaké nálože/
3/ trhavin /vysokotlaké/.

V závislosti na poloze explozivní nálože vzhledem k výrobku se rozeznávají operace - dotykové /kontaktní/
- bezdotykové /distanční/.

U dotykových operací je nálož ve styku s tvářeným materiálem. Používá se pro děrování, stříhání, zpevňování, svařování, lisování atd. U bezdotykových operací je nálož w určité vzdálenosti od výrobku a tlaková energie je přenášena zprostředkující látkou /vzduch, voda, písek/, nebo prostřednictvím pístu. Používá se pro tvarování plechu, kalibrování, výrobu přírub apod.

Klasifikace jednotlivých metod tváření výbuchem s ohledem na zdroj energie a tvar zpracovávaného polotovaru je schematicky znázorněna na obr. 1.

Tváření výbuchem plynových směsí se používá pro menší trubkové tvary, pro složité tvary větších součástí z tenkostěnného materiálu a pro operace, kde jsou žádány rychlé automatické cykly. Nástroje jsou uzavřené a vyžadují poměrně složitý systém přívodu plynů, zapalování, vypínání, vakuování atd. Jako paliva se užívají: vodík etan, metan i přírodní plyny. Palivo se ředí vhodným plynem /helium, argon, dusík, kysličník uhličitý/ a přidává se k němu oxidátor /kyslík, vzduch/.

Při tváření střelivinami a trhavinami se používají tuhé a vysoce výbušné látky. Rozdíl mezi použitím střelivin a trhavin je především w rychlosti hoření a ve výši tlaku. Hodnoty tlaků u střelivin jsou podstatně nižší /2000 MPa proti 30 000 MPa a více/ a pomalejší vývin plynů z hořící střeliviny může být využit k přenosu tepla na výrobek, což není u trhavin možné. Tváření pomocí střelivin je omezeno především na výrobu menších součástí. Podrobnější popis

jednotlivých střelivín a trhavin včetně charakteristických hodnot lze najít např. v Kocandovi.

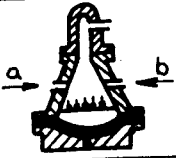
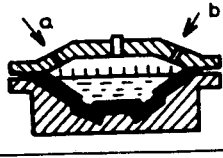
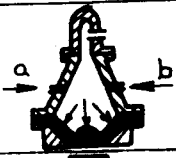
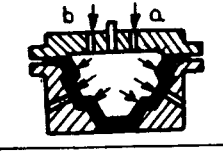
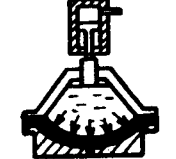
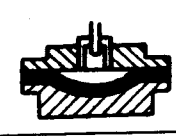
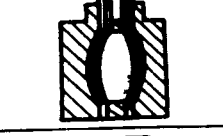
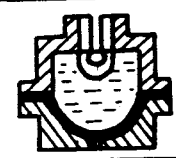

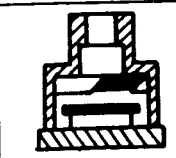



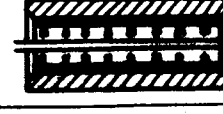

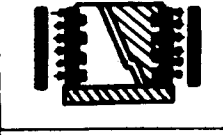
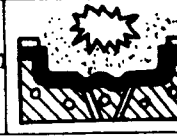

Tlak, působící na polotovary i stupeň deformace, závisí na druhu výbušniny, hmotnosti a tvaru nálože, vzdálenosti mezi náloží a polotovarem a na přenosném médiu. Nejrozšířenějším prostředím je voda. Velikost impulzu a dosahovaný tlak je vyšší než u vzduchu a odpadá nepříznivý vliv účinku rázových vln na povrch přenosného média v případě použití písku.

Sypké hmoty se používají jako meziprostředí většinou při tváření předehřátého polotovaru a při ověřování možnosti výroby rozměrných dílců explozivním tvářením. S ohledem na šíření rázové vlny je třeba dbát na stejnoměrnou zrnitost.

Tváření výbuchem je vhodné pro kusovou výrobu velkoplošných dílců, u kterých by nebylo možno pro dosažení potřebné síly použít konvenčních strojů, dále pro maloseriovou výrobu složitých tvarů a zpracování těžkotvařitelných materiálů /nerezových ocelí, titanových slitin apod./. Metoda je vhodná rovněž pro zpracování prototypů. Výbuchem lze tvářet součásti o průměru 30 mm až 5 m tloušťky 0,5 až 30 mm.

Využitím výbuchu se mohou provádět následující operace:

- děrování jednoho nebo více otvorů v polotovarech nebo hotových součástech
- vystřihování různých tvarových prvků v předem zhotovených rozměrných součástech /obšívky, karoserie/
- tvarové lisování z plochých polotovarů
- tažení

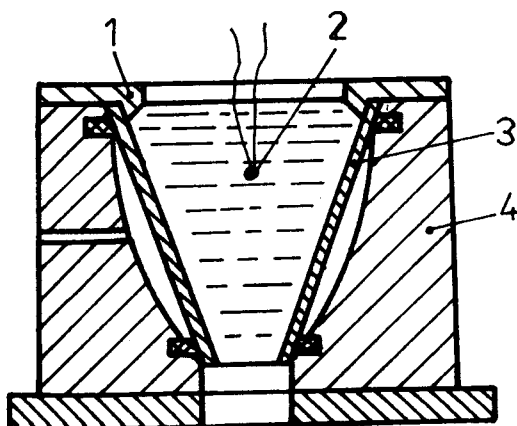
Zdroj energie	Působ.tl. na poloto.	druh polotovaru	
		Plochý	Prostorový
I PLYNNÉ SMĚSI a/hořící plyn b/kyslík	Prostřednictvím kapaliny		
	Bezprostředně		
	Prostřednictvím pístu		
II STŘELIVINY	Bezprostředně		
	Prostřednictvím kapaliny		
	Pevným nástrojem		
III TRHAVINY	Bezprostředně		
	Prostřednictvím vzduchu		
	Prostřednictvím kapaliny		
	Sypkým prostředím		

- lemování otvorů
- rozpínání trubek /max. rozšíření v jedné operaci je 18 až 20 %/
- lisování žeber a výztuh
- zužování konců trubek
- kalibrování
- rovinné i prostorové rovnání

Konstrukce nástrojů a technologický postup záleží na tom je-li tváření výbuchem provedeno pod vodou /umělá nebo přírodní nádrž/, nebo je-li meziprostředí nad tvářeným materiálem vytvořeno sloupcem vody /polyethylenový vak/ či sypké hmoty. Podle prostředí sloužícího k předávání kinetické energie tedy provádíme další rozlišování způsobů tváření výbuchem.

Jedním z velmi často užívaných způsobů je tváření výbuchem pod vodou:

Je-li materiál dostatečně tvárný a poměrná tloušťka polotovaru s/D je 0,6 až 2 %, je pro tváření vhodné použít principu znázorněného na obr. 2.



Obr.-2

Ke tváření plechu výbuchem pod vodou se používají umělé nádrže různého tvaru z oceli, betonu s kovovou obšívkou apod. Nádrže mohou být umístěny na povrchu nebo se do určité úrovně zapouští do země. Hloubka nádrže se určí s ohledem na minimální velikost potřebné nálože a na minimální náklady pro vybavení zařízení. Tloušťka stěny nádrže se obvykle směrem ke dnu zvětšuje. Pro výrobu menších součástí malých serií jsou vhodné nádrže z laciných materiálů /např. z lepenky/. Při výpočtu výšky takovýchto nádrží je třeba dodržet podmínku, aby vrstva vody nad náloží byla rovna distanci výbuchu.

Nástroje. Nástroje mohou být celistvé nebo dělené. Konstrukčně odpovídají polovině obvyklého tažného nástroje tj. tažnici. Polotovár se přidržuje pomocí kruhového přidržovače, který plní i funkci těsnění. Pro odvádění vzduchu z pracovní dutiny v jejích nejnižších místech a v místech maximálního přetvoření slouží otvory propojené s vakuovým čerpadlem. Tloušťka přidržovače bývá obvykle 20ti násobek tloušťky plechu. Kruhový přidržovač musí být dostatečně tuhý, aby se nedeformoval vlivem vysokých tlaků. Některé zahraniční firmy používají při výrobě půlkulových součástí tzv. "volné přetvoření". Polotovár je umístěn nad kruh, nahrazující tažnici a shora je přidržován přidržovačem, jehož průměr je roven průměru kruhu. Uvnitř válcového přidržovače je umístěn polyetylenový vak naplněný vodou a náloží. Tento způsob nevyžaduje vakuum mezi polotovarem a nástroje. Je vhodný pro výrobu den do průměru 3 m, která nevyžadují velkou

přesnost. Celistvé tažnice se používají při tváření plochých polotovarů, zatím co pro válcové nebo kuželové polotovary slouží tažnice dělené na dvě části, stažené šrouby apod. Opět musí obsahovat zařízení pro vytvoření vakua. Největším problémem u nástrojů pro tváření výbuchem pod vodou je spolehlivý přidržovač a vhodný nástrojový materiál. Dobré zkušenosti jsou s epoxydovými pryskyřicemi. I když v současné době se převážně používají ocel, litina a beton. V budoucnosti budou epoxydové tažnice a tažnice s epoxydovým povlakem tvořit podle prognóz 90 % celkového množství vyráběných nástrojů. Zásadní výhodou takovýchto nástrojů jsou nízké výrobní náklady. Zhotovují se přímo šablonou a objem ruční práce je zanedbatelný. Jejich povrch je velmi hladký, což značně snižuje hodnotu třecích sil. Další předností je jednoduchost opravy a minimum dokončovacích operací. Ve srovnání s kovovými tažnicemi představuje úspora nákladů 60 - 70 % a úspora času 4 až 14 dní. Životnost epoxydových nástrojů je přitom vysoká - několik set výběhů. V ČSSR je dosud nejpoužívanějším nástrojovým materiálem nízkouhlíková ocel především pro nejvíce namáhané části nástroje /tažný prstenec, přidržovač/.

Tvarové lisování - používá se pro výrobu klenutých součástí typu dna, vyžaduje použití přidržovače, který kromě zabránění vzniku vln plní i funkci těsnění proti vniknutí vody do dutiny nástroje. Jako mazivo se používá strojní olej nebo práškový grafit. Vůle mezi polotovarem a přidržovačem je 25 až 50 % tloušťky plechu. V závislosti