



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

VÝROBA HUTNÍCH POLOTOVARŮ

MANUFACTURING OF SEMIFINISHED PRODUCTS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Adam Janáček

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Kamil Podaný, Ph.D.

BRNO 2016

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav strojírenské technologie
Student:	Adam Janáček
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce:	Ing. Kamil Podaný, Ph.D.
Akademický rok:	2015/16

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:

Výroba hutních polotovarů

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Jedná se o zpracování literární studie technologií zhotovování hutních polotovarů - plechů, tyčí, trubek, profilů. Rešerše bude obsahovat základní rozdělení metod, principy, výhody a nevýhody.

Cíle bakalářské práce:

- provést průzkum v oblasti výroby hutních polotovarů
- popsat principy
- zhodnotit využitelnost a problémy
- práci doplnit obrázky, vlastními úvahami a závěry

Seznam literatury:

HOSFORD, William F. and Robert M. CADDEL. Metal Forming: Mechanics and Metalurgy. 3th ed. New York: Cambridge University Press, (2007). 365 s. ISBN 978-0-521-88121-0.

SAMEK, Radko, Eva ŠMEHLÍKOVÁ a Zdeněk LIDMILA. Speciální technologie tváření. vydání 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, (2010-2011), 2 sv. (134, 155 s.). ISBN 978-80-214-4406-52.

LIDMILA, Zdeněk. Teorie a technologie tváření. Brno: RVO VA, (1994). 214 s.

SCHULER GMBH. Handbuch der Umformtechnik. Berlin Heidelberg: Springer, (1996), 565 s. ISBN 35-406-1099-5.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

JANÁČEK Adam: Výroba hutných polotovarov

Práca sa zaoberá výrobou hutných polotovarov, a to hlavne metódami tvárnenia a zvárania a popisuje princípy jednotlivých metód a ich obmedzenia. Výroba tvárnením sa dá rozdeliť na valcovanie, ťahanie a pretlačovanie. Valcovaním sa vyrábajú takmer všetky typy polotovarov. Ťahaním sa produkujú hlavne tyče, drôty a trubky. Pretlačovaním sa vyrábajú tyče alebo trubky. Zváranie sa používa na výrobu švových trubiek.

Kľúčová slova: tvárnenie, valcovanie, ťahanie, tlačenie, zváranie, hutné polotvary

ABSTRACT

JANÁČEK Adam: Manufacturing of semifinished products.

This thesis deals with manufacturing of semi-finished products specifically with methods of metal forming and welding and describes their principles and limits. Almost every types of semi-finished products are manufactured by rolling. Drawing is method for manufacturing rods, wires and tubes. Rods and tubes are produced by extruding. Welding is used as manufacturing method for tubes with seam.

Keywords: forming, rolling, drawing, extruding, welding, semi-finished products

BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIA

JANÁČEK, Adam. *Výroba hutních polotovárů*. Brno, 2015. 31s, CD. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie tváření kovů a plastů. Vedoucí práce Ing. Kamil Podaný, PhD.

ČESTNÉ PREHLÁSENIE

Týmto prehlasujem, že predkladanú bakalársku prácu som vypracoval samostatne, s využitím uvedenej literatúry a podkladov, na základe konzultácií a pod vedením vedúceho bakalárskej práce.

V dne 27.5.2016

.....
Podpis

POĎAKOVANIE

Týmto ďakujem pánovi Ing. Kamilovi Podanému, Ph.D. za cenné pripomienky a rady týkajúce sa spracovania bakalárskej práce a taktiež mojej rodine za podporu pri štúdiu.

OBSAH

Zadanie

Abstrakt

Bibliografická citácia

Čestné prehlásenie

PodĎakovanie

Obsah

ÚVOD	9
1 HUTNÉ POLOTOVARY	10
2 VALCOVANIE	11
2.1 Pozdĺžne	12
2.2 Priečne	17
2.3 Kosé	18
3 ŤAHANIE	20
4 PRETLAČOVANIE	23
5 ZVÁRANIE	25
6 ZÁVERY	27

Zoznam použitých zdrojov

Zoznam obrázkov

ÚVOD [8], [18], [19], [46], [50], [65], [66]

Výroba hutných polotovarov je dôležitá súčasť strojárkej výroby, keďže sa používajú ako východiskový materiál v množstve ďalších výrobných technológiách. Hutné polotovary sa dajú rozdeliť na nenormalizované a normalizované. Nenormalizované sa vyrábajú za účelom ďalšieho spracúvania napr. kovaním alebo trieskovým obrábaním. Normalizované polotovary sa obvykle spracúvajú objemovým tvárnením či už za tepla alebo za studena. Z týchto je to vo veľkej miere valcovanie, ale aj ťahanie a pretlačovanie.

Použitie hutných polotovarov je široké, ale najväčšie uplatnenie majú v strojárskom, stavebníckom, automobilovom, či leteckom priemysle, kde sa ďalej spracúvajú rôznymi spôsobmi. Niektoré príklady využitia hutných polotovarov sú uvedené na obr. 1.

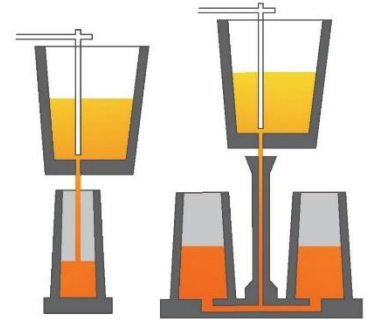


Obr. 1 Príklady využitia hutných polotovarov [8], [18], [19], [43], [59]

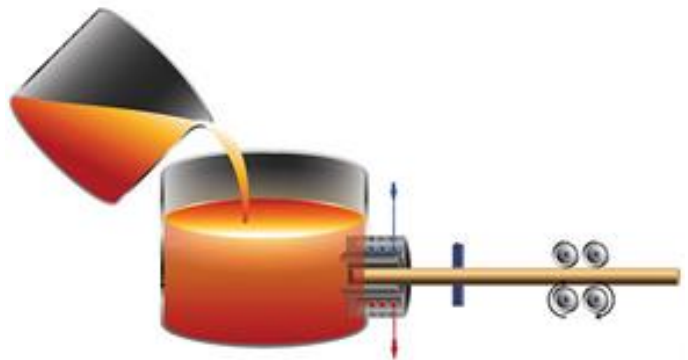
1 HUTNÉ POLOTOVARY [33], [45], [46]

Pri výrobe polotovarov sú východiskové polotovary ingoty, ktoré môžu byť rozmanitých prierezov a dĺžok s hmotnosťami stoviek kilogramov až stoviek ton. Vstupnou surovinou je pri výrobe ingotov roztavená oceľ. Samotná výroba ingotov sa môže rozdeliť na odlievanie:

- Do kokíl - sa odlievajú buď polotovary určené na výrobu výkovkov vysokej hmotnosti, alebo nízkouhlíkové, vysokolegované ocele, ktoré sa vyrábajú len v malých tonážach (obr. 2).
- Kontinuálne - proces postupného prechádzania materiálu v tekutom stave cez tzv. kryštalizátor, kde dochádza ku kryštalizácii a tuhnutiu vrstvy kovu, ktorá je plynule vyťahovaná. Po vytuhnutí vrstvy na dostatočnej dĺžke je táto vrstva plynule vyťahovaná von a k ďalšiemu tuhnutiu už dochádza na voľnom priestore. Toto odlievanie môže byť rozdelené podľa smeru postupu materiálu pri tuhnutí na vertikálne alebo horizontálne (obr. 3). Nevýhodou zariadenia zvislého odlievania je, že jeho výška prispieva ku zníženiu bezpečnosti prevádzky, preto sa najčastejšie používa tretí typ; vertikálne zariadenie s ohybom, ktoré postupne prechodom medzi valcami ohýba už na povrchu stuhnutý polotovar a je takto možné vyrobiť ľubovoľne dlhé bloky, sochory alebo bramy.

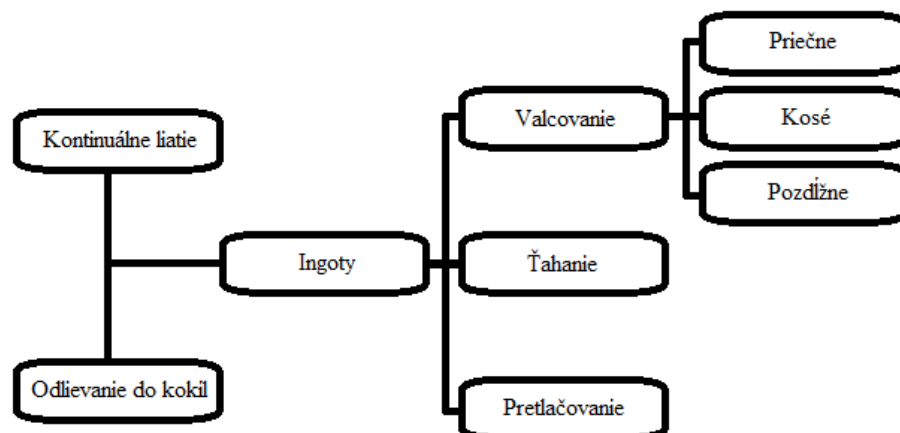


Obr. 2 Plnenie kokíl [53]



Obr. 3 Horizontálne kontinuálne odlievanie [20]

Tieto sa ďalej spracúvajú najčastejšie tvárnením na rôzne normalizované polotovary valcovaním a jeho variantami, ťahaním alebo pretlačovaním (obr. 4). Špeciálny spôsob výroby dutých hutných polotovarov je profilovanie a následné zváranie.



Obr. 4 Schéma výroby hutných polotovarov

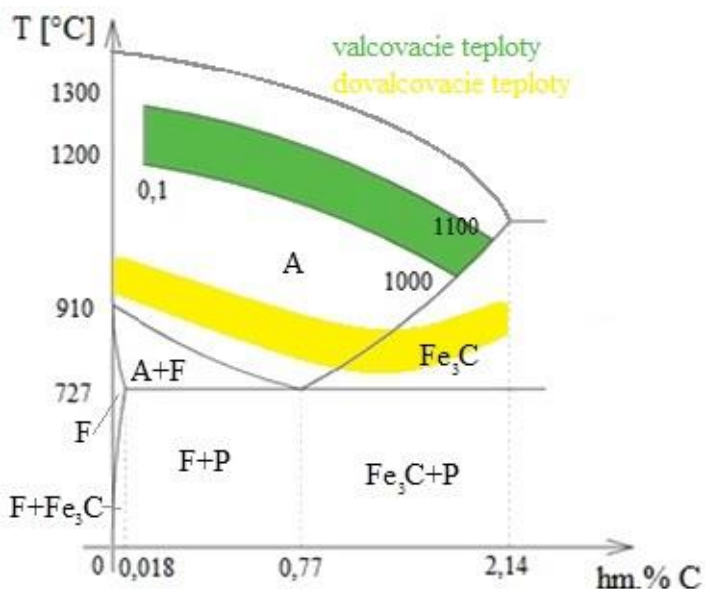
2 VALCOVANIE [25], [29], [33], [39], [45], [46], [50], [65], [66]

Technológia valcovania je zaradená do objemového tvárnenia a spracúva sa ňou 80-85% vyrábanej ocele. Princíp tejto metódy je vyvolať v materiáli trojosovú napätosť medzi dvoma alebo viacerými valcami. Pri valcovaní, takisto ako pri každom objemovom tvárnení, sa predpokladá platnosť zákona zachovania stáleho objemu:

$$V_0 = V = konst. \quad (2.1)$$

Podľa teploty spracúvania ingotov sa delí na:

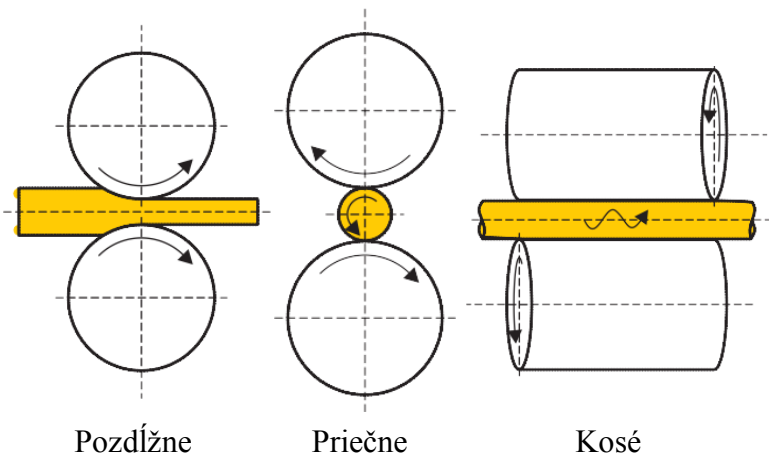
- za studena - používa sa väčšinou pre výrobu tenkých plechov, ale najmä kovových fólií kvôli potrebe vynaložiť vyššiu silu pri väčších dieloch
- za tepla - valcovanie ostatných polotovarov s vyššou efektívnosťou, keďže pri zvýšenej teplote a tlaku dochádza ku rekryštalizácii. Prebieha pri valcovacích teplotách uvedených na obrázku č.5.



Obr. 5 Teploty valcovania za tepla

Valcovaním nemožno vytvoriť hotový polotovar na jeden prechod medzi valcami, valcovanie sa dá teda rozdeliť aj na výrobu predvalkov a hotových dielov (tzv. vývalky). Ďalej môže byť rozdelené podľa vzájomnej polohy valcov a tvárneného materiálu (obr. 6) na:

- Pozdĺžne, ktoré sa prednostne využíva na výrobu dlhých vývalkov (plechy, tyče).
- Priechne, ktoré tvárni materiál najčastejšie do kruhového prierezu, je teda vhodne používané ako metóda výroby hriadeľov, ale aj s tvarovými valcami napr. na výrobu závitov.
- Kosé valcovanie spočíva vo vyosení valcov medzi sebou, čo má za následok



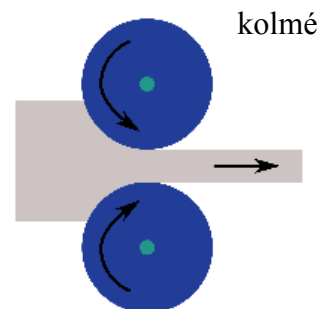
Obr. 6 Typy valcovania [50]

nielen posuv materiálu ale aj jeho vlastnú rotáciu. Toto valcovanie sa najčastejšie používa na valcovanie bezšvíkových trubiek.

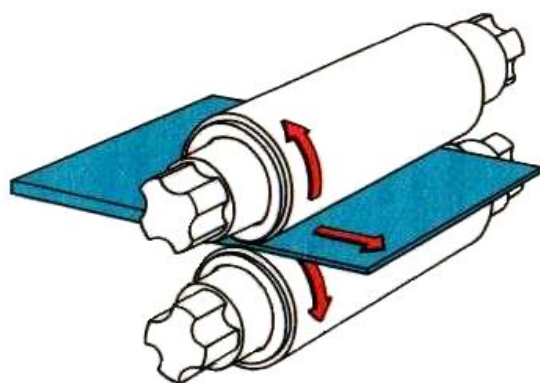
2.1 Pozdĺžne [3], [12], [13], [35], [38], [41], [44], [45], [46], [50], [51], [62]

Pri tomto type sú osi valcov medzi sebou rovnobežné a zároveň na os materiálu (obr. 7). Viacnásobným prechodom medzi valcami môže byť vyrobená široká škála normalizovaných hutných polotovarov:

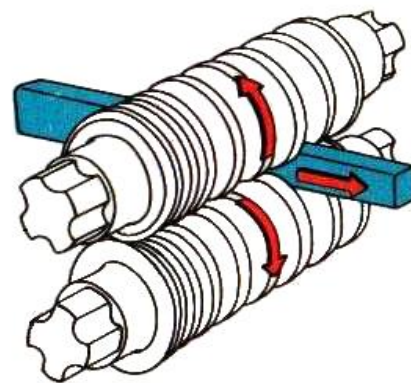
- Tyče - bývajú rôznych prierezov, z čoho najčastejšie sú kruhové, štvorhranné, šesťhranné, ploché, tyče s prierezom v tvare I, T, L, U, ale aj napr. tyče určené pre výrobu pier alebo klinov. Tieto sa vyrábajú buď postupne na valcovacích tratiach alebo na tzv. profilových valcovacích stoliciach s kalibrovanými valcami (obr. 8b), na ktorých sa postupným prechádzaním medzerami medzi kalibrmi tvárni materiál. Posledný kaliber má tvar konečného prierezu polotovaru.



Obr. 7 Pozdĺžne valcovanie [26]



a)



b)



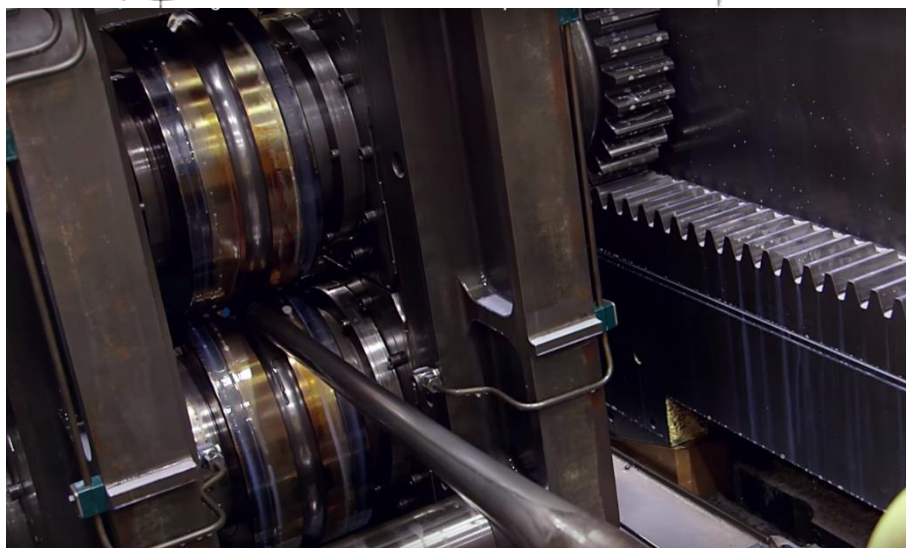
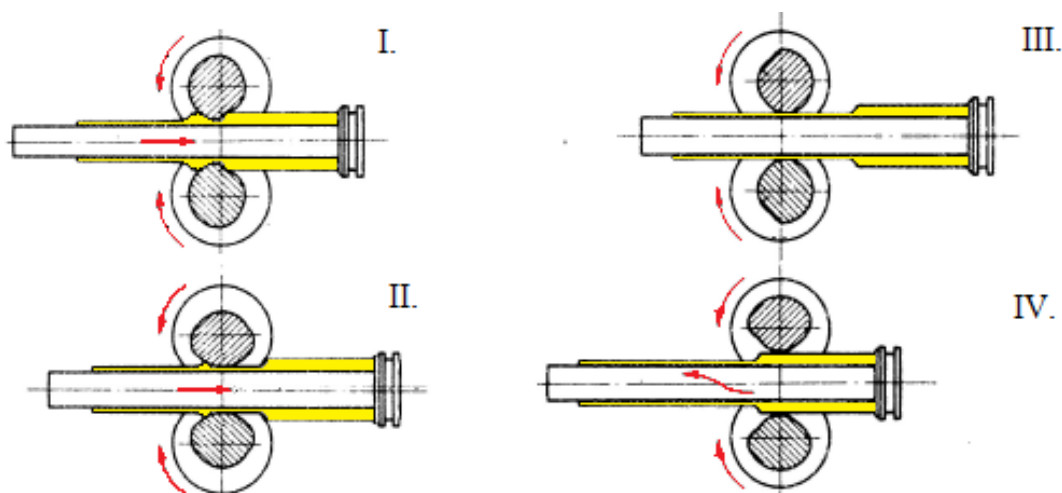
Obr. 8 Valcovanie plechov a tyčí [8], [50]

- Plechy - valcujú sa na valcovacích stoliciach s hladkými valcami (obr. 8a), a to tak, že sa najskôr valcujú v priečnom smere, aby sa dosiahlo potrebnej šírky plechov a až potom v smere pozdĺžnom, tak sa dosahuje vyššej rovnomernosti hrúbky a vlastností materiálu. Pri požiadavke veľkej presnosti a lepšej kvality povrchu sa tieto plechy dokončujú za studena, kedy polotovary sú vývalky tvárnené za tepla. Tenké plechy a fólie sa obvykle tiež valcujú za studena a za účelom zvýšenia produktivity sa používa metóda prekladania materiálu po jennom priechode valcami, nie je teda nutné prestavovať vzdialenosť medzi valcami jednotlivkej stolice. Valcované plechy za studena vyrába napr. firma FERONA Slovakia, a.s., ktorá má tieto v ponuke od hrúbky 0,4 do 3 mm

- Pásy - valcujú sa podobne ako plechy, ale dodávajú sa vo zvitkoch (obr. 9). Výhodou týchto polotovarov je ich dobrá skladnosť, za nevýhodu možno považovať nutnosť rovnacieho zariadenia pre ďalšie spracovanie týchto polotovarov.
- Drôty - nad 5 mm sa vyrábajú valcovaním, a to kontinuálne. Výrobou valcovaných drôtov za tepla sa zaoberá napr. ArcelorMittal Ostrava a.s. o priemeru 5,5÷14 mm alebo firma Raven a.s. s priemerom 5,5÷12 mm
- Trubky - pozdĺžne valcovanie sa môže používať na dokončovanie trubiek:
 - Pútnické stolice - kedy sa špeciálne tvarovanými valcami tvaruje postupne trubka na trni, vždy po jednej otáčke valcov sa tvárnený polotovar otočí o 90° a spätným pohybom trňa sa posunie tak, aby mohla byť spracovaná celá jeho časť. Schéma valcovania materiálu a obrázok pútnickej stolice je na obr. 10. Dokončovanie trubiek pútnickou stolicou robia napr. Třinecké železárny a.s., ktoré touto metódou vyrábajú trubky s vonkajšími rozmermi 60,3 až 406,4 mm s hrúbkou steny od 5 mm. Za nevýhodu tejto metódy sa môže považovať zvlnenie povrchu trubky nespojitým záberom valcov a menšia presnosť rozmerov.

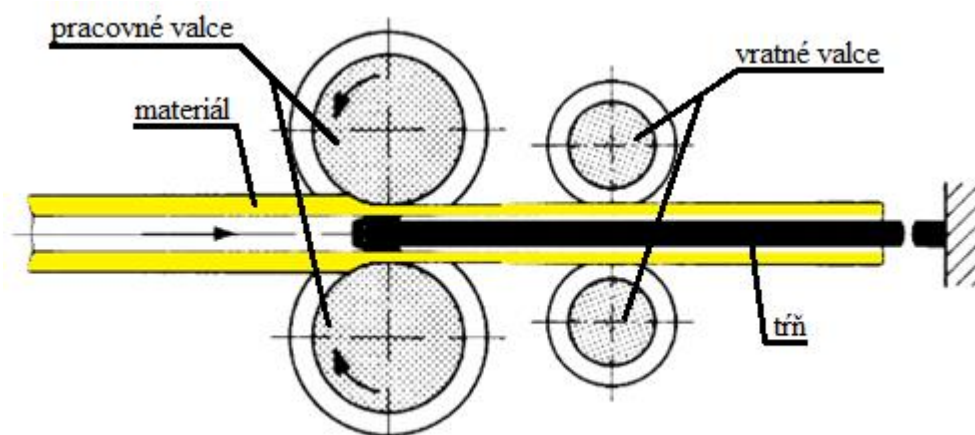


Obr. 9 Výroba zvitku [28]



Obr. 10 Valcovanie na pútnických stolicach [32], [62]

- Trate s automatikom – na ktorých sa zmešuje priemer trubky pozdĺžnymi valcami s kruhovým kalibrom a kedy sa po jednom prejení valcami tieto oddialia, materiál sa pootočí a vratnými valcami sa vráti na začiatok, odkiaľ potom začína ďalšie valcovanie. Pri novom valcovaní sa môže vymeniť koniec tŕňu za účelom zmenšenia hrúbky steny trubky. Tento princíp je zobrazený na obr. 11. Vnútorý rozmer sa zabezpečuje tŕňovou tyčou. Maximálna dĺžka trubky vyrobená týmto spôsobom je 15 m a je obmedzená dĺžkou tŕňovej tyče. Trate s automatikom obvykle používajú na dierovanie polotovarov metódu Stiefel. Na týchto tratiach sa valcujú menšie trubky s hrúbkou steny 3÷60 mm a vonkajším priemerom 40÷400 mm.

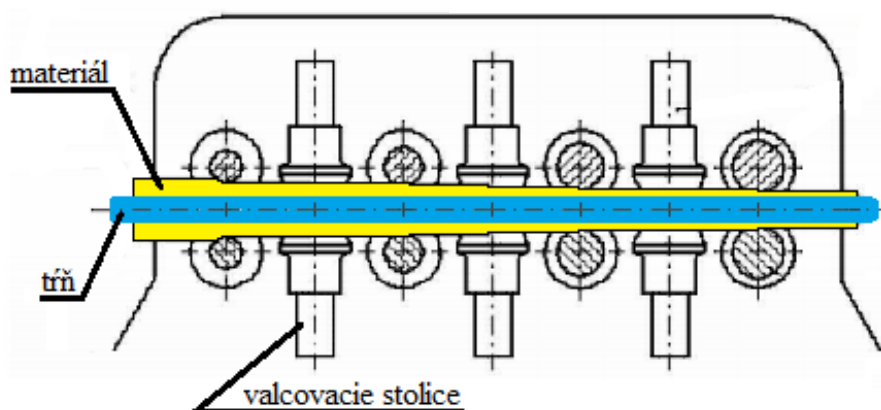


Obr. 11 Valcovanie na automatiku [62]

- Spojité trate - skladajú sa zo 7÷17 párov valcov s kalibrmi (obr. 12,13), uložených pozdĺžne, ktoré postupne deformujú trubku navlečenú na tŕni do požadovanej hrúbky steny. Každé dve valcovacie stolice sú oproti sebe pootočené o 90° a tým sa predchádza vytvoreniu hrubších steny v mieste rovnobežnom s osami valcov. Ako východiskový člen sa používajú predierované predvalky, vyrobené najčastejšie kosým valcovaním.



Obr. 12 Spojitá valcovacia trať [37]

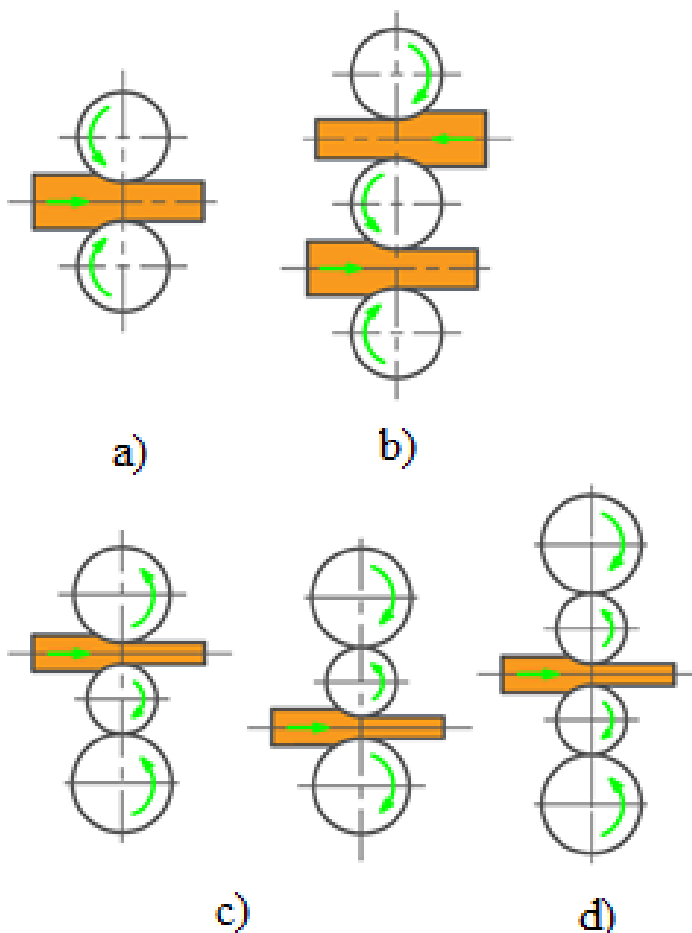


Obr. 13 Valcovanie na spojitých tratiach [35]

Pre výrobu týchto polotovarov sa používajú tzv. valcovacie stolice, ktoré sa skladajú z minimálne dvoch valcov.

- Duo - najjednoduchší príklad valcovacej stolice, kedy materiál prechádza medzi dvomi valcami otáčajúcich sa v opačnom smere (obr. 14a). Jeden valec býva obvykle výškovo nastaviteľný. Duo je obvykle zostrojené ako vratné, teda po každom prejení materiálu valcami sa zmysel otáčania valcov obráti, valce sa priblížia a materiál prechádza valcami v opačnom smere.

Slúži na to, aby sa prevalcovaný materiál nemusel prenášať z konca valcovacej stolice na začiatok. V tomto prípade sú oba valce poháňané a keďže sú v priamom styku z materiálom, tak sú aj pracovné. Pri tomto typu konštrukcie môže dochádzať ku veľkému zaťaženiu ložísk, preto sa táto stolica používa na malé úbery materiálu a väčšinou len na valcovanie materiálu na hrubo.

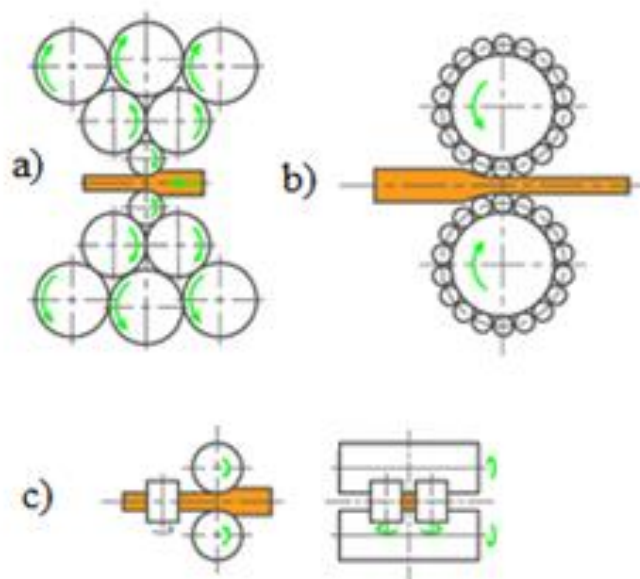


- Trio - valcovacia stolica, ktorá obsahuje tri valce, ktoré majú dve možnosti usporiadania, a to ako tri valce s dvomi medzerami na prechod materiálu (obr. 14b), kedy materiál prechádza obomi najskôr jednou medzerou, ale súčasne sa valcuje druhý kus v druhej medzere alebo ako Lauthove trio (obr. 14c), kedy sú

prítomné dva valce väčšie a jeden menší, pričom jeden väčší slúži ako operný. Pri Lauthovom triu sa obvykle upotrebuje pravidlo dvoch tretín, a teda menší valec má priemer dve tretiny masívnejšieho valcu. Pri tomto triu môžu byť poháňané valce pracovné, avšak pri požiadavke vysokého krútiaceho momentu sa pristupuje ku poháňaniu všetkých valcov. Táto valcovacia stolica umožňuje vyššie úbery (aj ako klasické trio), intenzívnejšiu výrobu a lepšiu kvalitu povrchu polotovaru. Klasické trio má väčšiu produktivitu ako duo kvôli možnosti valcovania naraz dvoch kusov, avšak stále sa používa pre menšie úbery, za nevýhodu možno považovať vyššie opotrebenie stredného valca.

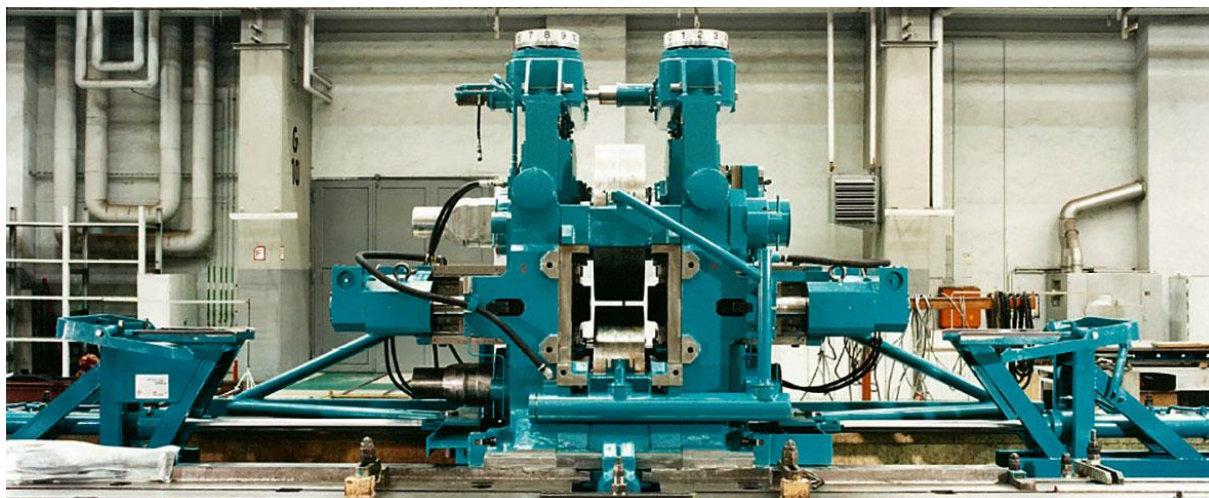
- Kvarto - valcovacia stolica so štyrmi valcami (vid' obr. 14d), ktorá vznikne ak sa do Lauthovho tria pridá ešte jeden menší valec a vznikne tak symetrická valcovacia stolica, ktorá má dva operné a dva pracovné valce. Pri pohone valcov platí to, čo pri Lauthovom triu, oproti nemu má rýchlejší výplach materiálu za nevýhodu možno považovať vyššie opotrebenie vnútorných valcov.

- Viacvalcové stolice – patria sem napr. šesť, sedem, dvanásť (obr. 15a), dvadsaťvalcové varianty. Pri týchto zariadeniach platí, že čím vyšší počet valcov tým sa používajú pre valcovanie na menšie hrúbky materiálu a tým väčšie využitie na valcovanie za studena. Špeciálny typ viacvalcovej stolice je planétová (obr. 15b), ktorá má využitie pri požiadavke vysokých merných tlakoch.



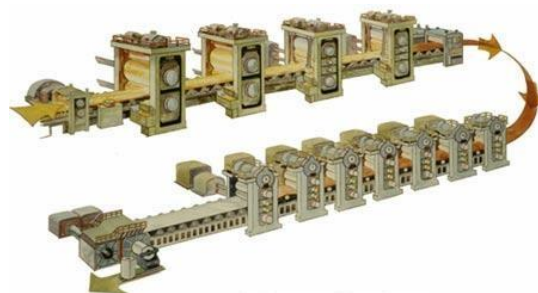
Obr. 15 Valcovacie stolice viacvalcové, planétová, univerzálna [50]

Univerzálna valcovacia stolica - je zložená z dvoch stolíc typu duo (obr. 15c, 16), kedy osi valcov druhého dua sú pootočené o 90°. Umožňuje tvárniť zložitejšie tvar bez nutnosti používať reverzný chod alebo bez prenášania materiálu. Tieto stolice sa používajú na tvárnenie zložitejších profilových tyčí. Pri tom sa môžu používať vhodne tvarované valce.



Obr. 16 Univerzálna valcovacia stolica MWE Mill Technologies [24]

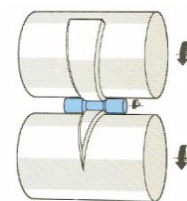
Keďže pre výrobu polotovaru je nutný viacnásobný prechod medzerou valcov, montujú sa valce za sebou do tzv. valcovacích tratí (obr. 17), kedy ku tvárneniu môže dôjsť jedným prechodom. Pri tomto spôsobe valcovania treba brať do úvahy rôzne rýchlosti výstupu materiálov spomedzi valcov a teda dôsledne nastavovať aj otáčky každej valcovacej stolice, ak je ich v zábere viac. Vyrábajú sa obvykle na mieru vyrába ich napr. SMS group GmbH alebo Forcon solution s.r.o.



Obr. 17 Valcovacia trať [50]

2.2 Priechne [45], [47], [48], [61]

Pri priečnom valcovaní sú osi valcov rovnobežné s osou materiálu (obr. 18), kedy sa na posuv materiálu používajú valce montované pozdĺžne. Jeho použitím sa vyrábajú:



Obr. 18 Princíp priečného valcovania [27]

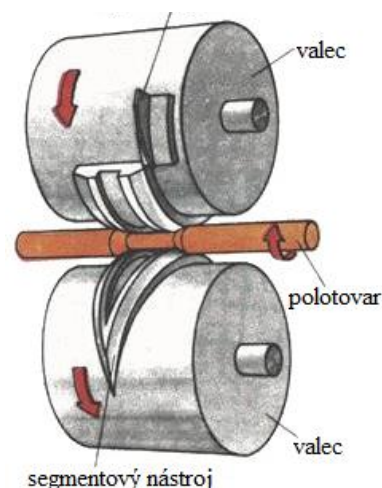
- Závitové tyče – vyrábajú sa tvarovými valcami (obr. 19), pri tomto type valcovania je možné posúvanie materiálu v axiálnom smere len týmito valcami. Tyče, ktoré sú takto vyrobené majú oproti trieskovo obrábaným výhodu vyššej rozmerovej presnosti, lepšej kvality povrchu ale aj vyššej pevnosti, keďže sa obvykle valcujú za studena.



Obr. 19 Valcovanie závitových tyčí [61]

Je nutná prítomnosť maziva. Metóda valcovania sa ekonomicky opláti hlavne na výrobu väčších sérií. Týmto typom sa dajú tvárniť aj duté telesá, ale len pri dostatočnej hrúbke steny. Valcovaním závitov za studena sa zaoberá napr. firma Valenta ZT s.r.o., ktorá vyrába tyče s metrickým, ale aj s trapézovými závitmi až do priemeru 120 mm a dĺžke do 6 m. Vhodnými materiálmi na túto metódu výroby sú:

- a) kovové materiály s ťažnosťou nad 6 %, a pevnosťou v ťahu pod 1300 MPa,
 - b) vysokolegované, antikorové a žiaruvzdorné ocele,
 - c) špeciálne zliatiny hliníku,
 - d) mosadz v nitovacej kvalite a zliatiny medi,
 - e) špeciálne zliatiny niklu.
- Výroba priečnym klinovým valcovaním - na valce sa umiestnia pracovné segmenty v tvare klinu a na jednu otáčku valcov vyrobia na polotovare plochy valcového, kužeľového zaobleného alebo iného rotačného tvaru. Takto vyvalcovaný polotovar je na konci urezaný segmentovým nožom (obr. 20). Výhody takto vyrábaných polotovarov sú úspora materiálu, vysoká produktivita, minimálna hlučnosť a vysoká životnosť nástrojov. Vyrábajú sa takto polotovary, ktoré sú najčastejšie ďalej spracovávané zápustkovým kovaním, trieskovým obrábaním alebo sa vyrába už hotový výrobok. Kombináciou týchto metód sa vyrábajú zalomené hriadele alebo ojnice (obr. 21) pre automobilový priemysel. Najznámejším výrobcom takto vyrábajúcim komponenty do svojich automobilov je Ford Motor Company, ktoré využíva aj v najpredávanejšom modeli Focus, kde sa využívajú takto vyrábané ojnice alebo kľukové hriadele.



Obr. 20 Priečne klinové valcovanie [45]



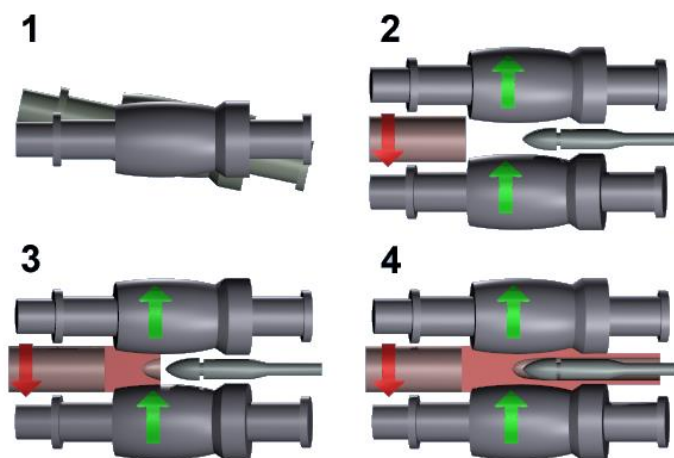
Obr. 21 Ojnica [1]

2.3 Kosé [3], [5], [16], [29], [34], [35], [41], [44], [45], [50], [52], [58]

Pri kosom valcovaní sú osi valcov vyosené oproti osi materiálu. Týmto spôsobom materiál rotuje a zároveň aj posúva. Typickým vývalkom pre túto metódu sú bezšvíkové rúry. Ich výroba sa dá rozdeliť na dierovanie celistvého polotovaru a dovalcovanie.

Pri výrobe predalkov dierovaním sa pomocou vhodnej deformácie vyvolá vysoké ťahové napätie v strede materiálu, čím sa začne otvárať trhlina, ktorá sa potom kalibruje tŕňom na žiadaný rozmer. Metódy používané pri dierovaní polotovaru sú:

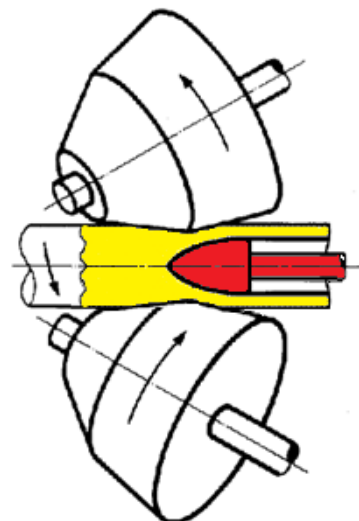
- Mannesmann - metóda kosého valcovania, kedy sa používajú dva vyosené valce, medzi ktorými býva uhol $3\div 7^\circ$. Materiál je posúvaný skrutkovým pohybom a nabaľuje na tŕň, ktorý slúži na vyhladenie a kalibrovanie dutiny. Rozloženie



Obr. 22 Postup valcovania Mannesmann [22], [63]

valcov a postup pri valcovaní je schematicky zobrazený na obr. 22. Táto metóda býva kombinovaná s pútnickou stolicou, kedy takto konštruovaná valcovacia trať vyrába vývalky s dĺžkou do 28 m, s vonkajším priemerom o veľkosti $60\div 600$ mm a s hrúbkou steny $3\div 125$ mm. Túto metódu používa na výrobu predalkov bezšvíkových rúr napr. firma Třinecké železářny, a. s. s prevádzkou v Ostrave-Vítkovice, ktoré na valcovacích tratiach s pútnickými stolicami vyrábajú trubky o vonkajšom priemere 60,3 až 406,3 mm s hrúbkou steny $6,3\div 60$ mm. Bieloruská spoločnosť BMZ používa tento typ dierovania spolu s valcovaním na spojitých tratiach na výrobu bezšvíkových trubiek s priemerom $60,3\div 168,3$ mm.

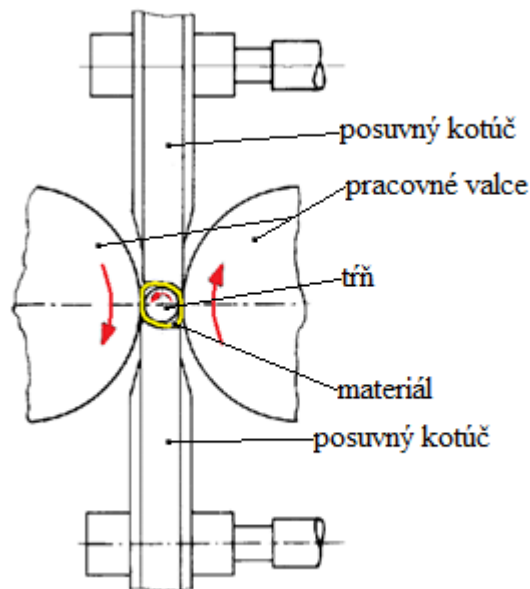
- Stiefel - namiesto valcov sa používajú kotúče (obr. 23), je principiálne rovnaký ako princíp



Obr. 23 Metóda Stiefel [14], [44]

Mannesman, používa sa obvykle na výrobu trubiek menších priemerov a dĺžok maximálne 12,5 m. Túto metódu využíva napr. firma ArcelorMittal Tubular Products Ostrava a.s., ktorá vyrába bezšvíkové trubky o vonkajšom rozmere od 21,3÷273 mm. Dovalcovanie predierovaného materiálu je zmenšovanie priemeru, stenčovanie hrúbky steny a v neposlednom rade aj zväčšovanie dĺžky trubiek. Metódy na tento účel používané sú:

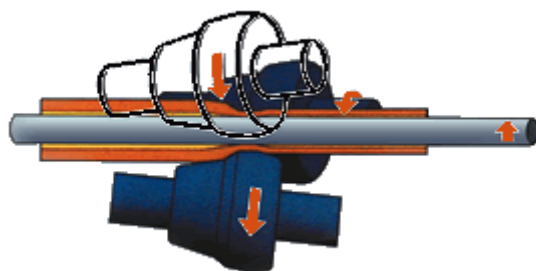
- Diescher - sa používa hlavne ako metóda na redukciiu hrúbky polotovaru a zároveň na dosahovanie dobrých kvalít povrchu. Valcuje sa dvomi valcami s mimobežnými osami a materiál je posúvaný dvomi kotúčmi, umiestnené pozdĺžne (obr. 24). Týmto sa dosahuje výroba rúr s relatívnou hrúbkou steny 4÷30 mm, vonkajším priemerom od 18 mm do 203 mm a dĺžkou okolo 12 m. Táto metóda je vo všeobecnosti málo využívanou, nie sú teda dostupné žiadne obrázky týchto strojov.
- Assel - je metóda, kde sa používajú tri valce, rozložené okolo materiálu (obr. 26,25), vyosené o 10÷15° kedy sa vhodnými tvarmi valcov docieľuje vťahovanie materiálu medzi nástroje a jeho deformácie. Predvalky pre tento spôsob sa vyrábajú najčastejšie valcovaním Stiefel. Touto metódou sa vyrábajú trubky priemeru 40÷200 mm s minimálnou hrúbkou steny 2,5 mm



Obr. 24 Valcovanie metódou Diescher [44]



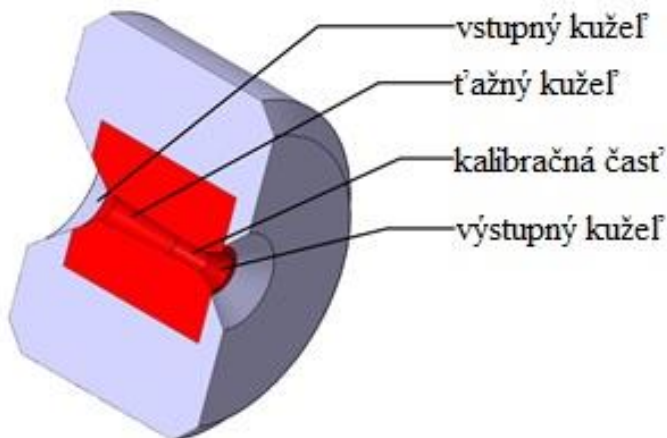
Obr. 26 Stroj využívajúci technológiu Assel [17]



Obr. 25 Valcovanie metódou Assel [52]

3 ŤAHANIE [10], [11], [34], [40], [44], [45], [50], [51], [64]

Ťahanie hutných polotovarov je typ objemového tvárnenia, ktoré obvykle prebieha za studena. Polotovary vyrobené touto metódou sa teda vyznačujú dobrou kvalitou povrchu, vysokou rozmerovou presnosťou a dobrými mechanickými vlastnosťami. Ťahanie je tvárnenie kovu prechodom cez otvor nazývaný prievlak, kedy sa znižuje prierez materiálu a zväčšuje jeho dĺžka. Prievlak je teda značne namáhaný na oter, je teda obvykle vyrábaný z kalenej ocele, spekaných karbidov alebo diamantu a je nutné do procesu pridávať mazivo. Prievlak (obr. 27) sa skladá zo štyroch častí:

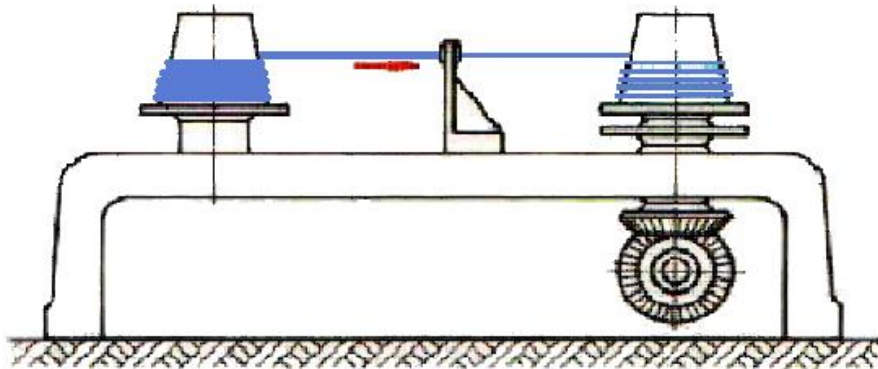


Obr. 27 Prievlak [50]

- vstupný kužeľ, s vrcholovým uhlom $45\div 60^\circ$
- ťažný kužeľ, s vrcholovým uhlom $12\div 18^\circ$
- kalibračná časť, ktorá má tvar valca s presnými rozmermi
- výstupný kužeľ, s vrcholovým uhlom $60\div 100^\circ$, ktorý zabraňuje opotrebeniu kalibračnej časti

Pred samotným ťahaním sa povrch polotovaru odmasťuje, odstraňujú sa okuje, povrch sa fosfátuje (nasycovanie povrchu najčastejšie zinočnatým fosfátom za účelom lepšieho prilnutia maziva na polotovar) a nanáša sa mazivo. Pri preťahovaní sa pomerne rýchlo vyčerpá plasticita materiálu, je teda nutné použiť rekryštalizačné žiňanie. Ako východiskové materiály pre tieto procesy sa používajú najčastejšie polotovary vyrobené za zvýšenej teploty valcovaním, keďže tie obvykle nedosahujú potrebné vlastnosti (kvalita povrchu, presné rozmery, mechanické vlastnosti). Ťahaním sa vyrábajú tieto polotovary:

- Drôty - do priemeru 5 mm sa ťahajú na tzv. kontinuálnych bubnových ťažných stoliciach (obr. 28,29), kedy sa navíjaním z jedného bubnu na druhý preťahuje drôt cez prievlak. Pri tejto metóde je výhodné umiestniť viac prievlakov za sebou, aby nemuselo dochádzať ku prerušovaniu procesu, za každým prievlakom musí byť inštalovaný ťahací bubon. Takéto stolice sa môžu rozdeliť na:



Obr. 28 Schéma bubnovej ťahacej stolice [51]

- Sklzové – majú na ťažných bubnoch len jeden závit, keďže výstupná rýchlosť materiálu z prievlaku je vyššia ako vstupná, dochádza na bubnoch ku sklzu, kedy trením vzniká teplo, a preto sa musia tieto stolice chladiť

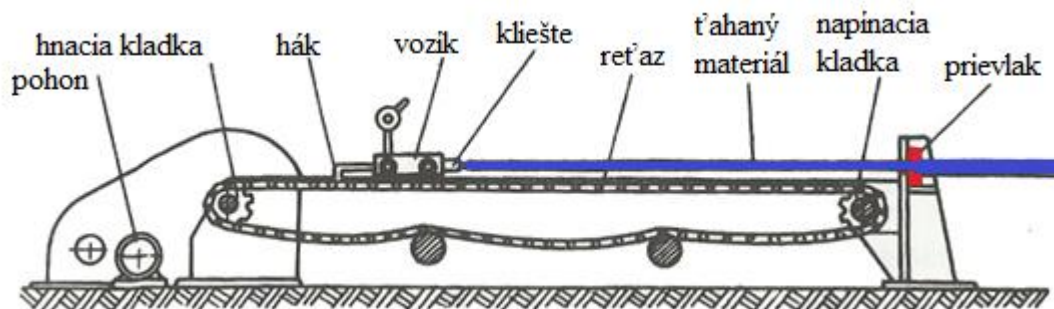
b) Bezsklzové - tieto majú bubny na ktorých je namotaných viac závitov, čo umožňuje ťahanie bez sklzu.

Drôty väčšieho prierezu sa tiež môžu ťahať, a to za účelom zlepšenia mechanických vlastností

- Tyče - vyrábajú sa na ťažných stoliciach, kedy na jednom konci je tyč upevnená na vozík, ktorý ju preťahuje cez prievlak, ktorým sa znižuje prierez tyče (obr. 30). Ťahaním sa vyrábajú presne rozmerovo tolerované tyče (IT 9÷12) s dobrou kvalitou povrchu ($Ra 12,5 \div 3,2$), ktorý sa nemusí ďalej opracovávať napr. trieskovým obrábaním. Výrobou tyčí ťahaním sa zaoberá napr. firma Ferromoravia s.r.o.



Obr. 29 Bubnová ťažná stolica [15]



Obr. 30 Ťažná stolica [23]

- Trubky - ťahajú sa prerušovane na ťažných stoliciach. Ako východiskový polotovar môžu slúžiť rúry bezšvíkové alebo aj rúry zvarané. Ťahaním sa vyrábajú rúry od niekoľko desiatín milimetru, používané ako injekčné ihly, až do priemeru 250 mm. Ťahanie týchto trubiek prebieha na lineárnych ťažných stoliciach (obr. 32). Týmto procesom dochádza ku znižovaniu priemeru a hrúbky steny trubky za súčasného zväčšovania jej dĺžky. Na prechod začiatku rúry a jej uchytenie vo vozíku sa na nej vytvára tzv. hrot, ktorý sa najčastejšie vytvára na jednúčelových strojoch (obr. 31)



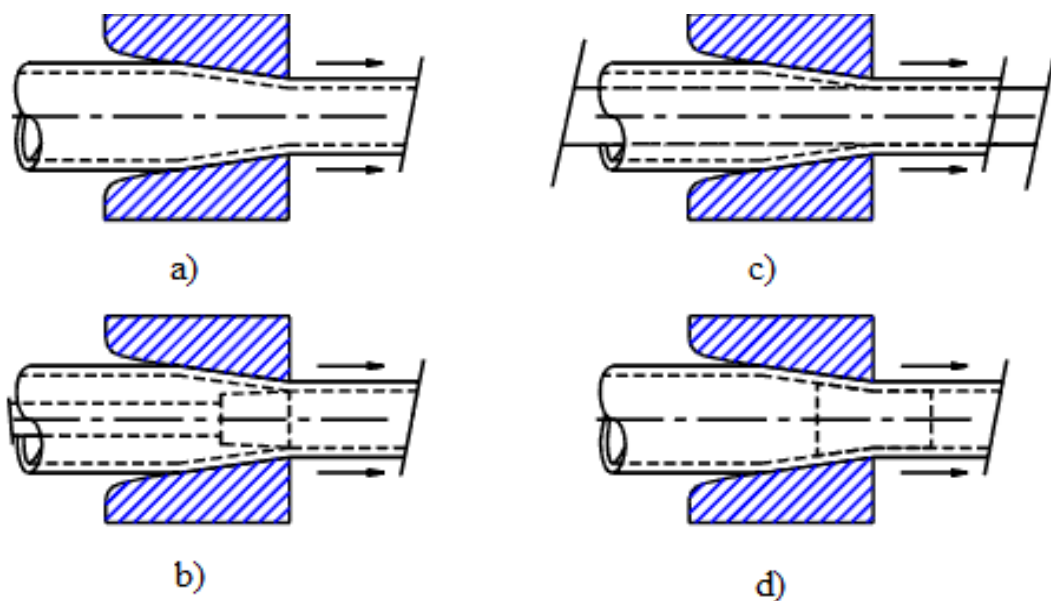
Obr. 32 Hrotovacie zariadenie [4]



Obr. 31 Ťažná stolica na ťahanie trubiek [49]

Výroba rúr ťahaním sa môže rozdeliť podľa použitia nástroja vo vnútornej časti (obr. 33) na:

- ťahanie cez prievlak bez nástroja vo vnútri trubky, vnútorné rozmery trubky a hrúbka steny nie sú ničím vymedzené
- ťahanie s uchyteným tŕňom, kedy sa tŕň ostáva na mieste prievlaku, a tým vytvára vnútorný priemer
- ťahanie na tyči, kedy sa táto po pretlačení musí vybrať najčastejšie odvalcovaním, kedy sa ale zväčší priemer trubky a teda sa táto metóda nepoužíva ako finálna operácia
- ťahanie na voľnom tŕni, ktorý je uchytený v mieste prievlaku len vplyvom pôsobiacich trecích síl

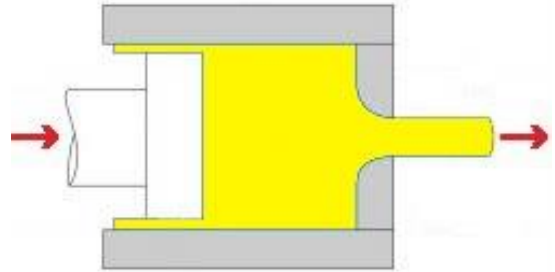


Obr. 33 Výroba trubiek ťahaním [40]

Ťahaním oceľových bezšvíkových trubiek za studena sa zaoberajú napr. Železiarne Podbrezová a.s., ktoré vyrábajú s vonkajším priemerom 4÷125 mm a hrúbkou steny 0,5÷13,0 mm. Ťahané oceľové trubky bezšvíkové a zvarané vyrábajú Železárný Veselí s priemerom 6÷110 mm s hrúbkou steny 0,8÷8 mm

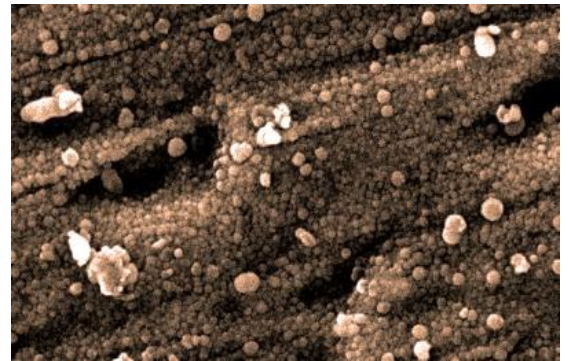
4 PRETLAČOVANIE [30], [31], [46], [54], [56]

Preťahovanie je druh objemového tvárnenia, kedy sa, hlavne pri výrobe hutných polotovarov, vytlačuje materiál cez otvor, ktorého prierez je menší ako prierez východiskového materiálu (obr. 34), dochádza ku silovému pôsobeniu nástroja. Pri tomto type tvárnenia tečie materiál rovnakým smerom ako pôsobí sila, preto sa nazýva aj dopredné preťahovanie. Obvykle prebieha pod teplotou rekryštalizácie, teda za studena. Nástroje používané pri tomto type tvárnenia sa volajú prietlačník a prietlačnica. Ako vstupný materiál sa používajú valce, ktoré musia mať zarovnané čelo. Aby bolo možné tvárniť, musí byť povrch upravený. Postup ošetrovania povrchu pred procesom je:



Obr. 34 Princíp preťahovania

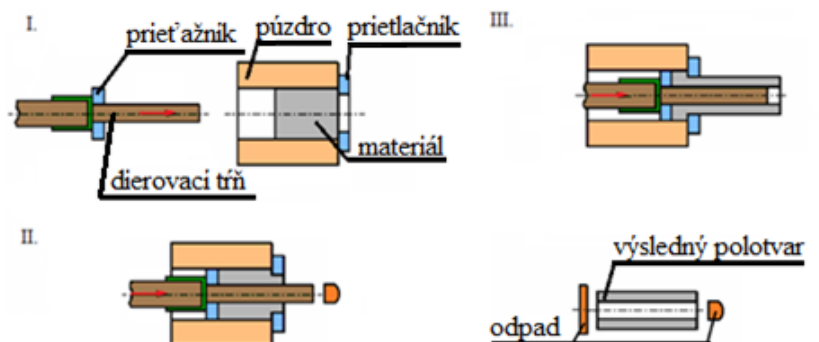
- a) mechanické obrobenie (napr. lúpanie, omieľanie), kedy sa odstraňuje povrchová vrstva, ktorá môže mať nežiadúce vlastnosti ako vyššiu tvrdosť alebo vysoký obsah vád,
- b) odmasťovanie, ktoré slúži na odstránenie maziva, ktoré môže byť prítomné z ostatných operácií. Toto sa najčastejšie deje v alkalických kúpeľoch,
- c) oplach, ktorý odstraňuje zostatky odmasťovacích kvapalín a na ktorý sa používa voda o teplote 80 °C,
- d) morenie, ktoré má za účel rozpustenie povrchových vrstiev oxidov najčastejšie kyselinou sírovou,
- e) oplach,
- f) aktivačný oplach,
- g) fosfátovanie má za úlohu vytvoriť na povrchu lupienky (obr. 35), na ktorých sa jednoduchšie drží mazivo. Toto prebieha za teploty 70÷80 °C,
- h) oplach,
- i) neutralizačný oplach,
- j) sýtenie fosfátovej vrstvy mazivom. Najčastejšie používané mazivo je roztok stearátu sodného.



Obr. 35 Povrch materiálu po fosfátovaní [30]

Týmto spôsobom upravený polotovar sa môže preťahovať. Pri výrobe hutných polotovarov týmto spôsobom vo veľkých sériách sa najčastejšie používajú hydraulické lisy umiestnené horizontálne. Preťahovaním sa vyrábajú:

- Trubky – pri ich výrobe (obr. 36) musí byť materiál najskôr predierovaný, čo sa obvykle deje na tých istých strojoch, kedy sa najskôr prietlačníkom vyrobí diera v materiáli a na



Obr. 36 Princíp výroby trubiek preťahovaním [46]

ten istý záber sa vytlačí trubka. Je možné vyrobiť trubky iných prierezov ako kruhových.

- Tyče - vyrábajú sa dopredným spôsobom, kedy prietlačník tlačí materiál a ten prechádza prietlačnicou. Vyrábajú sa na tzv. tlačných stoliciach (obr. 37). Vyrábajú sa takto tyče rôznych prierezov, dajú sa vyrobiť prierezy neštandardných tvarov, ktoré sa nedajú vyrobiť valcovaním ako napr. polouzavreté a uzavreté profily. Príklady takýchto profilov sú na obr. 38.



Obr. 37 Pretlačovacia stolica na výrobu tyčí [54]

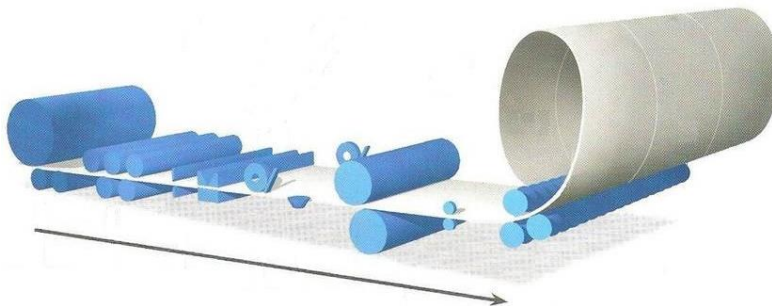
Výhodou pretlačovania je vysoká produktivita, keďže polotovar sa zhotoví jednou operáciou (vyrába sa teda s minimálnym odpadom), vysoká kvalita povrchu a presnosť rozmerov. Nevýhodou môže byť vysoká spotreba maziva alebo veľké opotrebenie materiálu nástrojov. Pretlačovanie sa viac používa pre zliatiny farebných kovov, v Českej republike nemá moc veľké zastúpenie.



Obr. 38 Profily vyrábané pretlačovaním [2], [7], [21]

5 PROFILOVANIE A ZVÁRANIE [36], [44], [45], [46], [57], [60]

Vo výrobe hutných polotovarov sa najčastejšie, za účelom výroby rúr, používa profilovanie a následné zváranie. Profilovanie je tvarovanie plechu do tvaru konečného polotovaru valčekmi (obr. 39), ktorý je potom zváraný v mieste dotyku za účelom vytvorenia dutého polotovaru. Zváranie sa používa na vytváranie nerozoberateľného spoju medzi dvomi materiálmi, či už priamo alebo prostredníctvom prídavného materiálu. Týmto vznikajú tzv. švíkové trubky. Používajú sa pre ich ekonomickú výhodnosť oproti bezšvíkovým, majú ale horšie



Obr. 39 Profilovanie zváraných rúr [9]

pevnostné parametre. Pre túto aplikáciu možno zvary (obr. 40) rozdeliť na:

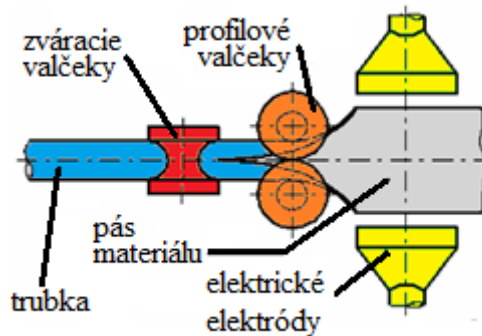
- Tupé - plech sa zakrúži na profilových valčekoch, zvar je realizovaný medzi dvomi hrúbkami plechu, zvar je umiestnený pozdĺžne.
- Preplátované - vznikne zakrúžením, konce plechu sa preložia cez seba, tak, že sa čiastočne prekrývajú, zvar je umiestnený pozdĺžne.
- Do skrutkovice - plech sa navíja na tyč do skrutkovice, zvar je realizovaný podobne ako pri tupom zvare.



Obr. 40 Typy zvarov trubiek [46]

Zváranie prebieha buď za zvýšenej teploty alebo vysokým tlakom, ale najčastejšie sa používa ich kombinácie za účelom vyššej produktivity. Metódy zvárania trubiek sú:

- Elektrickým oblúkom na tupo - táto metóda je kontinuálna, vstupným polotvarom sú valcované pásy, okraje týchto pásov, na ktorých sa zvárajú sú skosené o $7\div 17^\circ$ za účelom vytvorenia tupého zvaru. Zváracími horákmi sa rozohreje okraj pásu, profilovými valčekmi sa pás ohýba a zváracie valčeky vytvárajú tupý zvar bez prídavného materiálu (obr. 41). Touto metódou sa zvárajú trubky o priemere $10\div 114$ mm s hrúbkou steny $2\div 14$ mm.



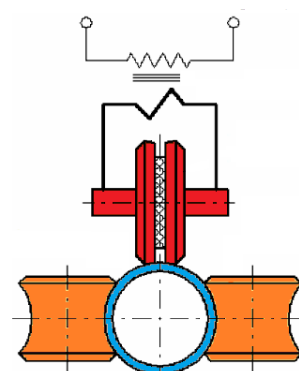
Obr. 41 Schéma zvárania elektrickým oblúkom na tupo [36]

- Indukčným ohrevom na tupo - využíva sa vlastnosť kovu indukovať vírivé elektrické prúdy, ktoré sa indukujú elektromagnetickým poľom. Profilovanie prebieha podobne ako pri predchádzajúcej metóde. Zariadenie je bez elektrických elektród, pred zvaracími valčekmi je zariadenie pre indukčný ohrev materiálu, ktoré je tvorené hrubou cievkou (obr. 42). Je to teda kombinácia zvarania tlakom a zvýšenej teploty



Obr. 42 Indukčné zváranie trubiek [55]

- Odporové - zvýšenie teploty potrebné na je dosiahnuté elektrickým odporom kovu, kedy sa dvomi elektródami tvaru kotúča (obr. 43) prechádza po krajoch zakrúženého polotovaru, čím vzniká zvar, ide teda o spojité zváranie. Touto metódou sa zvárajú tenkostenné aj hrubostenné trubky o priemere $8\div 660$ mm.
- Pod tavidlom – energia sa dodáva vo forme elektrického výboja, ktorý horí medzi tavnou elektródou a zakrúženou trubkou. Tavidlo chráni samotný zvar pred oxidáciou a rýchlym ochladzovaním, čo prispieva k vyššej kvalite zvaru. Zváranie pod tavidlom používa napr. spoločnosť U. S. Steel Košice na výrobu špirálovo zváraných trubiek s vonkajším priemerom $406\div 1422$ mm, hrúbkami stien $5,0\div 12,7$ mm a dĺžkami od 8 m do 18 m.



Obr. 43 Schéma odporového zvárania [36]

- Laserom – pri tejto metóde zvarania sa využíva energia vo forme svetla a ohrieva sa ňou materiál za účelom vytvorenia zvaru. Touto metódou je možné vytvárať všetky druhy zvarov používaných pri výrobe trubiek. Tvarovanie trubkového profilu prebieha na stoličiach podobných s predošlými metódami. Výhoda zvarania trubiek laserom je malá tepelne ovplyvnená oblasť. Pri tomto spôsobe je potrebné používať ochrannú atmosféru. Za nevýhodu tejto výrobnéj technológie možno považovať vysoké vstupné náklady. Výrobné trate trubiek používajú napr. riešenie laserového zvarania značky TRUMPF (obr. 44).



Obr. 44 Kontinuálne zváranie trubiek laserom [57]

Všetky metódy výroby trubiek sa dajú jednoducho automatizovať a je to teda ich výhoda. Výroba švíkových trubiek v súčasnosti narastá na kvalite, hlavne kvôli zlepšovaniu procesu zvarania, je teda možné ich používať za vyšších tlakov.

6 ZÁVERY

Hutné polotovary sa používajú vo takmer vo všetkých odvetviach strojárenského priemyslu, je teda prirodzene vysoký dopyt po ich výrobe. Ich výroba prebieha z odlievaných ingotov a dá sa rozdeliť na valcovanie, ťahanie, pretlačovanie a zváranie profilovaných polotovarov.

Valcováním sa spracúva najväčšia časť odliateho materiálu a dá sa rozdeliť podľa vzájomnej polohy valcov a tvárneného materiálu. Pozdĺžnym valcováním sa vyrábajú normalizované polotovary ako tyče, plechy, pásy alebo drôty, ale používa sa aj na dokončovanie trubiek. Tvárnenie materiálu týmto spôsobom sa deje na valcovacích stoliciach, ktoré sa skladajú z jedného a viac valcov. Pričným valcováním sa vyrábajú závitové tyče alebo polotovary pre zápusťkové kovanie, kedy tieto majú pre kovanie vhodné rozloženie materiálu. Má veľké využitie v automobilovom priemysle. Hlavným účelom kosého valcovania je dierovanie a spracovanie bezšvíkových trubiek za použitia metód Mannesmann, Stiefel, Assel a Diescher, kedy posledné dve slúžia na dokončovanie trubiek

Ťahaním sa vyrábajú drôty, na kontinuálnych bubnových stoliciach, tyčový polotovar na ťažných stoliciach alebo sa touto metódou dokončujú trubky. Takto vyrobené polotovary majú lepšiu kvalitu povrchu, presnejšie rozmery a lepšie mechanické vlastnosti ako polotovary vyrobené valcováním.

Pretlačovanie polotovarov najčastejšie prebieha ako dopredné, kedy je smer toku materiálu zhodný so smerom pôsobiacej sily, môžu sa takto vyrábať tyče, ktoré môžu mať aj neštandardné tvary profilu, alebo trubky, kedy materiál musí byť najskôr predierovaný až potom vytlačený. Táto metóda má oproti valcovaniu vyššiu produktivitu, ale nevýhodu nutnosti mazania materiálu. S novými typmi mazív, ako aj s lepšimi charakteristikami strojov používaných na pretlačovanie je možné do budúcnosti zvýšiť produktivitu tejto metódy.

Profilovanie a následné zváranie sa používa na výrobu tzv. švíkových trubiek. Metódy zvárania profilovaných polotovarov sú: zváranie na tupo, odporové, pod tavidlom alebo laserom. Dôvod využívania týchto polotovarov je ich nižšia cena oproti trubkám vyrábaným inými metódami, ale kvôli tepelne ovplyvnenej vrstve sa znižuje ich húževnatosť materiálu v mieste zvaru a je tam nebezpečenstvo vzniku prasklín.

Najväčšia časť hutných polotovarov sa vyrába valcováním. Ťahanie a pretlačovanie sa používa keď je potrebné dosiahnuť lepšie kvality povrchu, presnejšie rozmery alebo lepšie mechanické vlastnosti. Profilovaním a následným zváraním sa vyrábajú trubky, ktorých výrobná cena je podstatne nižšia ako bezšvíkových trubiek.

ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV [6]

1. *126Fan* [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: <http://www.126fan.sk/>
2. *Aliexpress* [online]. [cit. 2016-05-29]. Dostupné z: <http://www.aliexpress.com/w/wholesale-aluminum-profile.html>
3. *ArcelorMittal Ostrava a.s* [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: <http://ostrava.arcelormittal.com/>
4. *ASMAG GmbH* [online]. [cit. 2016-05-29]. Dostupné z: <http://www.asmag.at/>
5. *BMZ Czech* [online]. [cit. 2016-05-29]. Dostupné z: <http://www.belsteel.cz/index.php>
6. *CITACE PRO: Generátor citací* [online]. 2013 [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: <http://citace.lib.vutbr.cz/>
7. *Deeco Metals* [online]. [cit. 2016-05-29]. Dostupné z: <http://www.deecometals.com/>
8. *Demag.sk* [online]. [cit. 2016-03-13]. Dostupné z: <http://www.demag.sk/stlpove-a-nastenne-otocne-zeriavy-demag/>
9. *Department of mechanical engineering* [online]. KARAMANOS, Spyros A, PhD. [cit. 2016-05-29]. Dostupné z: <http://karamanos.mie.uth.gr/>
10. *ESTAV.cz* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://www.estav.cz/ferromoravia>
11. *Fabricators & Manufacturers Association, Intl.* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://www.thefabricator.com/article/tubepipeproduction/tube-drawing-principles>
12. *FERONA Slovakia, a.s.* [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: <http://www.ferona.sk/>
13. *FORCON SOLUTION s.r.o.* [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: <http://forcon.cz/>
14. *G.P.S.METAL* [online]. [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: <http://www.rolling.used-machinery.ro/machine.php?cod=28>
15. *GlobalMarket.com* [online]. [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: <http://chinahuafang.gmc.globalmarket.com/products/details/lz10-560-straight-line-wire-drawing-bench-1758208.html>
16. *Hutec blog* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://hutec.blog.cz/1208/vyroba-bezesvych-trubek-metoda-mannesmann>
17. *IndiaBizClub* [online]. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://www.indiabizclub.com/engineering/assel-rolling-machine-handan-b2b-product-q4q4gix1suaxsu07qrt.html>
18. *Kingofcarcare* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://kingofcarcare.com/category/pdr/>
19. *KRAJI - Slovenia* [online]. [cit. 2016-03-13]. Dostupné z: http://krajie.eu/slovenija/maribor_reka_drava/photos/eng
20. *Krāsaino Metālu Manufaktūra* [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: http://www.kmmmetals.com/de/kmm/nepartraukta_liesana2/horizontala/
21. *Kromet* [online]. [cit. 2016-05-29]. Dostupné z: <http://www.kromet.com/>
22. *Lap laser system* [online]. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <https://www.lap-laser.com/metals-industries/steel/tubes/seamless-tubes/>
23. *M.L Gear Designs* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://mlgeardesigns.blog.cz/1504/tazeni-tyci-a-dratu>
24. *Magdeburger Walzwerk Engineering* [online]. [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: <http://mwe-gmbh.com/eng/supplies-and-services/mill-stands/universal-mill-stand/>
25. *MatNet* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://www.matnet.sav.sk/index.php?ID=291>
26. *Mechnol* [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: <http://www.mechnol.com/rolling-types.html>

27. *Metal Forming Virtual Simulation Lab* [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: http://14.139.245.214/mfvlab/Rolling_process.php
28. *METALIMEX a. s.* [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: <http://www.metalimex.cz/produkty/hlinikove-plechy-a-pasy/plechy-a-svitky-valcovane-za-studena>
29. CHRENČÍK, Filip. *Mikroštruktúrna analýza trojosovej deformácie ocele STN 411353*. Trnava, 2010., 80 s. Diplomová práca. Slovenská technická univerzita v Bratislave. Materiálovotechnologická fakulta so sídlom v Trnave; Ústav materiálov. Vedúci práce Doc. Ing. Maroš Martinkovič, PhD.
30. SZELAG, Petr a Jaroslav CHOCHOLOUŠEK. PRAGOCHEMA. *MMspektrum* [online]. 2008, **2008**(4) [cit. 2016-05-26]. ISSN 1212-2572.
31. *Možnosti finalizačných úprav strojárskych výrobkov* [online]. [cit. 2016-05-22]. Dostupné z: <http://www.sjf.tuke.sk/inmf/NW/moznosti/pu.html>
32. *MSTTubePipe's channel* [online]. [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=Nev9_GYiADY
33. *Normalizované polotovary | Učíme v prostoru - Encyklopedie Drtič kamene* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: http://uvp3d.cz/drtic/?page_id=2601
34. *OCELOVÉ RÚRY* [online]. [cit. 2016-05-22]. Dostupné z: http://www.oceloverury.sk/2__presne-bezsvikove-rurypl
35. POČTA, Bohumil. *Ocelové trubky: Bezešvé trubky*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1963, 413 s.
36. BOHUMIL, POČTA. *Ocelové trubky: Svařované trubky*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1964, 225 s.
37. *Rajendra Gears CO. & R.G.ROLLING INDIA LTD.* [online]. [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: <http://www.rajendragears.com/whats-new.html>
38. *Raven a.s* [online]. [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: www.raven.sk
39. *Rolling of metals.ppt* [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: http://eng.sut.ac.th/metal/images/stories/pdf/03_Rolling%20of%20metals.pdf
40. *Roymech* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: http://www.roymech.co.uk/Useful_Tables/Manufacturing/Drawing.html
41. *SALZGITTER MANNESMANN PRECISION* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: http://www.smp-tubes.com/francais/Manufacturing_Processes/
42. *SIAD Slovakia spol. s r.o.* [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: <http://www.siad.com/>
43. *Skeletystem Goldbeck* [online]. [cit. 2016-03-13]. Dostupné z: <http://www.skeletystem.cz/technologie-vyroby/>
44. *Steel Tube and Pipe Manufacturing Processes* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: http://www.smrw.de/files/steel_tube_and_pipe.pdf
45. LIDMILA, Zdeněk a Emil SVOBODA. *Strojírenská technologie*. Brno: Univerzita obrany, 2007. ISBN 978-80-7231-220-7.
46. HLUCHÝ, Miroslav, Jan KOLOUCH a Rudolf PAŇÁK. *Strojírenská technologie 2. 2., upr. vyd.* Praha: Scientia, 2001. ISBN 80-718-3244-8.
47. *Swewe.org* [online]. [cit. 2016-05-22]. Dostupné z: http://sk.swewe.org/word_show.htm/?1574908_1&Klinov%C3%A9_valcovanie
48. *Šmeral Brno a.s.* [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: <http://www.smeral.cz/pkv.html>
49. *Taiwan Machinesources* [online]. [cit. 2016-05-29]. Dostupné z: <http://www.machinetools.net.tw/>

50. *Technologie II* [online]. LENFELD, Petr, Doc. Dr. Ing. [cit. 2016-05-22]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/uvod.htm
51. *Techstroj* [online]. [cit. 2016-05-22]. Dostupné z: <http://www.techstroj.g6.cz/T/T06.pdf>
52. *TheFabricator.com* [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: <http://www.thefabricator.com/article/tubepipeproduction/minimizing-wall-thickness-variation-in-seamless-tubing>
53. *TheFreeDictionary* [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: <http://encyclopedia2.thefreedictionary.com/Pouring+of+Metal>
54. *ThyssenKrup Materials NA* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: http://www.gspsteelprofiles.com/manufacturing_processes.html
55. *TOPTUBES* [online]. [cit. 2016-05-29]. Dostupné z: <http://www.toptubes.co.uk/welded.html>
56. *Tribotechnika* [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: http://www.tribotechnika.sk/application_data/tribo/uploads/Image/tribo_6_2012/vsch2b.jpg
57. *TRUMPF Liberec, spol. s r. o.* [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: <http://www.cz.trumpf.com/>
58. *TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a. s.(provoz VT - Válcovna trub)* [online]. [cit. 2016-05-22]. Dostupné z: <http://www.trubky.cz>
59. *Tuning-car.cz* [online]. [cit. 2016-03-13]. Dostupné z: <http://www.tuning-car.cz/skoda-octavia-rs-sportovni-vyfuk-milotec-potrubi-za-kat-uslechtila-ocel.html>
60. *U. S. Steel Košice, s.r.o.* [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: <http://www.usske.sk/>
61. *Valenta ZT s.r.o.* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://www.valentazt.cz/vyrobni-moznosti.html>
62. BURDA, J. *Výroba ocelových rúr*. Bratislava: ALFA, 1975., 411 s. ISBN 63-322-75.
63. *Wikipedia* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Rotary_piercing#/media/File:Schraegwalzen.png
64. *Z-Group Steel Holding, a.s.* [online]. [cit. 2016-05-29]. Dostupné z: <http://www.steel-holding.cz/>
65. POČTA, B. *Základy teorie tváření kovů*. Praha: STNL, 1966, 512 s. ISBN 04-417-66.
66. *Způsoby výroby normalizovaných polotovarů* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: http://www.sps-vitkovice.cz/texty/texty/STT/STT2-3_Způsoby_vyroby_normalizovanych_polotovaru_RAJ.pdf

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. 1 Príklady využitia hutných polotovarov [8], [18], [19], [43], [59].....	9
Obr. 2 Plnenie kokíl [53].....	10
Obr. 3 Horizontálne kontinuálne odlievanie [20]	10
Obr. 4 Schéma výroby hutných polotovarov	10
Obr. 5 Teploty valcovania za tepla	11
Obr. 6 Typy valcovania [50]	11
Obr. 7 Pozdĺžne valcovanie [26].....	12
Obr. 8 Valcovanie plechov a tyčí [8], [50].....	12
Obr. 9 Výroba zvitku [28].....	13
Obr. 10 Valcovanie na pútnických stoliciach [32], [62]	13
Obr. 11 Valcovanie na automatiku [62].....	14
Obr. 12 Spojitá valcovacia trať[37]	14
Obr. 13 Valcovanie na spojitých tratiach [35]	14
Obr. 14 Valcovacie stolice duo, trio, kvarto [50].....	15
Obr. 15 Valcovacie stolice viacvalcové, planétová, univerzálna [50].....	16
Obr. 16 Univerzálna valcovacia stolica MWE Mill Technologies [24].....	16
Obr. 17 Valcovacia trať [50].....	16
Obr. 18 Princíp priečneho valcovania [27]	17
Obr. 19 Valcovanie závitových tyčí [61]	17
Obr. 20 Priečne klinové valcovanie [45].....	17
Obr. 21 Ojnica [1]	17
Obr. 22 Postup valcovania Mannesmann [22], [63]	18
Obr. 23 Metóda Stiefel [14], [44].....	18
Obr. 24 Valcovanie metódou Diescher [44]	19
Obr. 25 Valcovanie metódou Assel [52].....	19
Obr. 26 Stroj využívajúci technológiu Assel [17].....	19
Obr. 27 Prievlak [50].....	20
Obr. 28 Schéma bubnovej ťahacej stolice [51].....	20
Obr. 29 Bubnová ťažná stolica [15].....	21
Obr. 30 Ťažná stolica [23].....	21
Obr. 31 Ťažná stolica na ťahanie trubiek [49]	21
Obr. 32 Hrotovacie zariadenie [4].....	21
Obr. 33 Výroba trubiek ťahaním [40]	22
Obr. 34 Princíp pretlačovania	23
Obr. 35 Povrch materiálu po fosfátovaní [30]	23
Obr. 36 Princíp výroby trubiek pretlačovaním [46].....	23
Obr. 37 Pretlačovacia stolica na výrobu tyčí [54].....	24
Obr. 38 Profily vyrábané pretlačovaním [2], [7], [21].....	24
Obr. 39 Profilovanie zváraných rúr [9]	25
Obr. 40 Typy zvarov trubiek [46]	25
Obr. 41 Schéma zvárania elektrickým oblúkom na tupo [36]	25
Obr. 42 Indukčné zváranie trubiek [55]	26
Obr. 43 Schéma odporového zvárania [36].....	26
Obr. 44 Kontinuálne zváranie trubiek laserom [57].....	26