

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

VÝROBNÍ MOŽNOSTI TVÁŘENÍ ZA STUDENA

TITLE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

FILIP TRNKA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MIROSLAV ŠLAIS

BRNO 2010

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Filip Trnka

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie (2303R002)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Výrobní možnosti tváření za studena

v anglickém jazyce:

Manufacturing possibilities in cold forming processes

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Jedná se o zpracování literární studie zaměřené na zhodnocení a uplatnění objemového tváření ve strojírenství, vyhlídky objemového tváření do budoucna a uplatnění výrobků na trhu. Součástí práce budou příklady součástí vyráběné objemovým tvářením za studena.

Cíle bakalářské práce:

Aktuální literární studie se zaměřením na zhodnocení a uplatnění objemového tváření ve strojírenství s vyhodnocením výhod a nevýhod a s příklady použití.

Seznam odborné literatury:

Novotný, K. Tvářecí nástroje. 1. vyd. Brno: VUT Brno, 1992. 186 s. ISBN 80-214-0401-9
FOREJT, Milan. Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. vyd. Brno : Akademické nakladatelství CERM, 2006. 225s. ISBN 80-214-2374-9

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Miroslav Šlais

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/2010.

V Brně, dne 29.11.2009

L.S.

prof. Ing. Miroslav Piška, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

TRNKA Filip: Výrobní možnosti tváření za studena.

Tento projekt je vypracovaný v rámci bakalářského studia oboru strojírenské technologie. Hlavním cílem této práce je uvedení vybraných technologií tváření za studena, jejich zhodnocení a uvedení názorných ukázek výrobků takto zhotovených. Dále jsou zde uvedeny i příklady nekonvenčních typů technologií a na závěr i stručný přehled firem zabývajících se problematikou tváření za studena, s ukázkami jejich výrobků a jejich použití.

Klíčová slova: tváření za studena, nekonvenční metody tváření za studena, protlačování

ABSTRACT

TRNKA Filip: Manufacturing possibilities in cold forming processes

This project is elaborated in the bachelor's degree field of engineering technology. The main objective of this work is the chosen technology for cold forming their valuation and illustrative examples of products manufactured as follows. There are presented examples of unconventional types of technologies and concludes with a brief overview of companies dealing with cold-forming, with examples of their products and their uses.

Keywords: cold forming, unconventional methods of cold forming, extrusion

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

TRNKA, F. *Výrobní možnosti tváření za studena*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 36 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Miroslav Šlais.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že předkládanou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího diplomové práce.

V dne 10.5.2010

.....

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji panu Ing. Miroslavu Šlaisovi za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce.

OBSAH

Zadání

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

	Str.
1. ÚVOD	7
2. TECHNOLOGIE TVÁŘENÍ ZA STUDENA.....	8
2.1. Úvod do tváření.....	8
3. PLOŠNÉ TVÁŘENÍ.....	9
3.1. Stříhání	9
3.2. Ohýbání	10
3.3. Rovnání	11
3.4. Tažení	12
3.5. Kovotlačení, rotační tlačení plechu.....	13
4. OBJEMOVÉ TVÁŘENÍ.....	14
4.1. Protlačování	14
4.1.1. Dopředné protlačování	15
4.1.2. Zpětné protlačování	15
4.1.3. Kombinované protlačování	16
4.1.4. Stranové a radiální protlačování	16
4.1.5. Speciální způsoby protlačování	17
4.2. Pěchování.....	18
4.3. Válcování	21
4.3.1. Výroba válcováním	21
4.3.2. Speciální způsoby válcování	23
4.4. Tažení drátů a profilů	25
5. NEKONVENČNÍ METODY TVÁŘENÍ KOVU	26
5.1. Tváření výbuchem	26
5.2. Elektro-hydraulické tváření.....	28
5.3. Elektro-magnetické tváření.....	29
6. PŘEHLED VYBRANÝCH FIREM ZABÝVAJÍCÍCH SE TVÁŘENÍM ZA STUDENA	30
7. ZÁVĚR	32
Seznam použitých zdrojů	
Seznam použitých symbolů a zkratek	
Seznam příloh	

1. ÚVOD

V dnešní moderní době, kdy neustále stoupají ceny energií a nerostných surovin, je velmi důležité v oblasti strojírenství vyrábět produkty s nejmenšími náklady, ve vysoké kvalitě a za rozumnou cenu.

V této práci jsou popsány základní procesy technologie tváření za studena. Vybrané typy technologií jsou zde stručně popsány z důvodu velmi rozsáhlé oblasti problematiky tváření za studena.

Cílem bylo uvést nejdůležitější z nich a pokrýt tak velkou škálu jejich rozdělení. Ze základních procesů je odvozena nemalá část variant tvářecích technologií. S postupem času vznikají nové druhy tváření a tím se stávající nekonvenční technologie přesouvají do řady klasických. Některé typy jsou zde také uvedeny. Vybrané metody a tvářecí operace jsou zde popsány a doloženy obrázky jejich výrobních postupů a výrobků. Jejich užití je jak v hromadné a sériové výrobě, tak i jen ve výrobě kusové.

Jako přínos této práce je zde popsáno zastoupení českých firem, zabývajících se problematikou tváření za studena. Ukázka těchto firem je doplněna o specializaci jejich výroby a obrázky jejich výrobků v současné době.



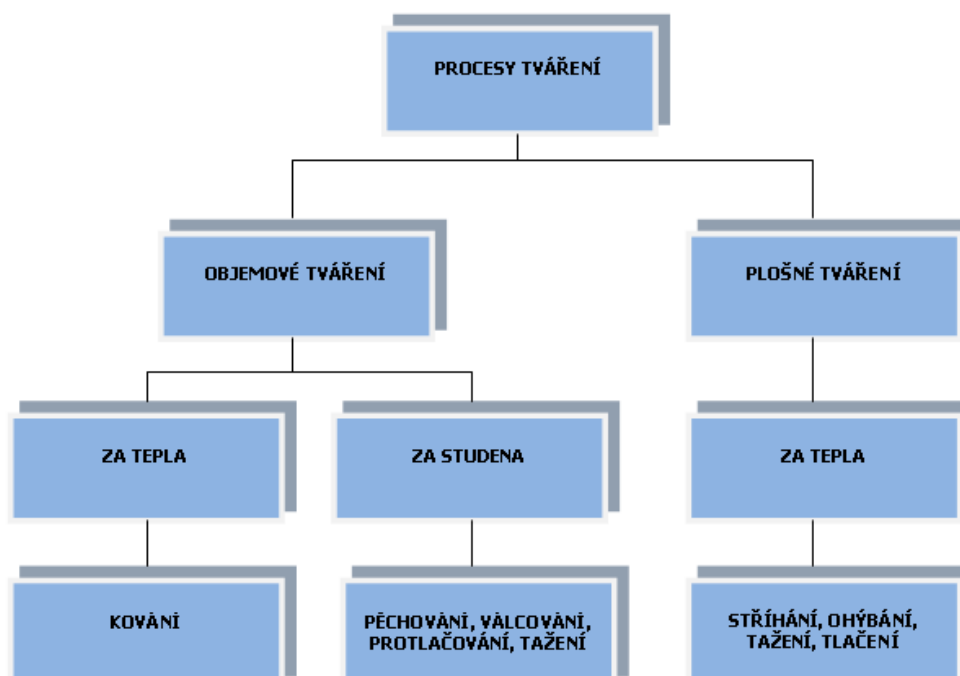
Obr. 1 Příklady součástí vyrobené objemovým tvářením [8]

2. TECHNOLOGIE TVÁŘENÍ ZA STUDENA [2], [5], [10]

Počáteční základy teorie tváření se datují již z druhé poloviny předminulého století. V roce 1864 publikoval Tresca výsledky, ze kterých pak následně zformuloval podmínku plasticity. Objemové tváření se stále více používá při sériové a hromadné výrobě symetrických součástí, protože má mnoho výhod proti obrábění. Jedná se zejména o úsporu výrobního materiálu. Dále mezi ně patří zvýšení produktivity práce, zlepšení kvality výrobků, snížení výrobních časů a výrobních nákladů.

Využití objemového tváření za studena je důležité v různých průmyslových odvětvích, zejména v automobilovém, leteckém, elektrotechnickém, potravinářském a i v hodinářském. Výrobky vyráběné metodou tváření jsou různé druhy čepů, šroubů, matic a mnoho dalších součástí nejrozmanitějších tvarů. Některé typy součástí vyrobených objemovým tvářením za studena můžeme vidět na obrázku č.1.

Technologie tváření probíhá v porovnání s jinými výrobními metodami pod rekrytalizační teplotou za působení prostorové napjatosti, která vytváří příznivé podmínky pro velké trvalé deformace, aniž by došlo k porušení soudržnosti materiálu. Proto dochází k maximálnímu využití hmoty výchozího materiálu a zlepšení mechanických vlastností výchozího materiálu. Lze použít výchozího materiálu s nižší pevností, vlivem přetvoření se zvýší mez pevnosti a mez kluzu. Neméně důležité jsou metalografické vlastnosti těchto výrobků. Zvýší se mez únavy následkem zpevnění, při srovnání s obráběním vznikne příznivý systém vnitřního pnutí a také není porušen průběh vláken. Základní rozdělení procesu tváření můžeme vidět na obrázku č. 2.



Obr. 2 Základní rozdělení procesu tváření

3. PLOŠNÉ TVÁŘENÍ

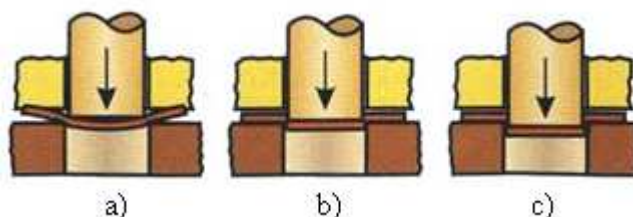
3.1. Stříhání [1], [3], [5]

Stříháním dochází k oddělování materiálu působením řezných protilehlých hran, které způsobují smykové napětí v řezné rovině. Je to tedy jediná tvářecí operace, která směřuje k žádoucímu porušení materiálu. Probíhá ve třech fázích, princip je znázorněn na obr. č. 3.

Na obrázku č. 4 je ukázka výstřižku.

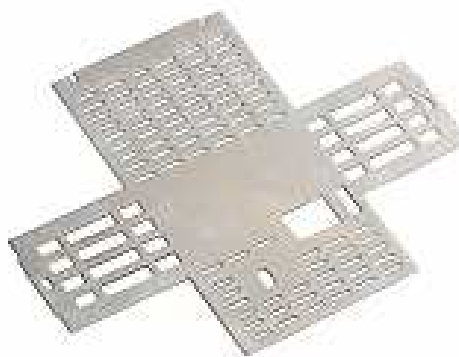
První fáze je oblast pružných deformací, dojde ke stlačení materiálu, ohybu a následnému vtlačení do střížnice. Druhá fáze je oblast plastických deformací, kdy se střížník vtlačí do plechu a ten do otvoru střížnice. Napětí překročí mez kluzu a mezi hranami střížníku a střížnice se přiblíží mezi pevnosti. Následně vznikají na hranách trhlinky což už je třetí fáze, ty se rozšíří po celém obvodu, až dojde k ustřížení materiálu.

Výstřižek je oddělen dříve, než střížník projde celou tloušťkou stříhaného materiálu a poté je vytlačen. Okraje střížných ploch nejsou díky tomu zcela rovinné. Drsnost této plochy je rozdělena nerovnoměrně. Nejvyšších hodnot nabývá v místech, kde došlo k prvním výskytům trhlinek. V přesně žádané rovině nenastane oddělení, protože materiál je tvárný, elastický a napětí způsobuje tlak nožů, který je na celé ploše.



Obr. 3 Princip stříhání pomocí stříhadla [5]

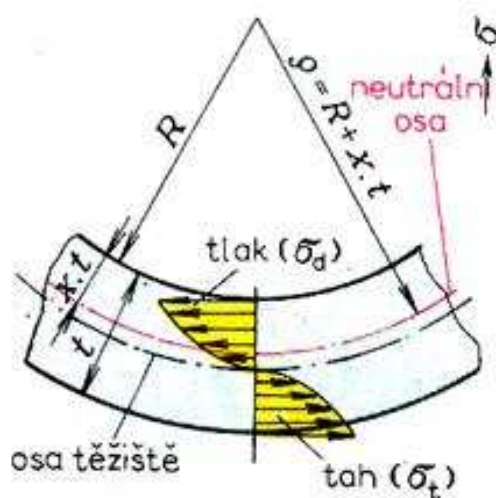
a)-oblast pružných deformací, b)-oblast plastických deformací, c)-ustřížení materiálu



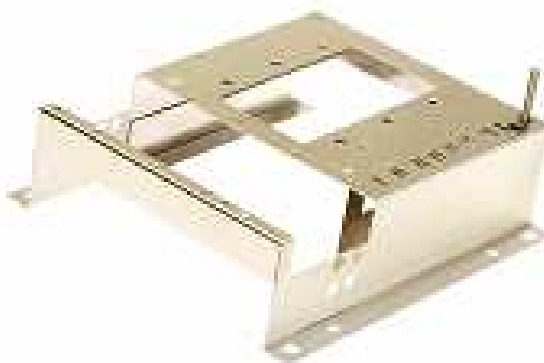
Obr. 4 Výstřižek [6]

3.2. Ohýbání

Při ohýbání dochází k trvalé deformaci materiálu do různého úhlu ohybu s různým zaoblením hran. Výrobek se nazývá ohybek. Ukázka ohybku je na obr. č. 6. Jako nástroje k této tvářecí operaci používáme ohýbadla, ta se skládají z ohybníku a ohybnice. U ohýbání se využívá stejných zákonů plasticity jako u jiných způsobů tváření. Plastické deformace dosáhneme překročením meze kluzu, nesmí se však překročit mez pevnosti. Na průřezu vzniká pružná plastická deformace, u které se mění její průběh od povrchu materiálu až k neutrální ose. Rozložení napětí můžeme vidět na obr. č.5.



Obr. 5 Rozložení a velikost napětí v materiálu [5]

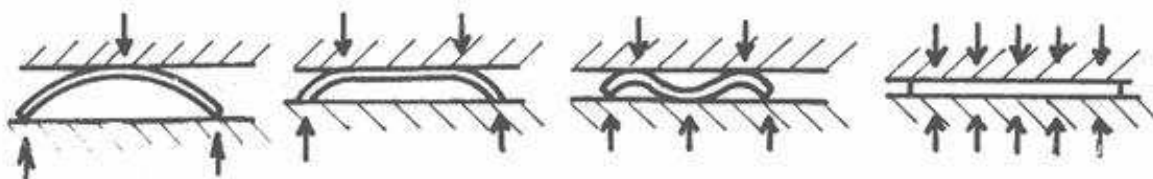


Obr. 6 Ohybek [6]

3.3. Rovnání

Neméně důležitá technologie je rovnání, která je hlavně využívána k odstranění nežádoucí deformace na výrobku. Ta mohla vzniknout při některé tvářecí operaci např. při děrování, stříhání, nebo mohla vzniknout špatnou manipulací s materiálem. Rovnání tlakem, pod lisem, probíhá jako „obrácený“ ohyb. Snažíme se křivé části dostat do roviny, příklad je na obr. č. 7.

Po zrušení vnějších sil má snahu rovnané těleso odpružit, což je způsobeno elasticko-plastickými deformacemi, proto nám zůstává na tělese zbytkové zakřivení.



Obr. 7 Rovnání výlisku tlakem mezi rovnými deskami [5]

U tvrdých materiálů, nebo u velmi tenkých by lisovací síla vzrostla až do neúnosných hodnot, proto se využívá jiného způsobu rovnání. Neuvádíme těleso do plastického stavu v celém objemu, ale jen v určitých, pravidelně rozložených místech. Zejména se jedná o tzv. bodové nebo bradavkové rovnání. U výrobků, kde nám nevadí vpichy nebo na velmi tvrdé materiály se využívají čelisti s ostrými hroty. Detaily čelistí jsou uvedeny na obr. č. 8.

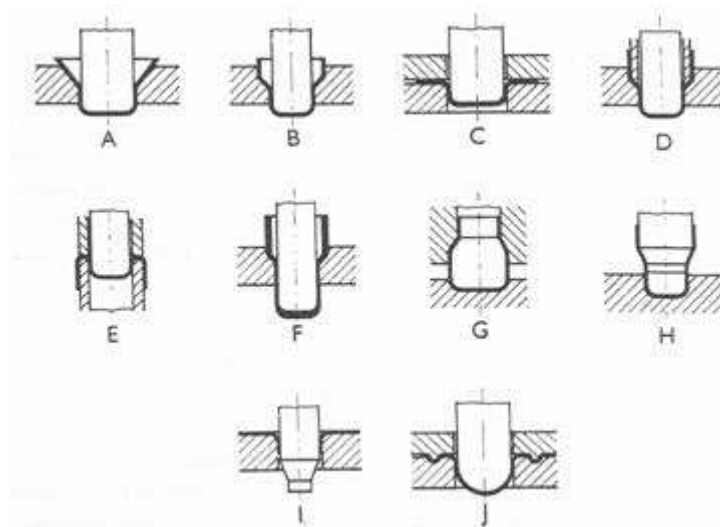


Obr. 8 Vlevo rovnání bodové, vpravo rovnání bradavkové [5]

3.4. Tažení

Používá se k tažení plechů a pásů. Touto operací vznikají prostorové výlisky nerozvinutelného tvaru. Výchozí polotovár je přístřih plechu, jehož obsah je spočítán tak, aby vyšel na celou plochu výtažku. Ukázky výtažků jsou na obr. č. 10. Tažení můžeme podle tvaru výlisku dělit na tažení mělké a hluboké, tažení rotačních a nerotačních tvarů, tažení bez a se ztenčením stěny, dále tažení nepravidelných tvarů hojně využívané v automobilovém průmyslu (tzv. karosářské výlisky).

Existují různé technologie tažení, prosté tažení, zpětné tažení, žlábkování, lemování, zužování, napínání a speciální způsoby. Některé jsou uvedeny na obr. č. 9.



Obr. 9 Technologické způsoby tažení [5]

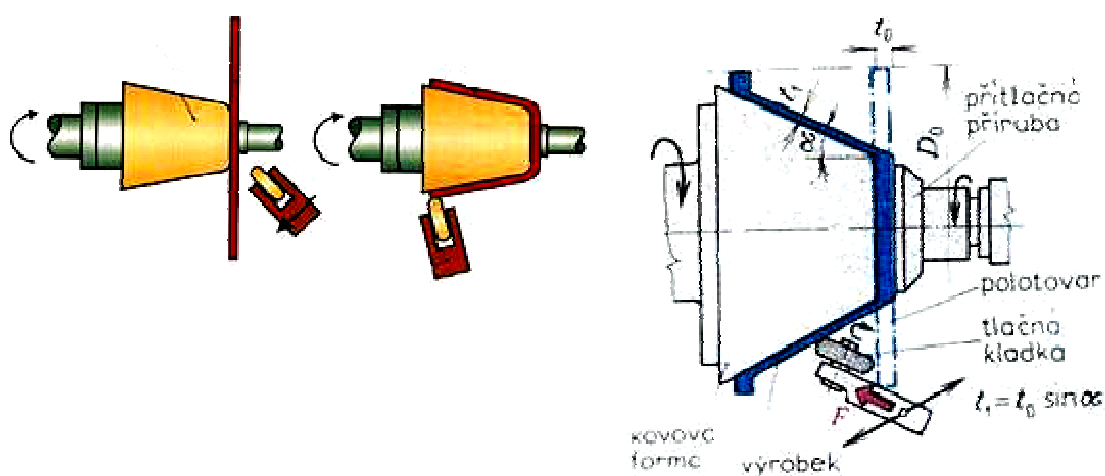
A, B - tažení bez přidržovače, 1. a 2. tah, C, D - tažení s přidržovačem, 1. a 2. tah, E – zpětné tažení (obracení), F – tažení se ztenčením stěny, G – zužování, H – rozšiřování, I – lemování (přetahování), J - napínání



Obr. 10 Ukázka výtažků [16]

3.5. Kovotlačení, rotační tlačení plechu [17]

Princip tohoto způsobu tváření je uveden na obr. č. 11. Model nádoby, který je rotační, se připevní na stroj společně s nástřihem. Rozdíl oproti hlubokému tažení je, že se velikost nástřihu používá něco málo větší, než je průměr základny modelu. Tato operace se zpravidla provádí na soustruhu, kdy se model s nástřihem uvede do rotace a nástřih se speciálními nástroji přitlačuje k modelu. Tyto nástroje mají na svém funkčním konci buď třecí, nebo valivé zakončení. Dojde ke ztenčení tloušťky plechu. Využívá se hlavně tam, kde by se při tažení musel provést velký počet operací, nebo kde je to ekonomiky výhodnější. Velká výhodou jsou nízké náklady na stroj a nástroje. Nevýhoda u této technologie je možnost výroby pouze rotačních součástí, jejich špatná kvalita povrchu bez kalibrace. Ukázky takto zhotovených výrobků jsou na obr. č. 12.



Obr. 11 Rotační tlačení dutých těles [5]



Obr. 12 Výrobek zhotoven kovotlačením [15]

4. OBJEMOVÉ TVÁŘENÍ

4.1. Protlačování [1], [4], [10]

Veliký rozvoj byl za druhé světové války v Německu, po válce v USA. V tuzemsku nejprve pro hliník a od 60. let i pro ocel. Tato technologie může probíhat za studena, poloohřevu i za tepla. Velký význam má pro automobilový průmysl, zbrojní průmysl a výrobu spojovacích součástí. Jedná se hlavně o hromadnou a velkosériovou výrobu, jelikož při velkém objemu výroby je protlačování velice ekonomické.

U protlačování vzniká všestranná tlaková trojosá napjatost. Dochází k přemístění materiálu ve směru, který je určen konstrukcí nástroje. Nástroj se nazývá protlačovadlo a výrobek je průtlaček. Velice dobré je využití materiálu 90-100% a přesnost takto zhotoveného výrobku je až $\pm 0,05\text{mm}$.

Důležité u protlačování je tření, které nám ovlivňuje kvalitu výrobku a životnost nástrojů. Proto je důležitá úprava materiálu rovnáním a dělením na kaloty včetně tepelného zpracování.

Výhody jsou oproti obráběným součástem významná úspora materiálu, příznivý průběh vláken, výtečné rozměrové tolerance, kvalita povrchu a vysoká produktivita. Mezi jediné nevýhody patří cena nástrojů a vývoje.

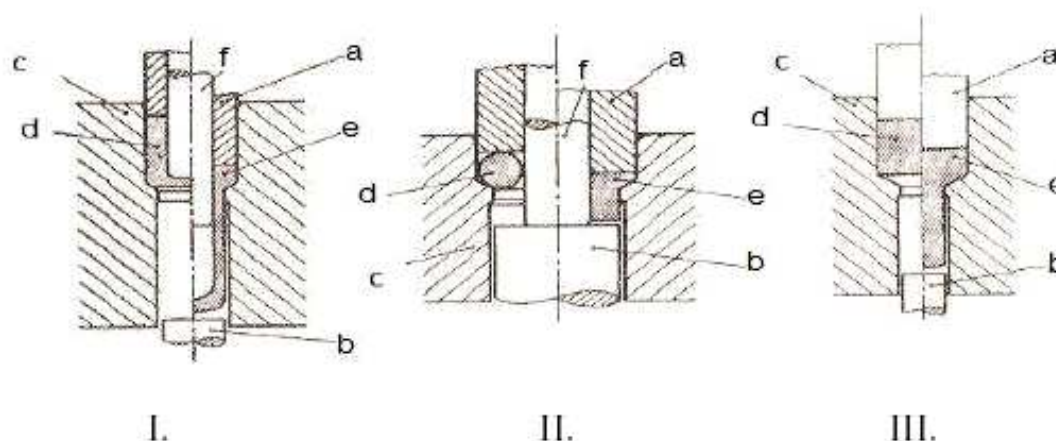
Dle směru pohybu materiálu se dělí technologické způsoby protlačování na dopředné, zpětné, kombinované, stranové a radiální.



Obr. 13 Výrobky zhotovené protlačováním [18]

4.1.1. Dopředné protlačování [2]

Někdy je též nazýváno jako sousledné, protože materiál teče ve směru pohybu průtlačníku. Používá se jako samostatná operace při zmenšování průřezu plných špalíků nebo dutých polotovárů. Na obrázku č. 14 jde vidět směr tečení materiálu.

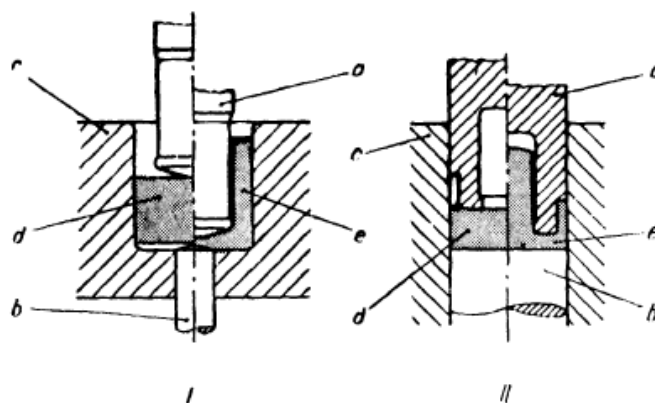


Obr. 14 Dopředné protlačování [2]

a – průtlačník, b – vyhazovač, c – průtlačnice, d – polotovar, e – průtlaček, f – trn
I – výchozím polotovarem je kalíšek, II – výchozím polotovarem je kroužek
III – výchozím polotovarem je špalík

4.1.2. Zpětné protlačování [2]

Materiál nám teče proti směru pohybu průtlačníku. Takto zhotovené součásti mají tvar kalíšku se dnem, nebo s průchozím otvorem. To záleží na volbě výchozího polotovaru, zda bylo použito plného špalíku nebo prstence. Zpravidla platí, že výška špalíku je větší než polovina průměru. Velkou nevýhodou u tohoto způsobu je velký deformační odpor materiálu. Ten nám zásadně omezí funkční délku průtlačníku. Lze tedy hospodárně vyrobít průtlačky krátké a tlustostěnné.

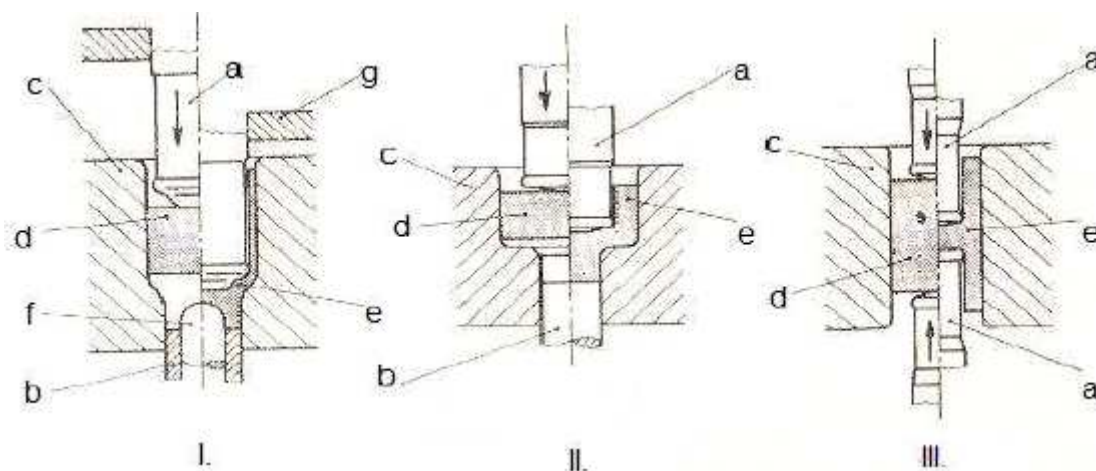


Obr. 15 Zpětné protlačování [2]

a – průtlačník, b – vyhazovač, c – průtlačnice, d – polotovar, e – průtlaček,
I – duté těleso, II – plné těleso

4.1.3. Kombinované protlačování [2]

Nazývané též jako sdružené. Jedná se o kombinaci dvou předešlých způsobů. Směr toku materiálu je ve směru i proti směru pohybu průtlačníku. Názorná ukázka je na obrázku č. 16. Z důvodu dodržení dobré kvality výrobku, je nutné dodržet důležitou zásadu. Volený stupeň přetváření je u spodní části výlisku menší (jedná se část, kde materiál teče sousledně), než v horní části.

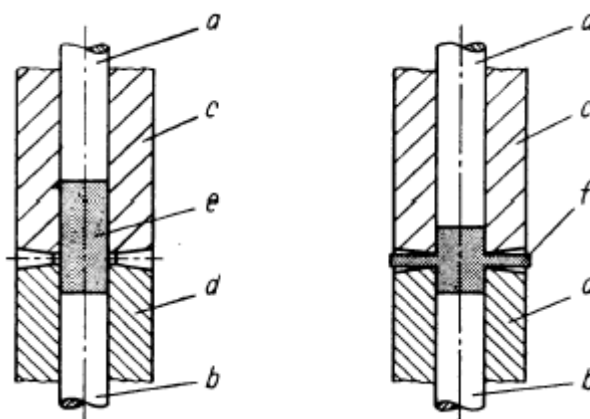


Obr. 16 Kombinované protlačování [2]

a – průtlačník, b – vyhazovač, c – průtlačnice, d – polotovár, e – průtlaček, f – trn,
g – vodící pouzdro a stírač, I – hloubka dutiny průtlačku je na jedné straně menší,
II – průtlaček je složený z kalíškové a plné části, III – průtlaček s oboustrannou dutinou
tvářený na spec. stroji

4.1.4. Stranové a radiální protlačování [2]

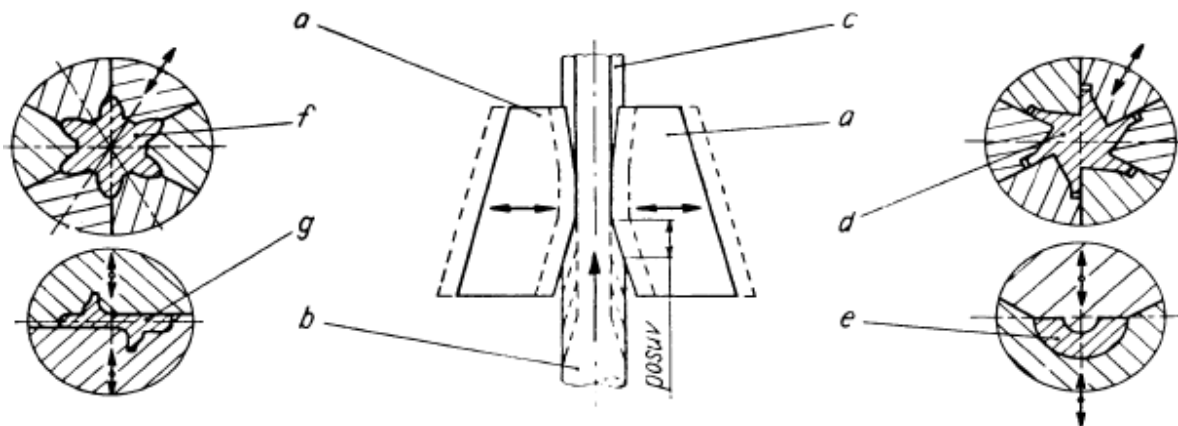
Od již zmiňovaných způsobů protlačování se liší směrem toku materiálu. Hlavní deformace nastává ve směru kolmém k podélné ose polotovaru. Využití tohoto způsobu je možno použít ke změně průřezu určité části výlisku. Tento průřez může být pravidelných i nepravidelných tvarů. Způsob je uveden na obrázku č 17.



Obr. 17 Stranové protlačování [2]

a – průtlačník, b – vyhazovač, c,d – průtlačnice, e – výchozí materiál, f - výtlaček

Radiálního tváření se využívá ke změně průřezu části výlisku jako u stranového protlačování. Jediný rozdíl je, že se nám nezmění velikost polotovaru, ale jen tvar jeho průřezu. Na obrázku č. 18 jsou uvedeny tvary radiálně tvářených součástí a princip tváření.



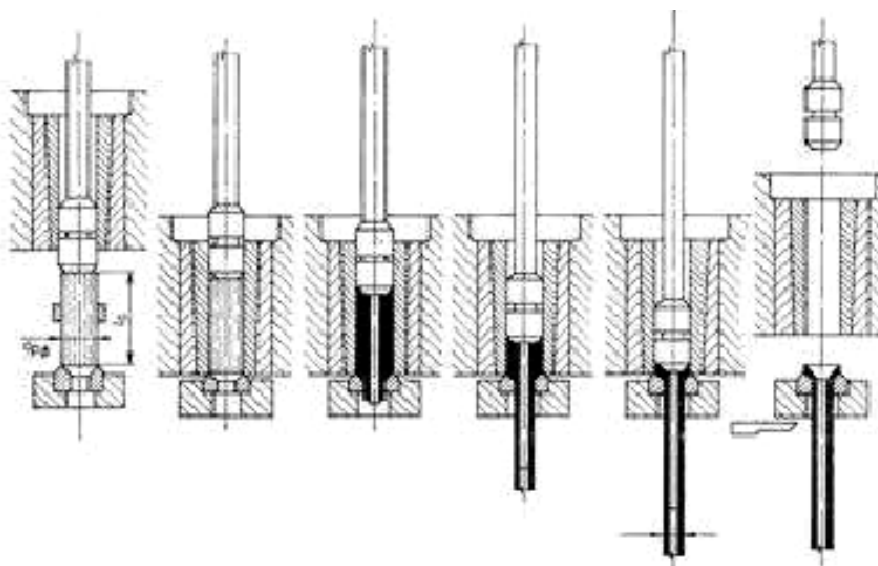
Obr. 18 Radiální protlačování [2]

a – tlačné čelisti, b – výchozí materiál, c – tvářený profil, d, e, f, g – tvary radiálně tvářených profilů

4.1.5. Speciální způsoby protlačování [2], [10]

a) protlačování trubek

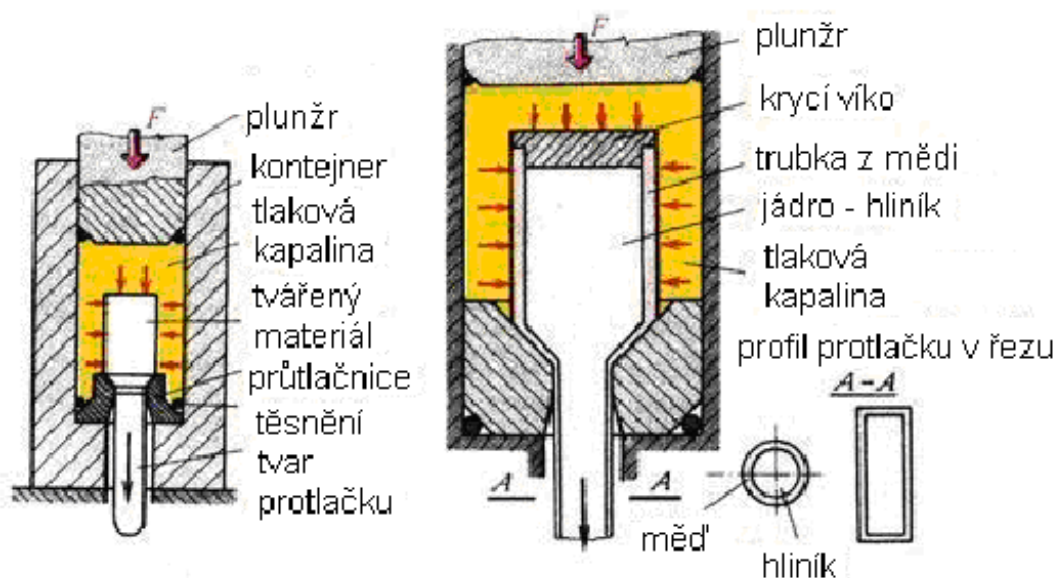
Výchozím materiálem pro výrobu trubek jsou špalky potřebné délky. U tohoto způsobu tváření je velký stupeň deformace. Součinitel prodloužení je 8-25. Například uvedeme polotovár o průměru 200mm a délce 700mm, touto technologií lze vyrobít trubku o délce 6-18m. Na obrázku č. 19 je znázorněn postup výroby.



Obr. 19 Technologie protlačování trubek [3]

b) hydrostatické protlačování [2]

Hydrostatické protlačování má značné přednosti oproti konvenčnímu protlačování. Zkouškami bylo zjištěno, že protlačovací síla je u oceli o 40%, u hliníku o 20% a u mědi o 8% menší. Další výhodou je přenos protlačovací síly tlakovou kapalinou. Jelikož i výchozí materiál je obklopen kapalinou, tření mezi zápustkou a ním je velmi malé. Ukázka výrobků je na obr. č. 21 a technologie je popsána na obr. č. 20.



Obr. 20 Hydrostatické protlačování [5]



Obr. 21 Výrobky zhotovené hydrostatickým protlačováním [19]

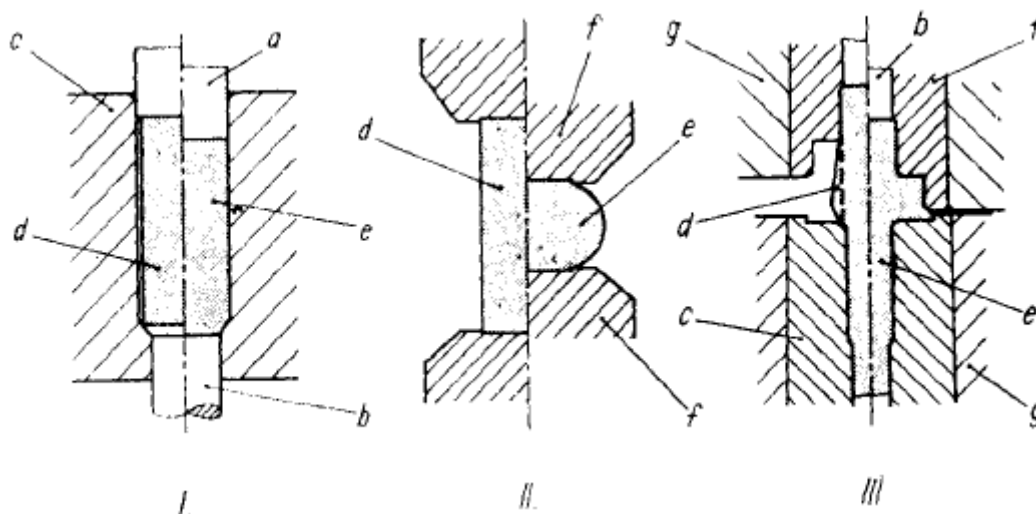
4.2. Pěchování [2], [4], [5]

Je to základní tvářecí operace, která se zakládá na stlačování výchozího polotovaru za účelem získání průřezů více či méně složitých tvarů. Materiál je tvářen pod buchary nebo lisu. Nástroje se nazývají kovádla, pěchovadla, můžou být ploché, tvarové nebo i s dutinami.

Nejvíce se tohoto způsobu využívá pro výrobu normalizovaných výrobků. Často je součástí komplexní technologické operace, ale může být realizována i samostatně např. pěchování hlav šroubů, nýtů a hřebíků. Na obr. č.22 je znázorněna technologie pěchování. Na obr. č. 23 je ukázka toho, jaká může být limitní délka při volném kování, příklady výrobků jsou pak na obr. č. 24.

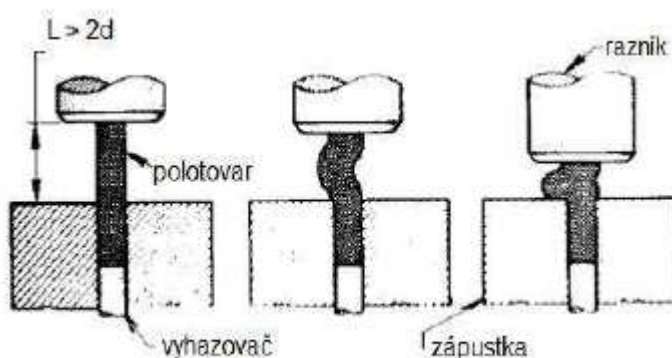
U výroby složitějších součástí se setkáváme s:

1. Kalibrační výchozího špalíku za účelem zarovnání čel deformovaných při stříhu (obr.160 I)
2. Přípravnou tvářecí operací, u které se tvar i rozměr výchozího polotovaru přizpůsobí pro další tvářecí operace (obr.160 II)
3. Víceoperačním tvářením - samostatné nebo sloučené tvářecí operace (obr.160 III)



Obr.22 Pěchování [2]

a – průtláčnick, b – vyhazovač, c – průtláčnice, d – polotovar, e – výlisek, f – lisovník, g – objímka



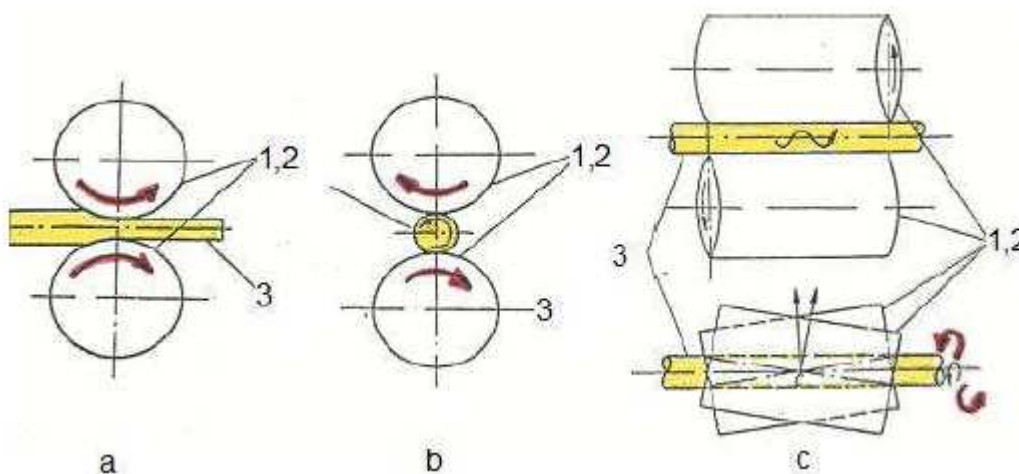
Obr. 23 Limitní délka polotovaru u volného kování [10]



Obr. 24 Výrobky zhotovené pěchováním [20]

4.3. Válcování [4], [5]

Princip válcování je kontinuální. Tvářený materiál se nám deformuje mezi otáčejícími se válci za podmínek převažujícího všestranného tlaku. Válcování může probíhat při libovolných teplotách, tedy za tepla, poloohřevu i za studena. Z předvalků se válcováním vyrábí konečné výrobky-vývalky (tyče, plechy, pásy, trubky, kolejnice), které slouží jako polotovary pro další tvářecí operace, kde mohou být následně zpracovávány. Dochází k deformaci materiálu, výška se snižuje, materiál se rozšiřuje a natahuje. Tím se mění rychlost, jakou válcovaný materiál vychází z válcovací stolice. Podle průběhu deformace dělíme válcování na podélné, příčné a kosé. Tyto typy jsou znázorněny na obr. č. 25.



Obr. 25 Válcování [5]

a) – podélné, b) – příčné, c) – kosé; 1,2 – pracovní válce, 3 - materiál

4.3.1. Výroba polotovarů válcováním

Rozdělení základních profilů:

- Válcování drátů
- Válcování plechů
- Válcování profilů
- Válcování kotoučů a kroužků

1) Válcování drátů

Tato technologie probíhá na speciálních tratích, které jsou nepřetržité, kontinuální.

2) Válcování plechů

Plech se válcují z plochých předvalků na válcovacích stolicích s hladkými válci. Používá se pro výrobu plechů s hladkým povrchem a velkou přesností. Limitní hranice tloušťky plechu jsou 4mm. Prvně se plech válcuje napříč z důvodu dosažení požadované šířky. Poté se plech otočí o 90° a válcuje podélně, tím dosáhneme stejnoměrné tloušťky a rovnoměrnějších vlastností materiálu.

3) Válcování profilů

Tato operace probíhá na profilových válcovacích stolicích. Zpracovávaný materiál prochází kalibry, které se postupně zmenšují, až na požadovaný tvar profilu. Tyto výrobky mohou být tyče různých profilů jako L, I, U, T, dále pak tyče kruhového, šestihranného, čtyřhranného průřezu. Ukázky některých profilů jsou na obr. č. 26.



Obr. 26 Profily a tyče [7]

4) Válcování kotoučů a kroužků

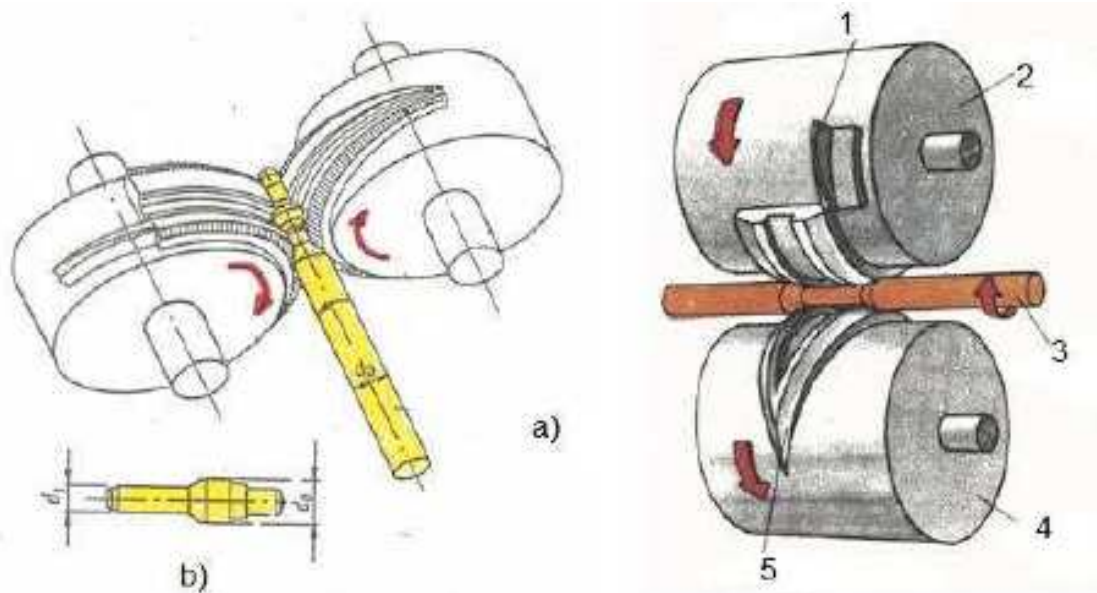
Zhotovení těchto polotovarů probíhá na speciálních jednoúčelových válcovacích strojích. Výroba probíhá zpravidla mezi dvěma kuželovými nebo kruhovými válci, díky kterým se upravují protilehlé plochy průřezů. Tvary těchto válců jsou nadefinované podle konečného profilu výrobků. Dojde ke zhutnění materiálu, aniž by se porušila vláknitá textura.

Při průběhu válcování se mění vzdálenost trnů a zmenšuje se profil kroužků, průměr se zvětšuje.

4.3.2. Speciální způsoby válcování [17]

a) Příčné klínové válcování

Někdy je též nazývané jako Holubova metoda. Své použití uplatňuje zejména pro výrobu vývalek, předkovků, ale i pro výrobu rotačních polotovarů v konečné kvalitě (např. osky šlapak jízdních kol). Na obr. č. 27 můžeme vidět princip válcování a samotný hotový vývalek.

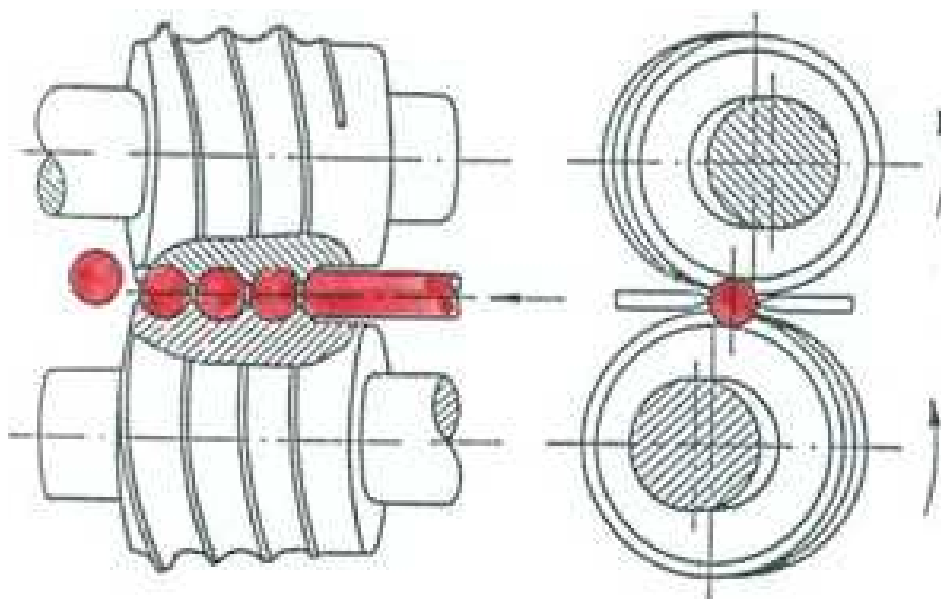


Obr. 27 Příčné klínové válcování [5]

a)-princip, b)-vývalek, 1-ostříhovací nůž, 2-válec, 3-materiál, 4-válec, 5-tvářecí segmenty

b) Válcování kuličkových polotovarů

Tímto způsobem se vyrábí kuličkové předvalky, které jsou určeny pro další výrobu kuliček do kuličkových ložisek. Dochází ke značnému zpevnění materiálu a k jeho pěchování. Díky tváření za studena je přesnost kuliček velmi vysoká. Probíhá kosým válcováním válci se šroubovitým profilem z dlouhé tyče.



Obr. 28 Válcování kuličkových polotovarů [5]

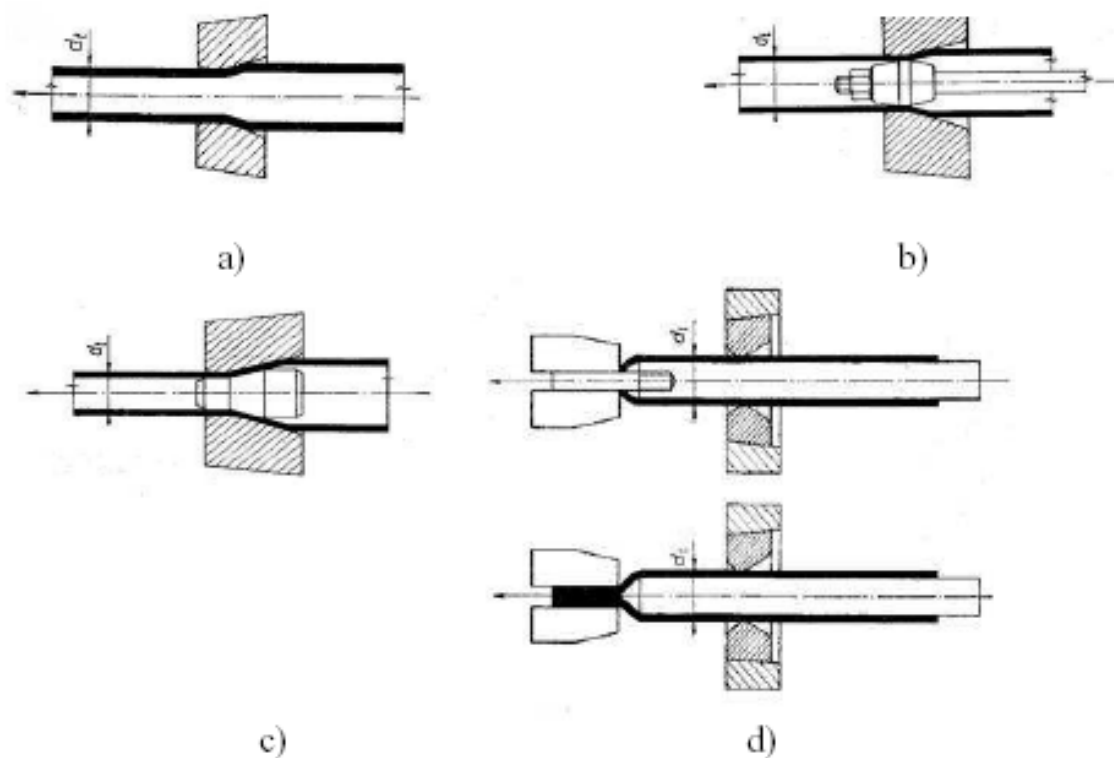
4.4. Tažení drátů a profilů [5], [10]

Tažením máme na mysli protahování polotovaru otvorem průvlastku, při kterém se nám zvětšuje délka a zmenšuje příčný průřez. Takto zhotovené výrobky mají lepší jakost povrchu a mechanické vlastnosti. Dosahuje se taktéž přesných tvarů i rozměrů. Pokud se vyčerpá plasticita materiálu, musí se provést mezioperační žíhání.

Důležitá podmínka je nutnost mazání, abychom snížili vnitřní pnutí. Některé požadavky na mazivo jsou: musí snižovat součinitel tření, odvádět teplo a oddělovat polotovar a průvlastek.

Technologie tažení je nákladnější než válcování. Snažíme se tedy o co nejmenší počet tahů. Kovově lesklého povrchu dosáhneme minimálním celkovým plošným úběrem 50%, což není možné udělat v jediném tahu.

Základní způsoby tažení trubek jsou na obrázku č. 29 a na obr. č 30 můžeme vidět dráty zhotovené tažením.



Obr. 29 Základní způsoby tažení trubek [5]

a)-průvlastčné tažení, b)-tažení na uchyceném trnu, c)-tažení na volném trnu, d)-tažení na tyči



Obr. 30 Hliníkové dráty tažené za studena [13]

5. NEKONVENČNÍ METODY TVÁŘENÍ KOVŮ [5], [17]

Mezi tyto metody patří technologie, které se odlišují buď rychlostí tváření (např. tváření výbuchem, stříhání se zvýšenou rychlostí), všestranným působením tlaku na polotovary (např. vícecestné kování), nebo je to kombinace způsobů (např. termální tváření) a jiné.

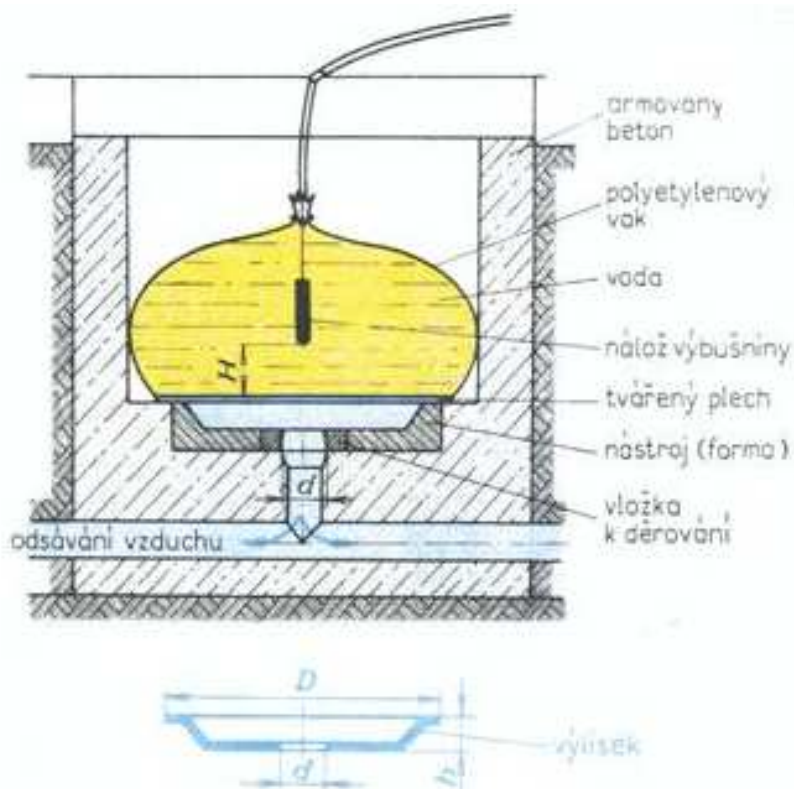
5.1. Tváření výbuchem

U konvenčního tváření je rychlost lisu $10\text{--}30\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, podstatou této metody je nahrazení síly a rychlosti beranu na materiál účinkem tlaku vyvolaného explozí. Rychlost tohoto způsobu je 8-10x větší.

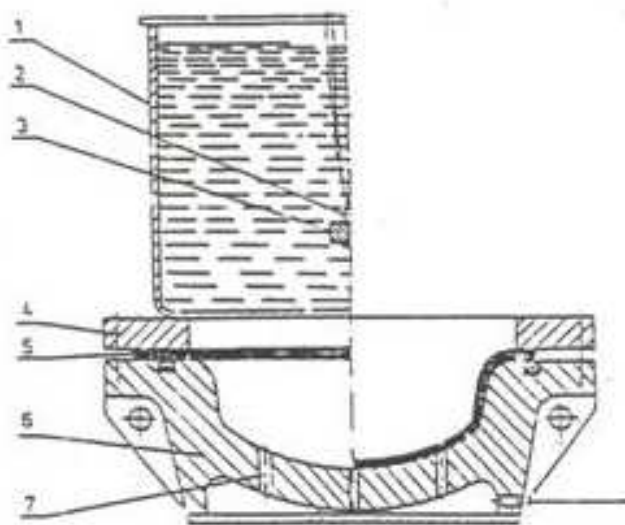
Velikost účinku závisí na množství výbušniny a na hustotě media, kterým je tlaková vlna přenášena. Ta může působit přímo na materiál nebo nepřímo přes medium. Nejčastěji je používán písek, voda, vzduch nebo hlína. Tlaky dosahují hodnot kolem $10\,000\text{ MPa}$ a teploty kolem 1000 K .

Velikosti výlisků nejsou teoreticky omezeny, ani použitelnost různých materiálů. Výhodou je možnost použití materiálů, které se tvářejí velmi obtížně. Tvary výlisku jsou přesné a díky velké rychlosti a působícím silám zpětné odpružení je téměř nulové.

Na obr. č. 31 můžeme vidět princip tváření výbuchem a na obr. č. 32 jednoduché tažení na jednu operaci. Výrobek zhotoven touto technologií můžeme vidět na obr. č. 33.



Obr.31 Tváření výbuchem [5]



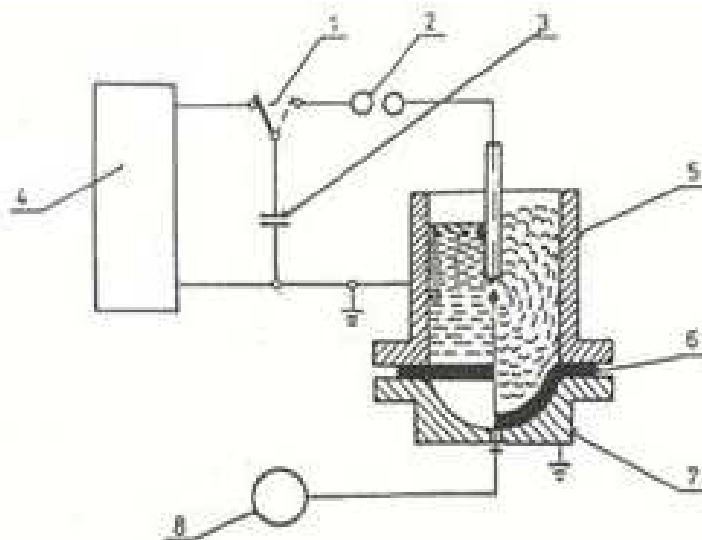
Obr.32 Jednoduché tažení na jednu operaci [5]
1-nádoba, 2-rozbuška, 3-nálož, 4-přidržovač, 5-plech, 6-lisovnice, 7-výfuky



Obr.33 Příklad nádrže $D = 4\text{ m}$ tvářené výbuchem bez zápustky [13]

5.2. Elektro-hydraulické tváření

V největší míře se tohoto způsobu využívá při tažení výlisků z plechu. Princip této technologie spočívá v elektrickém výboji v kapalinách mezi elektrodami, které mají regulovatelnou vzdálenost. Dojde k přeměně elektrické energie na tlak, záření a teplo. Vznik rázové vlny v kapalině pak následně tváří materiál.



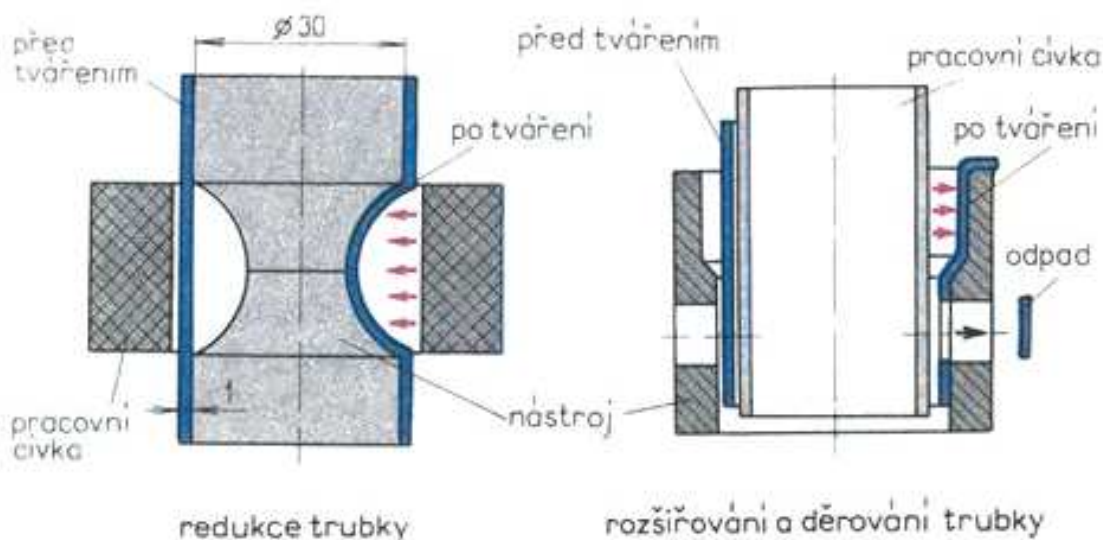
Obr.34 Schéma elektro-hydraulického tváření [5]

1-přepínač, 2-jiskřiště, 3-kondenzátory, 4-napájení, 5-přidržovač, 6-plech, 7-lisovnice, 8-vakuové čerpadlo

5.3. Elektro-magnetické tváření

U této metody vzniká opět tlakový účinek od silného magnetického pole na elektricky vodivé kovy. Využívá odpudivých účinků dvou nesouhlasných magnetických polí v cívice a v tvářeném materiálu, u něhož je podmínka dobrá elektrická vodivost. Při rychlém vybití proudu v cívice se indukuje proud opačného smyslu v tvářeném materiálu a tím i opačné magnetické pole.

Energie tváření se dá přesně nastavit a ovládat. Výrobky zhotovené touto technologií vidíme na obr. č. 36.



Obr.35 Princip elektro-magnetického tváření [5]



Obr.36 Výrobky elektro-magnetického tváření [21]

6. PŘEHLED VYBRANÝCH FIREM ZABÝVAJÍCÍ SE TVÁŘENÍM ZA STUDENA

Alupa s.r.o. [13] společnost, která je zaměřena na výrobky z hliníku a jeho slitin. Byla založena v roce 1992 a její sídlo je v Pardubicích. Výroba hliníkových profilů se provádí metodou průtlačného lisování. Na obr. č. 37 jsou ukázky takto zhotovených profilů.



Obr.37 Profily z hliníku a jeho slitin [13]

Založení firmy **J-VST, s.r.o.** [11] se uskutečnilo v roce 1999. Tato firma se specializuje na výrobu součástí tvářením. Nejprve začala kooperačně dokončovat operace na výliscích a předvalcích. Postupně byla rozšířena o vlastní výrobu zámkových třmenů pro automobily Škoda a VW. Dále se specializovala na výrobu náhradních šroubů kol automobilů Liaz, Tatra a dalších součástí pro automobilový průmysl. Na obr. č. 38 vidíme některé dílce vyrobené tvářením za studena.



Obr.38 Zleva výroba pastorku, výroba pedálové osky [11]

Lagus s.r.o. [12] je ryze česká společnost se sídlem v Jihlavě. Působí na trzích ČR, Slovenska, Německa, Itálie, Francie, Ruska a USA. Dodává speciální spojovací součásti dle norem DIN a ISO, výrobky tvářené za studena a soustružené či frézované díly. Její produkty se uplatňují především v automobilovém průmyslu. Ukázka výrobků je na obrázku č. 39.



Obr.39 Součástky pro automobilový průmysl [12]

Firma OLZA, spol. s.r.o. [14] byla založena v roce 1994 na Jablůnkovsku. Nabízí komplexní služby v oblasti tváření za studena, zabývá se výrobou speciálních nástrojů pro lisování plechu a objemového tváření hliníku. Tato firma si získala dobré jméno na zahraničním trhu v oblasti lisování pro elektrotechnický a automobilový průmysl. Ukázka výrobků je na obrázku č. 40.



Obr.40 Kryt elektromotoru [14]

7. ZÁVĚR

Jelikož je tváření za studena velice rozsáhlá oblast, tak jsem se v této práci snažil nastínit některé základní typy technologií z oblasti objemového i plošného tváření. Principy těchto technologií se výrazně nemění už řadu let, vyvíjejí se pouze nové automatizované linky a lepší materiály nástrojů a přípravků. Snaha je vyřadit lidský faktor a tím odstranit chyby ve výrobě.

Jsou zde pro zajímavost uvedeny některé nekonvenční způsoby, které jsou stále ve vývoji a v následující době budou zajisté patřit k nenahraditelným způsobům tváření materiálu.

Tváření za studena plní v současnosti svou nezastupitelnou úlohu hlavně pro výrobu normovaných součástí, které se vyrábějí ve velkých sériích a hromadné výrobě. Tímto způsobem se eliminují vysoké náklady na vývoj, tvářecí stroje, nástroje a přípravky. Dochází tak k velké ekonomičnosti výroby. Své uplatnění nachází ve veškerých odvětvích průmyslu, kde jsou kladeny velké nároky na přesnost, pevnost a dobré mechanické vlastnosti vyrobených součástí.

V dnešní době, kdy cena materiálu stále stoupá s úbytkem surovin, posouvá do popředí tváření právě ta vlastnost, že oproti obrábění je velká úspora materiálu. Z toho důvodu se u nás i ve světě tímto oborem zabývá značná část firem. Ty disponují různými certifikáty a svými know-how.

S postupem času se hodně firem snaží nesoustředit se pouze na tváření, ale má k dispozici i strojní vybavení pro obrábění. Kombinací obou technologií, dokáží co nejflexibilněji reagovat na požadavky trhu a zákazníků, což je díky velké konkurenci velmi důležité.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] DVOŘÁK, Milan; MAREČKOVÁ, Michaela. Technologie tváření [online]. Brno : VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství , 2006 [cit. 2010-05-25]. Dostupné z WWW:
<http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/opory_soubory/technologie_tvareni/index.htm>.
- [2] KAREL, Babor; AUGUSTIN, Cvilinek; FIALA, Jan. *Objemové tváření ocelí*. Praha : Nakladatelství technické literatury SNTL, 1967. 332 s. DT621.77.
- [3] FOREJT, Milan. *Teorie tváření a nástroje*. Brno : Nakladatelství VUT, 1991. 179 s. ISBN 80-214-0294-6.
- [4] DVOŘÁK, Milan; GAJDOŠ, František; NOVOTNÝ, Karel . *Technologie tváření-plošné a objemové tváření*. Brno : Akademické nakladatelství CERM s.r.o., 2007. 169 s. ISBN 978-80-214-3425-7.
- [5] LENFELD, Petr. *Technologie II* [online]. Liberec : Technická univerzita v Liberci. Katedra strojírenské technologie, oddělení tváření kovu a plastu, 2005 [cit. 2010-04-17]. Dostupné z WWW:
<http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/index.htm>.
- [6] *Obrázky výstřižku a ohybku* [online]. 2006 [cit. 2010-04-02]. Denip-přesné zpracování plechů. Dostupné z WWW: <<http://www.denip.cz/img/uvod2.png>>.
- [7] *Obrázky profilů* [online]. 2007 [cit. 2010-02-08]. RTStel s.r.o. Dostupné z WWW: <<http://www.rtsteel.cz/sortiment.php>>.
- [8] *Obrázek součástí vyrobených objemovým tvářením* [online]. 2008 [cit. 2010-03-07]. MN Kaltform. Dostupné z WWW: <http://www.mn-kaltform.de/fileadmin/templates/images/produkte/was_ist_kaltformen_big.jpg>.
- [9] *Společnost* [online]. 2008 [cit. 2010-03-03]. HBI Česká Republika. Dostupné z WWW: <<http://www.hbi.cz/>>.
- [10] PETRUŽELKA, Jiří ; BŘEZINA, Richard. *Úvod do tváření I* [online]. Ostrava : Vysoká škola Bánská, 2001 [cit. 2010-03-10]. Dostupné z WWW:
<http://www.345.vsb.cz/jiripetruselka/Texty/Uvod_TV1.pdf>.
- [11] *Společnost* [online]. 2001 [cit. 2010-05-26]. J-VST s.r.o. Dostupné z WWW:
<<http://www.jvst.wz.cz/>>.
- [12] *Společnost* [online]. 2009 [cit. 2010-04-12]. Lagus. Dostupné z WWW:
<<http://www.lagus.cz/>>.
- [13] *Společnost* [online]. 2010 [cit. 2010-04-29]. Alupa Pardubice. Dostupné z WWW:
<<http://www.alupa.cz/>>.

- [14] *Společnost* [online]. 1999 [cit. 2010-03-11]. OLZA, spol. s.r.o. Dostupné z WWW: <<http://www.eolza.cz/index.php?site=technologie&subsite=auto>>.
- [15] *Obrázek výrobků zhotovených kovotlačením* [online]. 2008 [cit. 2010-04-01]. Databáze firem. Dostupné z WWW: <<http://www.edb.cz/grmat/obr/O5303120089000-1.JPG>>.
- [16] *Obrázek výtažků* [online]. 2009 [cit. 2010-02-09]. TPL-tváření, lisování, simulace. Dostupné z WWW: <<http://www.tpl.cz/+image/img/172v.JPG/>>.
- [17] PETRUŽELKA, Jiří. *Nekonvenční metody tváření* [online]. Ostrava : Vysoká škola Bánská, 2007 [cit. 2010-03-20]. Dostupné z WWW: <<http://www.345.vsb.cz/jiripetruselka/Texty/Nekonvencni metody tvareni 2007.pdf>>.
- [18] *Obrázek protlačků* [online]. 2000 [cit. 2010-04-07]. Cold heading wires and cold extrusion wires. Dostupné z WWW: <<http://www.drahtwerk-luisenthal.de/kaltstauchdrhte.html?&L=2>>.
- [19] *Obrázek výrobků hydrostaticky protlačovaných* [online]. 2003 [cit. 2010-04-10]. Professionals in hydrostatic extrusion technology. Dostupné z WWW: <<http://www.hydrexmaterials.com/images/fotoAluminiumBuizen.jpg>>.
- [20] *Obrázek výrobků zhotovených pýchováním* [online]. 2001 [cit. 2010-03-12]. МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ. Dostupné z WWW: <<http://www.minprom.gov.by/images/products/1783.jpg>>.
- [21] *Obrázek výrobků elektromagneticky tvářených* [online]. 2000 [cit. 2010-04-26]. Flow forming plus. Dostupné z WWW: <<http://www.pmfind.com/images5/flowformedparts.jpg>>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Označení	Jednotka	Legenda
L	[mm]	Délka
R	[mm]	Poloměr
t	[mm]	Tloušťka
t_0	[mm]	Počáteční tloušťka
t_1	[mm]	Konečná tloušťka
D_0	[mm]	Počáteční průměr
σ_t	[MPa]	Napětí v tahu
σ_d	[MPa]	Napětí v tlaku