

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
FAKULTA STROJNÍ**



TECHNOLOGIE TVÁŘENÍ A SLÉVÁNÍ – TEORETICKÝ ZÁKLAD

OBJEMOVÉ TVÁŘENÍ ZASTUDENA

prof. Ing. Radek ČADA, CSc.

Ostrava 2013

© prof. Ing. Radek Čada, CSc.

© Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

ISBN 978-80-248-3015-5



Tento studijní materiál vznikl za finanční podpory Evropského sociálního fondu (ESF) a rozpočtu České republiky v rámci řešení projektu: CZ.1.07/2.2.00/15.0463, MODERNIZACE VÝUKOVÝCH MATERIÁLŮ A DIDAKTICKÝCH METOD

OBSAH

1	OBJEMOVÉ TVÁŘENÍ ZASTUDENA.....	3
1.1	Výhody této technologie	5
1.1.1	Základní způsoby objemového tváření zastudena	5
1.1.2	Výpočet deformací při protlačování.....	8
1.2	Návrh technologického postupu výroby protlačku	9
1.2.1	Volba materiálu.....	9
1.2.2	Stanovení tvaru a rozměrů polotovaru	9
1.2.3	Volba přípravných operací před tvářením	10
1.2.4	Stanovení počtu tvářecích operací.....	11
1.2.5	Dodržení technologických zásad pro návrh protlačků a nástrojů.....	11
1.2.6	Výpočet tvářecí síly a práce.....	14
1.2.7	Dokončování vylisků.....	14
2	K JAKÝM ZKUŠEBNÍM OTÁZKÁM SE TATO PŘEDNÁŠKA VZTAHUJE:	17
3	DOPLŇUJÍCÍ ZDROJE – KNIHY, INTERNET, ...	18
4	POUŽITÁ LITERATURA.....	19



1 OBJEMOVÉ TVÁŘENÍ ZASTUDENA



STRUČNÝ OBSAH PŘEDNÁŠKY:

Návrh technologického postupu výroby protlačku

Volba materiálu

Stanovení tvaru a rozměrů polotovaru

Volba přípravných operací před tvářením

Stanovení počtu tvářecích operací

Dodržení technologických zásad pro návrh protlačků a nástrojů

Výpočet tvářecí síly a práce

Dokončování výlisků



MOTIVACE:

U technologie objemového tváření zastudena dochází v procesu plastické deformace ke zpevnění materiálu. Tato kapitola je důležitým teoretickým základem pro zpracování druhého korespondenčního úkolu, který spočívá v návrhu technologie výroby zadaného šroubu. Základním atributem technologie objemového tváření zastudena je vznik zpevnění v procesu plastické deformace materiálu.



CÍL:

Budete umět:

- vysvětlit výhody technologie objemového tváření zastudena,
- vypočítat poměrné a logaritmické deformace polotovaru,
- zvolit vhodný materiál pro výrobu protlačku,
- stanovit tvar a rozměry polotovaru pro výrobu protlačku,
- objasnit účel a způsoby mazání polotovarů,
- vypočítat tvářecí sílu a práci při objemovém tvářením zastudena,
- vysvětlit příčiny vzniku nerovných okrajů výlisků.



Získáte:

- znalosti o základních způsobech objemového tváření zastudena,
- přehled o součástech tvarově vhodných pro objemové tváření zastudena,
- informace o druzích tepelného zpracování polotovarů,
- přehled o způsobech odstranění okují,
- znalosti o způsobu stanovení počtu tvářecích operací.

Budete schopni:

- rozebrat etapy návrhu technologického postupu výroby protlačku,
- zvolit vhodné přípravné operace před objemovým tvářením zastudena,
- objasnit důvody a postup fosfátování polotovarů,
- popsat technologické zásady pro návrh protlačků a nástrojů,
- rozebrat druhy dokončování výlisků.

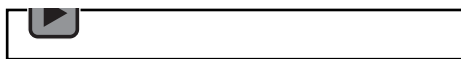


1.1 VÝHODY TÉTO TECHNOLOGIE

- působení *prostorové napjatosti* (vhodné pro velké plastické deformace),
- malá spotřeba materiálu (minimální odpad),
- krátké výrobní časy (vysoká produktivita práce),
- vysoká kvalita výrobků (jakost povrchu, rozměrová přesnost, zpevnění, nepřerušovaný průběh vláken, zvýšení meze únavy výlisků).

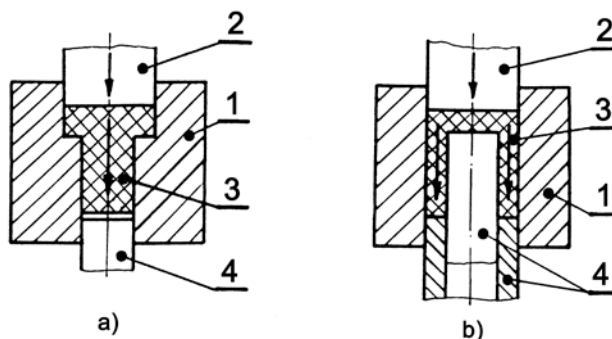


Audio 1.1 Výhody objemového tváření za studena.

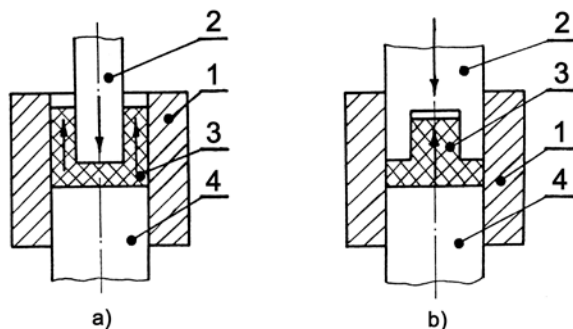


1.1.1 Základní způsoby objemového tváření zastudena

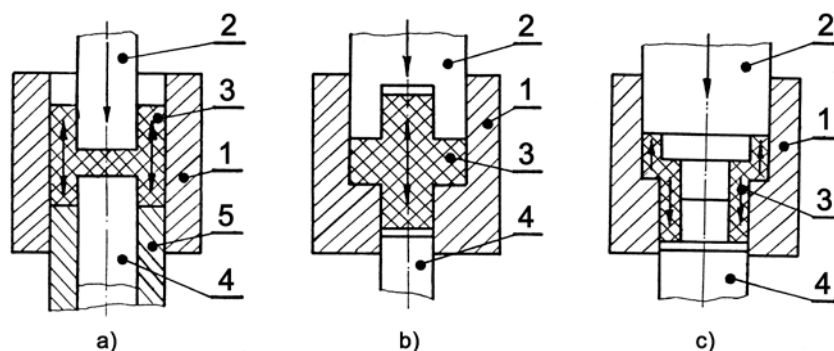
1. **dopředné protlačování** (též *protlačování sousledné*, materiál teče ve směru pohybu průtlačníku) (obr. 3.1),
2. **zpětné protlačování** (též *protlačování protisměrné*, materiál teče proti směru pohybu průtlačníku) (obr. 3.2),
3. **sdužené protlačování** (též *protlačování obousměrné*, je kombinací obou výše uvedených způsobů) (obr. 3.3),
4. **stranové protlačování** (materiál teče kolmo na pohyb průtlačníku, tj. kolmo k podélné ose polotovaru) (obr. 3.4),
5. **pěchování** (spočívá ve stlačování výchozího polotovaru a tím zvětšování jeho průřezu) (obr. 3.5),
6. **kombinované tváření** (je kombinací jednotlivých výše popsaných způsobů objemového tváření zastudena, pro výrobu tvarově složitých součástí) (obr. 3.6),
7. **radiální tváření** (provádí se radiálně, tj. dostředně se pohybujícími *tvarovými čelistmi*) (obr. 3.7).



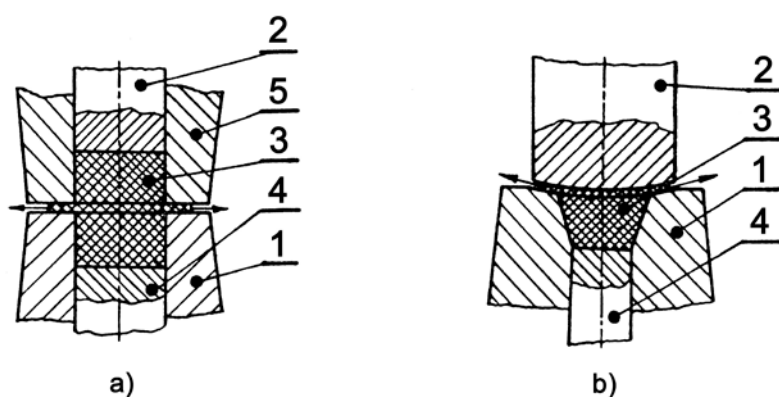
Obr. 3.1 Základní schémata procesů dopředného protlačování (a – klasické dopředné protlačování, b – protlačování kalíškového tvaru, 1 – průtlačnice, 2 – průtlačník, 3 – protlaček, 4 – spodní trn, tj. vyhazovač)



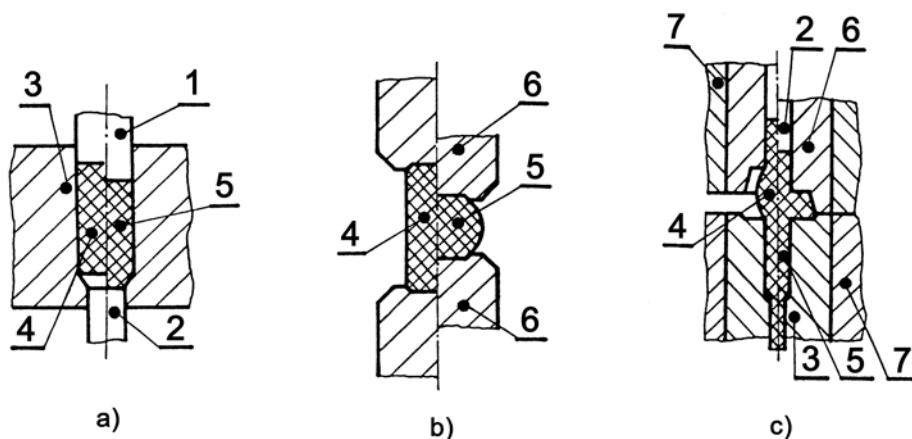
Obr. 3.2 Základní schémata procesů zpětného protlačování (a – klasické zpětné protlačování, tj. dutého kalíšku, b – protlačování výčnělku, 1 – průtlačnice, 2 – průtlačník, 3 – protlaček, 4 – spodní trn, tj. vyhazovač)



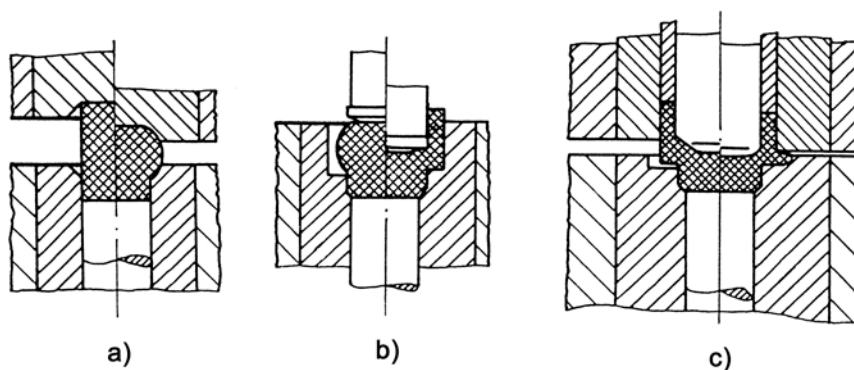
Obr. 3.3 Základní schémata procesů sdruženého protlačování (a – protlačování pouzdra s přepážkou, b – protlačování plného protlačku se dvěma výčnělky, c – protlačování dutého osazeného pouzdra, 1 – průtlačnice, 2 – průtlačník, 3 – protlaček, 4 – spodní trn, tj. vyhazovač, 5 – pouzdro trnu)



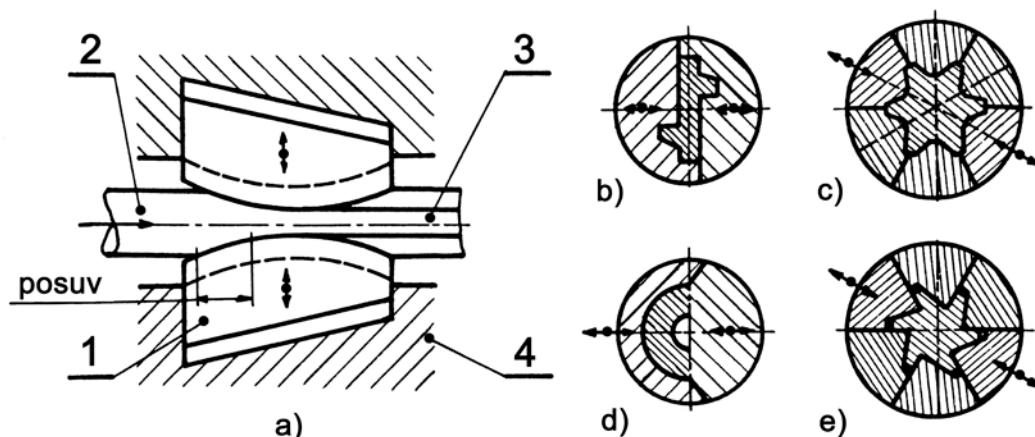
Obr. 3.4 Schémata procesů stranového protlačování (1 – průtlačnice, 2 – průtlačník, 3 – protlaček, 4 – spodní trn, tj. vyhazovač, 5 – horní průtlačnice)



Obr. 3.5 Schémata procesů pýchování (a – kalibrace výchozího materiálu, b – pýchování materiálu na rozměry, potřebné pro další operaci, c – samostatná operace pýchování při víceoperačním tváření, 1 – průtlačník, 2 – vyhazovač, 3 – průtlačnice, 4 – polotovar, 5 – protlaček, 6 – lisovnick, 7 – objímka, tzv. zděř)



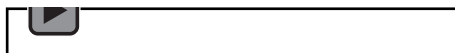
Obr. 3.6 Příklad kombinovaného tváření – tváření vložky ve třech operacích (a – první operace, pěchování, b – druhá operace, zpětné protlačování, c – třetí operace, stranové protlačování s celkovou kalibrací)



Obr. 3.7 Radiální tváření (1 – tlačné čelisti, 2 – výchozí polotovaz, 3 – vytvářený profil, 4 – těleso s vodicími drážkami pro tlačné čelisti)



Audio 1.2 Výhody objemového tváření za studena.

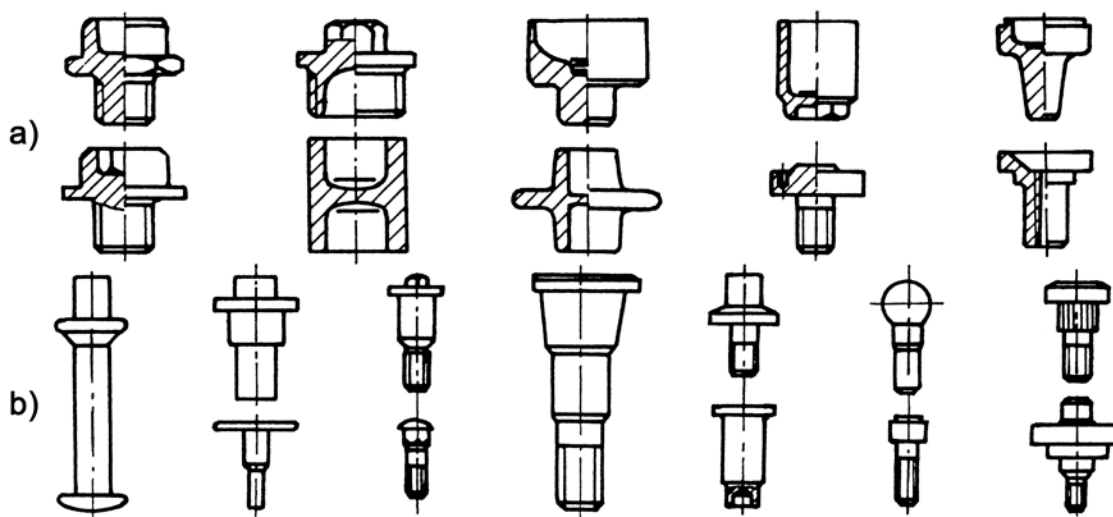


Součásti tvarově vhodné pro objemové tváření zastudena:

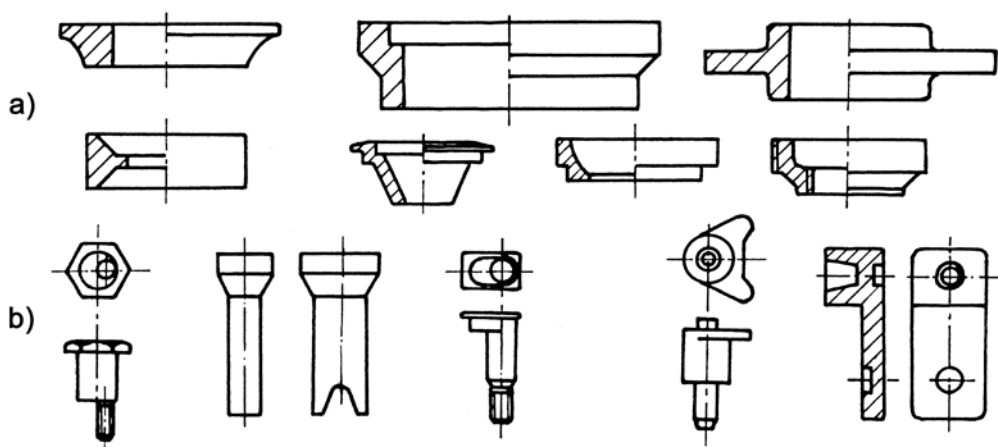
Především – rotačně symetrické součásti

- součásti kalíškového tvaru** (jednostranné i dvoustranné) – vyráběné převážně dopředným a zpětným protlačováním (obr. 3.8 a),
- součásti čepového tvaru** – vyráběné většinou pěchováním, dopředným a stranovým protlačováním (obr. 3.8 b),
- nízké rotační součásti s průchozím otvorem** – zhotovené zpravidla kombinací základních způsobů protlačování (obr. 3.9 a),
- součásti nepravidelného tvaru** (obr. 3.9 b).





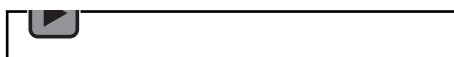
Obr. 3.8 Příklady součástí, tvarově vhodných pro objemové tváření zastudena (a – součásti kalíškového tvaru, b – součásti čepového tvaru)



Obr. 3.9 Příklady součástí, tvarově vhodných pro objemové tváření zastudena (a – nízké rotační součásti s průchozím otvorem, b – součásti nepravidelného tvaru)



Audio 1.3 Výhody objemového tváření za studena.



1.1.2 Výpočet deformací při protlačování

Poměrná délková deformace:

$$\varepsilon_l = \frac{l_0 - l_1}{l_0} \cdot 100 \quad (\%) \quad (3.1)$$

Logaritmická délková deformace:

$$\varphi_l = \ln \frac{l_1}{l_0} \quad (-) \quad (3.2)$$

Poměrná průřezová deformace:

$$\varepsilon_S = \frac{S_0 - S_1}{S_0} \cdot 100 \quad (\%) \quad (3.3)$$

Logaritmická průřezová deformace:



$$\varphi_S = \ln \frac{S_1}{S_0} \quad (-) \quad (3.4)$$

Je výhodnější používat *logaritmické deformace* – je možno sčítat několik po sobě následujících deformací.

Křivky zpevnění – závislosti napětí na deformaci

Pokud pro materiál protlačku existuje **křivka zpevnění**, lze z ní pro každou logaritmickou průřezovou deformaci odečíst hodnotu zpevnění. Z průběhu logaritmické průřezové deformace po délce součásti lze tímto způsobem sestavit **průběh zpevnění po délce součásti**, který má význam pro výsledné vlastnosti součásti (ovlivňuje např. mez únavy součásti).

1.2 NÁVRH TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU VÝROBY PROTlačKU

1. Volba materiálu (viz 1.2.1),
2. Stanovení tvaru a rozměrů polotovaru (viz 1.2.2),
3. Volba přípravných operací před tvářením (viz 1.2.3),
 - a) dělení materiálu,
 - b) tepelné zpracování,
 - c) odstranění okují,
 - d) povrchová úprava polotovarů,
 - e) mazání polotovarů,
4. Stanovení počtu tvářecích operací (viz 1.2.4),
5. Dodržení technologických zásad pro návrh protlačků a nástrojů (viz 1.2.5),
 - a) pro dopředné protlačování oceli,
 - b) pro dopředné protlačování neželezných kovů,
 - c) pro zpětné protlačování,
6. Výpočet tvářecí síly a práce (viz 1.2.6),
7. Dokončování výlisků (viz 1.2.7).

1.2.1 Volba materiálu

Požadované vlastnosti:

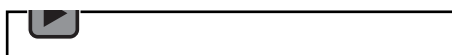
- a) **stav oceli** – nejvhodnější je *žíhaná na měkko*,
- b) **struktura** – nejlépe *feriticko-perlitická s globulárním perlitem, průměrná velikost zrna 5 až 8 podle ČSN 42 0463*,
- c) **mechanické vlastnosti** – co nejnižší R_e , co nejvyšší A , co nejvyšší Z (min. 55 %), R_e/R_m od 0,5 do 0,6, *malý sklon ke zpevnění, dostatečná tvárnost*,
- d) **chemické složení oceli** – nízký obsah C, P a S, minimální výskyt staženin, vycezenin a nekovových vměstků.

1.2.2 Stanovení tvaru a rozměrů polotovaru

- *objem výchozího polotovaru se rovná objemu konečného protlačku,*
- *tvar a rozměry výchozího polotovaru mají být co nejvíce podobné konečnému tvaru a rozměrům hotového protlačku, mohou se určovat s ohledem na průběh zpevnění v protlačku.*

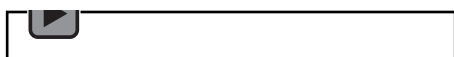


Audio 1.4 Stanování tvaru a rozměru polotovaru.



Druhy polotovarů:

1. **plné špalíky kruhového i jiného průřezu** (jejich výška je větší než polovina průměru nebo vnějšího rozměru) – získávají se z drátu, tažených tyčí, válcovaných tyčí,
2. **kaloty kruhového, čtvercového i jiného průřezu** (jejich výška je menší než polovina vnějšího průměru nebo rozměru) – získávají se z plechů nebo pásů vystřihováním,
3. **špalíky s průchozím otvorem** (jejich výška je větší než polovina vnějšího průměru) – získávají se ze silnostěnných bezešvých trubek upichováním, řezáním nebo stříháním,
4. **prstence kruhového, obdélníkového, oválného i jiného průřezu** – získávají se z tažených drátů různých průřezů stříháním, svinutím, svařením.

Audio 1.5 Druhy polotovaru.**1.2.3 Volba přípravných operací před tvářením****a) Dělení materiálu**

- pro výrobu *špalíků* plných nebo s průchozím otvorem – **stříhání tyčí, upichování, řezání na pilách,**
- pro výrobu *kalot* – **vystřihování z plechů nebo pásů** (pomocí stříhadel).

b) Tepelné zpracování

Účel: odstranění vnitřních pnutí, dosažení vyšší tvárnosti, snížení tvrdosti.

Druhy tepelného zpracování polotovarů:

1. **Normalizační žíhání** – ohřev nad A_{C3} , výdrž 30 až 60 minut, pak ochlazení na vzduchu. Zjemní se struktura před protlačováním.
2. **Žíhání na měkko** – při teplotě 680 až 720 °C po dobu 3 až 4 hodin s pomalým ochlazováním v peci. Vhodné u ocelí se zvýšeným obsahem C, dosáhne se změknutí. (Před tímto žíháním se doporučuje polotovary žíhat normalizačně, aby se dosáhlo nejvýhodnější struktury.)
3. **Rekrystalizační žíhání** – mezi tvářecími operacemi, je výhodné u měkkých ocelí (při stupni deformace 25 % stačí u ocelí s obsahem 0,2 % C teplota 600 až 650 °C, aby ocel rekrystalizovala a obnovila svou tvárnost).
4. **V elektrických pecích v ochranné atmosféře** – proti nadměrnému tvoření okují.

c) Odstranění okují

- **mechanicky** (omílání v bubnech s ocelovou drtí, pískování),
- **mořením** (před mořením se zařazuje oplach a chemické odmaštění polotovarů),
- **kombinací obou způsobů.**

d) Povrchová úprava polotovarů

Účel: vytvoření co nejvýhodnějších podmínek *tření* (tím snížení deformační síly a práce, počtu tvářecích operací a časů), dosažení vysoké *kvality povrchu* po tváření.

Fosfátování – ve fosfatizační lázni (teplota nad 90 °C). Na povrchu polotovaru se vytvoří pórovitý fosfátový povlak, tj. tenká vrstva fosforečnanu zinečnatého s malým přídatkem fosforečnanu železa. (Maziva se do fosfátové vrstvy nejen absorbují, ale i chemicky váží, čímž vznikají kovová mýdla s výbornými kluznými vlastnostmi.)

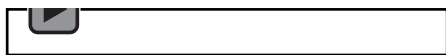
tloušťka **fosfátové vrstvy** je několik mikrometrů a má sametově matný nažedlý vzhled. Při vysokých tvářecích tlacích, které se při objemovém tváření zastudena vyskytují, pórovitý fosfátový povlak udrží mazivo, které by jinak uniklo z kontaktních ploch mezi nástrojem a



tvářeným materiálem. Udržení maziva vede ke snížení pasivního tření při plastické deformaci a snížení opotřebení nástrojů.



Audio 1.6 Fosfátování.



e) Mazání polotovarů

Účel: snížení *tření* (tím snížení deformační síly a práce, počtu tvářecích operací a časů), *chlazení nástroje*, dosažení vysoké *kvality povrchu* po tváření.

Maziva – ve vodě rozpustná mýdla, neemulgující minerální oleje, živočišné a rostlinné tuky. K uvedeným mazivům může být přidán buď *grafit* nebo *sirník molybdeničitý* (MoS_2), obchodní název Molyko.

Nanášení maziv – obvykle *ponorem*.

1.2.4 Stanovení počtu tvářecích operací

Počet tvářecích operací je závislý na rozměrech polotovaru a konečného protlačku (tj. na celkové poměrné nebo logaritmické deformaci) a přípustné poměrné nebo logaritmické deformaci, kterou lze dosáhnout jednou tvářecí operací při určitém způsobu protlačování podle druhu tvářené oceli.

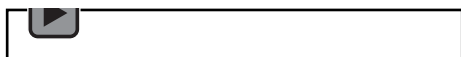
Je-li vyčerpána tvárnost materiálu, je nutno zařadit před další tvářecí operaci **tepelné zpracování** a tím odstranit zpevnění.

Pro obnovení plastických vlastností materiálu je třeba použít **rekrytalizační žhání**, při kterém narostou nová polygonální nedeformovaná zrna kovu.

U víceoperačního tváření je možno sčítáním logaritmických průřezových deformací, dosahovaných v jednotlivých operacích, určit *celkovou logaritmickou průřezovou deformaci* a z ní stanovit podle křivek zpevnění *celkové zpevnění výlisku*.



Audio 1.7 Počet tvářecích operací.



1.2.5 Dodržení technologických zásad pro návrh protlačků a nástrojů

- Rozměry polotovarů v každé jednotlivé tvářecí operaci je nutno stanovit na základě **zákona stálosti objemu výlisku**.
- Je nutno počítat se **snadným zasouváním jednotlivých polotovarů do následujících průtlačnic** (vůle se volí dle zkušeností a počítá se zpětně od konečného výlisku k výchozímu polotovaru)
- **Průtlačnice** má na vnějším tvaru nalisovanou **bandáž** (jednu nebo dvě *zděře*), kterou se dosahuje předpětí průtlačnice zvyšující její trvanlivost.
- Délka protlačovaného díku je omezena vzpěrnou pevností průtlačníku.

Při návrhu jednotlivých operací technologického postupu výroby je vhodné se zabývat přesouváním objemu materiálu mezi jednotlivými částmi vyráběné součásti a vyvarovat se např. zpětnému přesouvání objemu mezi hlavou a dříkem součásti.

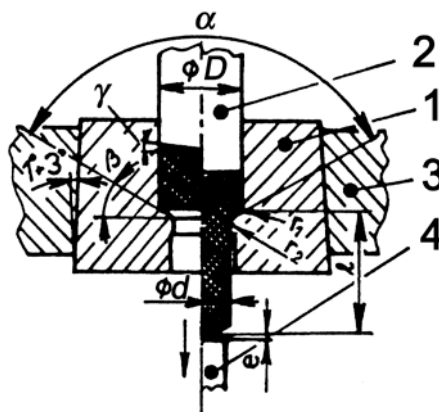


Audio 1.8 Zásady pro navrhování protlačků a nástrojů.

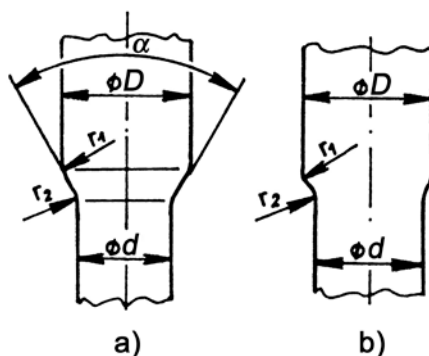


a) Pro dopředné protlačování (obr. 3.10 a 3.11)

- *stěny protlačku* rovnoběžné se směrem tváření,
- *stupeň deformace* nižší než přípustný,
- vhodný *redukční úhel průtlačnice* (jeho zvětšováním klesá trvanlivost),
- vhodné *přechodové poloměry redukční části*,
- *čelo průtlačníku* vyduté nebo s úkosem 5 až 10° (rovná čela praskají),
- *vnější tvary protlačku* navrhovat bez ostrých koutů a hran.



Obr. 3.10 Geometrie činných částí nástroje pro dopředné protlačování oceli (1 – průtlačnice, 2 – průtlačník, 3 – objímka, tj. zděř, 4 – vyhazovač)



Obr. 3.11 Přechodové poloměry u ocelových protlačků (a – přechod pro velké rozdíly průměrů polotovaru D a protlačku d , b – přechod pro malé rozdíly průměrů)



Audio 1.9 Zásady dopředného protlačování.



b) Pro zpětné protlačování (obr. 3.12 až 3.15)

- *stupeň deformace* nižší než přípustný,
- *vnější tvar dna protlačku* mírně vydutý $t = (1 \div 2)$ mm (vypuklý vyhazovač má větší životnost než provedení s rovným čelem),
- *tloušťka dna* má být stejná nebo větší než tloušťka stěny (součásti s velmi tenkým dnem jsou ve dnu tak zpevněny, že vzniká nebezpečí prasklin v nejtenčím místě),
- *poloměr zaoblení dutiny průtlačnice*, tj. u dna kalíšku, větší než minimální,
- vhodná *hloubka dutiny průtlačnice*,
- vhodná *konstrukce čela průtlačníku*:

průměr rovného čela průtlačníku

$$d = 0,5 D_0,$$

úkoso čela průtlačníku

$$\beta = 27^\circ,$$

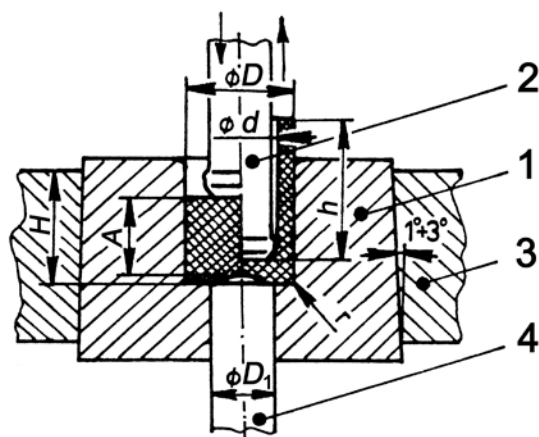
výška válcové plošky

$$a = (2 \div 5) \text{ mm},$$

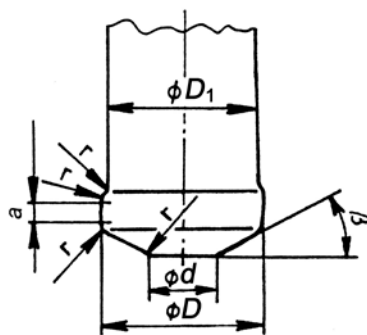


průměr průtlačníku za válcovou ploškou

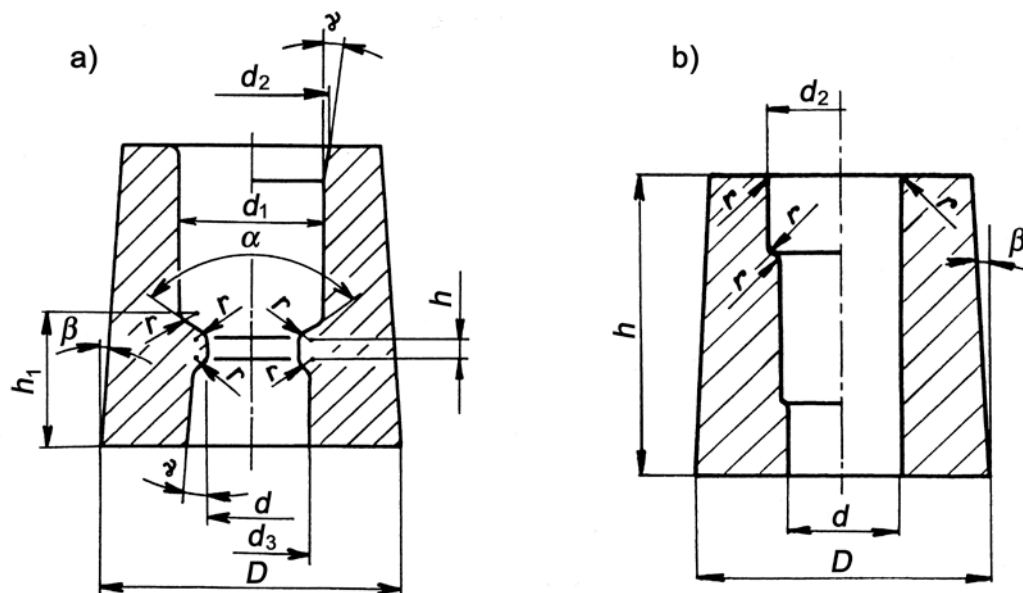
$$D = D_0 - (0,1 \div 0,3) \text{ mm.}$$



Obr. 3.12 Geometrie činných částí nástroje pro zpětné protlačování oceli (1 – průtlačnice, 2 – průtlačník, 3 – objímka, tj. zděř, 4 – vyhazovač)

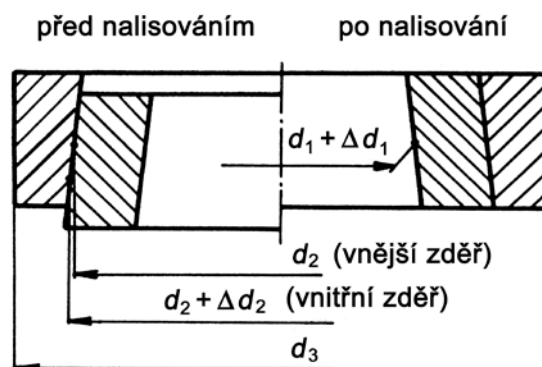


Obr. 3.13 Geometrie čela průtlačníku pro zpětné protlačování oceli



Obr. 3.14 Geometrie průtlačnice (a – pro dopředné protlačování, b – pro zpětné protlačování)



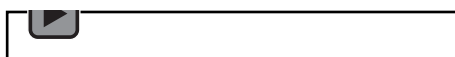


Obr. 3.15 Sestava dvou zděří před nalisováním a po nalisování

Nalisování zděří na průtláčnici se provádí zatepla. Přesahy nalisovaných spojení musí být vypočteny tak, aby po vychladnutí vzniklo potřebné **tlakové předpětí průtláčnice**. Díky tomuto předpětí by při tváření nemělo v žádném místě průtláčnice vzniknout tahové napětí, které by při cyklickém namáhání průtláčnice snížilo její mez únavy a tedy životnost.



Audio 1.10 Zásady zpětného protlačování.



1.2.6 Výpočet tvářecí síly a práce

Tvářecí síla (potřebná k dimenzování nástrojů a kontrole jmenovité síly zvoleného lisu):

$$F = k_{ps} \cdot S \quad (\text{N}) \quad (3.5)$$

kde jsou S – průřez činné části průtláčnicku (mm^2), k_{ps} – střední přetvárný odpor materiálu (MPa).

Aby nenastalo porušení činných částí nástroje, nesmí hodnota k_{ps} překročit *dovolené namáhání v tlaku materiálu činných částí* ($k_{ps} = \text{max. } 1800 \text{ až } 2200 \text{ MPa, výjimečně } 2700 \text{ MPa}$).

Tvářecí práce:

$$A = F \cdot h \quad (\text{J}) \quad (3.6)$$

kde jsou F – tvářecí síla (N), h – dráha průtláčnicku, během které probíhá vlastní tváření (m).

1.2.7 Dokončování výlisků

Nerovné okraje výlisků vznikají z následujících příčin:

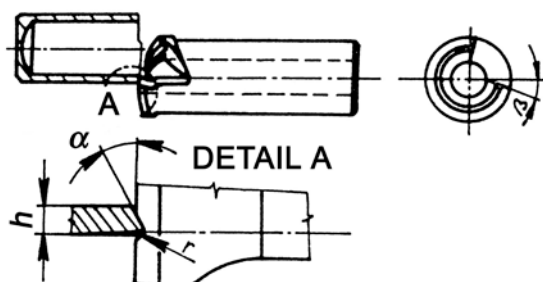
- u rotačních výlisků tvářených z kalot vlivem *anizotropie mechanických vlastností výchozích pásů nebo plechů*,
- u nerotačních výlisků tvářených z kalot vlivem *nerovnoměrného toku tvářeného materiálu*,
- u všech výlisků tvářených přímo ze stříhaných špalíků *s deformacemi jejich konců vlivem stříhu*,
- nestejnými objemy výchozích polotovarů* (jsou způsobeny poměrně širokými výrobními tolerancemi tloušťky pásů, z nichž se stříhají kaloty, nebo tolerancemi průměrů tyčí dělených na špalíky).

Druhy dokončování výlisků:

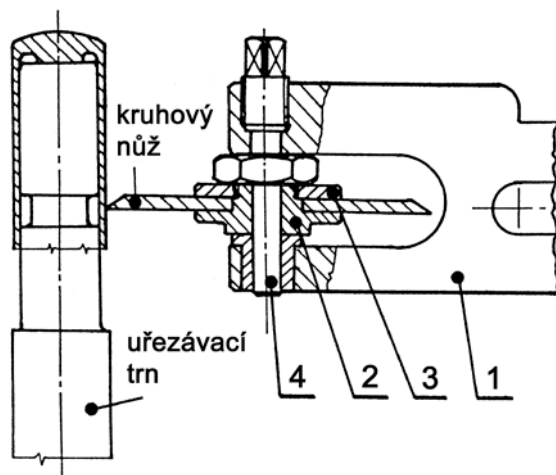
- zarovnání okrajů** – nejčastější dokončovací operace u výlisků,



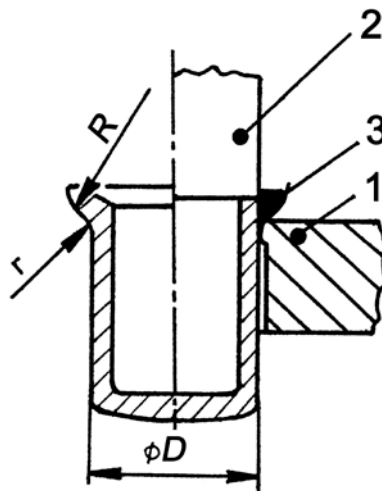
- a) **zarovnání soustružením trubkovým nožem** – pro duté rotační součásti malých rozměrů (obr. 3.24),
- b) **zarovnání kruhovým nožem** – pro tenkostěnné rotační součásti, výlisek navlečený na rotujícím trnu se rozdělí tlakem nože, otočně uloženém na čepu (vznikne dovnitř zahnutý okraj) (obr. 3.25),
- 2. **ostřihování okraje výlisků** – ve zvláštním ostřihovacím nástroji (obr. 3.26),
- 3. **dokončování dutin vrtáním** – usnadňuje se *vylišováním důlků pro středění vrtacích nástrojů*, které se slučuje s některou operací (samostatně by bylo neekonomické),
- 4. **odstranění ořepů z dosedacích ploch** – vznikají nejčastěji v místech po dělicích rovinách nástrojů, odstraňují se před soustružením z důvodu přesnějšího upnutí,
 - a) **omíláním v bubnech** – u drobných ocelových výlisků, v čedičové drti s kyselinou fosforečnou,
 - b) **vibračním omíláním** – brusným práškem vhodné zrnitosti ve vibračním bubnu.



Obr. 3.16 Zarovnávání dutých součástí trubkovým nožem



Obr. 3.17 Zarovnávání dutých součástí kruhovým nožem (1 – těleso držáku, 2 – náboj, 3 – příložka, 4 – čep)



Obr. 3.18 Ostřihování okraje protlačku po dopředném protlačování
(1 – střížnice, 2 – střížník, 3 – ostřihovaný okraj protlačku)

2 K JAKÝM ZKUŠEBNÍM OTÁZKÁM SE TATO PŘEDNÁŠKA VZTAHUJE:

1. Jaké jsou výhody technologie objemového tváření materiálu zastudena? Jaké druhy součástí je vhodné vyrábět objemovým tvářením zastudena?
2. Jakou výhodu má použití logaritmických deformací oproti poměrným? Jaké jsou etapy návrhu technologického postupu výroby protlačku?
3. Nakreslete schémata a popište základní způsoby objemového tváření zastudena. Ke každému schématu uveďte rovnice pro výpočet poměrné a logaritmické deformace.
4. Popište způsob stanovení velikosti zpevnění po objemovém tváření zastudena.
5. Jaké vlastnosti má mít materiál pro zpracování objemovým tvářením zastudena? Vyjmenujte přípravné operace před tvářením.
6. Popište postup stanovení tvaru a rozměrů polotovaru pro objemové tváření zastudena.
7. Jaké jsou druhy polotovarů pro objemové tváření zastudena? Jakým způsobem se vyrábějí kaloty?
8. Jaký je účel a vhodné varianty tepelného zpracování polotovarů pro objemové tváření zastudena? Jaké jsou způsoby odstranění okují z polotovarů pro objemové tváření zastudena?
9. Co je to fosfátování? Jaký je účel fosfátování při úpravě polotovarů před tvářením? Proč se provádí mazání polotovarů při objemovém tváření zastudena?
10. Jak se stanoví počet tvářecích operací při objemovém tváření zastudena? Jaké jsou technologické zásady pro návrh protlačků a nástrojů?
11. Jak se vypočte tvářecí síla při objemovém tváření zastudena? Jak se vypočte při stejném procesu tvářecí práce? Proč se vyrábí průtlachnice bandážované?
12. Jak se změní vlastnosti výchozího materiálu po objemovém tváření zastudena? Z jakých příčin vznikají nerovné okraje výlisků při objemovém tváření zastudena?
13. Jaké jsou druhy dokončování výlisků po objemovém tváření zastudena? Jak se usnadňuje dokončování dutin protlačků vrtáním?



3 DOPLŇUJÍCÍ ZDROJE – KNIHY, INTERNET, ...

- [1] BŘEZINA, R. Technologie I – část 1: skriptum. 1. vyd. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 1998. 80 s. ISBN 80-7078-439-3.
- [2] ČADA, R. Technologie I – část tváření a slévání: návody do cvičení: skriptum. 1. vyd. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 1998. 188 s. ISBN 80-7078-540-3.
- [3] PETRŽELA, Z., KUČERA, J. a BŘEZINA, R. Technologie slévání, tváření a svařování: skriptum. 2. vyd. Ostrava: VŠB v Ostravě, 1987. 329 s. (bez ISBN).
- [4] PETRŽELA, Z. Základy teorie a technologie strojírenského tváření: skriptum. 1. vyd. Ostrava: VŠB v Ostravě, 1980. 378 s. (bez ISBN).
- [5] KOLLEROVÁ, M. Tvárnenie kovov: skriptum. 1. vyd. Bratislava: ALFA, 1984. 288 s. (bez ISBN).
- [6] ČABELKA, J. a kol. Mechanická technológia. 1. vyd. Bratislava: Vydavateľstvo SAV, 1967. 1036 s. (bez ISBN).



4 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] BŘEZINA, R. Technologie I – část 1: skriptum. 1. vyd. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 1998. 80 s. ISBN 80-7078-439-3.
- [2] ČADA, R. Technologie I – část tváření a slévání: návody do cvičení: skriptum. 1. vyd. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 1998. 188 s. ISBN 80-7078-540-3.
- [3] PETRŽELA, Z., KUČERA, J. a BŘEZINA, R. Technologie slévání, tváření a svařování: skriptum. 2. vyd. Ostrava: VŠB v Ostravě, 1987. 329 s. (bez ISBN).
- [4] PETRŽELA, Z. Základy teorie a technologie strojírenského tváření: skriptum. 1. vyd. Ostrava: VŠB v Ostravě, 1980. 378 s. (bez ISBN).
- [5] ČABELKA, J. a kol. Mechanická technológia. 1. vyd. Bratislava: Vydavateľstvo SAV, 1967. 1036 s. (bez ISBN).

