

Tváření

1.1.1 Podstata, účel, použití, rozdělení a základní pojmy

Tváření je technologie zpracování kovů ať již čistých, či slitin, které však mají společnou technologickou vlastnost – **tvářitelnost**. Podstatu tváření lze vystihnout jednou větou: Prostřednictvím nástrojů vhodného tvaru působí na polotovary vnější síly, které jestliže v polotovaru vyvolá dostatečně vysoké napětí, způsobí přemísťování určitého objemu materiálu bez porušení celistvosti – říkáme, že se materiál **tváří**.

Tváření je vysoce produktivní, progresivní, efektivní a proto i perspektivní technologií zpracování kovů a jejich slitin, jejímž účelem je nejen výroba hutních polotovarů, ale i strojírenských polotovarů a součástí, bez kterých si dnes zejména hromadnou výrobu dílů pro většinu průmyslových odvětví nelze vůbec představit.

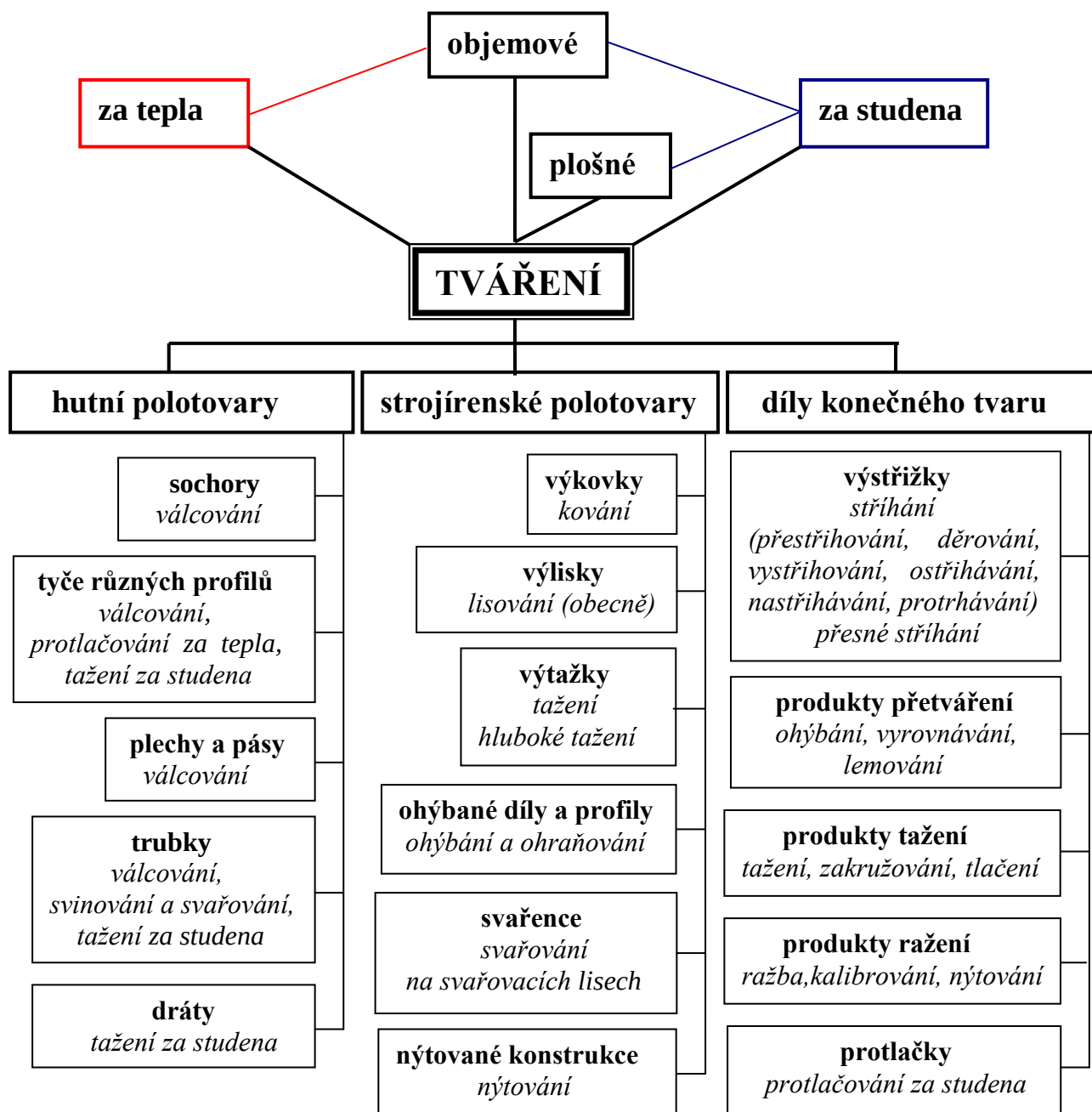
Převažující množství kovů a slitin zpracovávaných ve **strojírenství** se vyrábí v **hutích** klasickými metalurgickými procesy, kterými se získá tekutý kov, jehož chemické složení se upraví přísadou legujících prvků a který se odlévá do kovových forem – kokil, ve kterých tuhne na **ingot**. Tyto ingoty se dále v hutích, jejichž součástí jsou **válcovny** zpracují **válcováním** na **válcovacích stolicích** uspořádaných do **válcovacích tratí**, jejichž produktem jsou **hutní polotovary**. Ingoty mají nejčastěji čtvercový průřez – vhodný pro válcování **sochorů** a **tyčí** různého průřezu na válcovacích stolicích s **kalibrovanými válci**, nebo obdélníkový průřez – vhodný pro válcování **plechů** a **pásů** na válcovacích stolicích s **hladkými válci**. Při válcování bezešvých trubek se zpracovávají duté polotovary. Stále častěji se dnes využívá nejmodernější technologie – **plynulé lití (kontinuální lití, nebo krátce konti-lití) ingotů** o nekonečné délce, na které navazuje klasické, nebo dnes častěji **kontinuální válcování**, což je postup který splňuje nejlépe podmínky kladené na hromadnou výrobu v hutích, která je základním předpokladem plynulého zásobování širokou škálou polotovarů pro potřeby všech odvětví průmyslu, hlavně strojírenství.

Téměř všechny **tyče a trubky z neželezných kovů** - i některé ocelové, se vyrábějí **protlačováním za tepla**, někdy říkáme **vytlačováním**. Při tomto způsobu se ohřátý materiál vloží do **průtlačnice** a **lisovník** na něj působí velkou silou, čímž je tvárný materiál **protlačován** přes otvor v průtlačnici a tak získáme jednoduché i velmi složité polouzavřené či uzavřené profily.

Tyče, dráty a trubky o vysoké rozměrové přesnosti se vyrábějí **tažením za studena** na **tažných stolicích** a na **drátotazích**.

Válcované pásy vhodné šířky a prakticky nekonečné délky se mohou v hutích dále zpracovávat **ohýbáním** mezi vhodně tvarovanými – **kalibrovanými válci** na ekonomicky výhodné **lehké nosné profily**, nebo se mohou pásy na speciálních linkách **svínovat a podélně svařovat** na tzv. **trubky švově svařované**, které jsou podstatně levnější než bezešvé trubky a v řadě případů je mohou zcela nahradit.

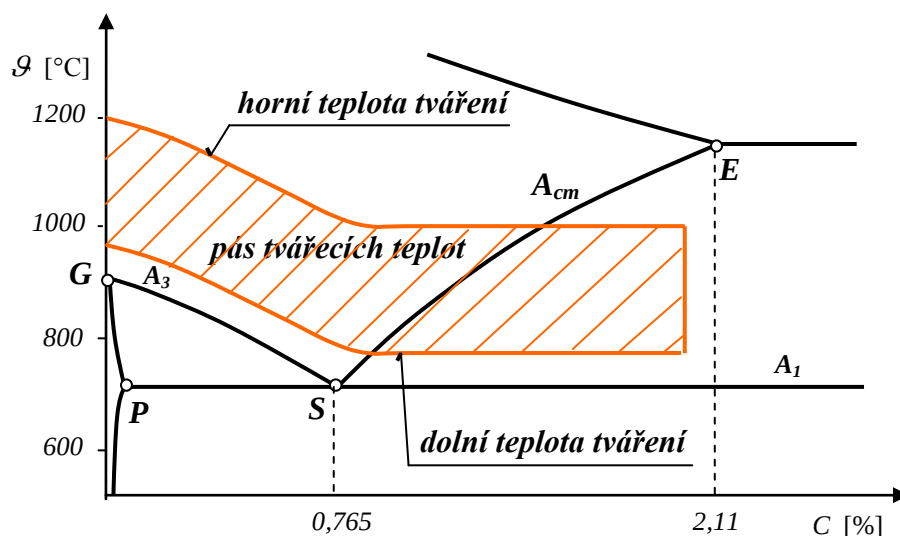
Hutní polotovary se zpracují ve **strojírenských podnicích** buď na tzv. **strojírenské polotovary** – **výkovky, výlisky, výtazky, ohýbané díly, případně svařence**, které se blíží tvaru konečného výrobku, avšak musí se dokončit nejčastěji ještě obráběním, nebo na **výrobky** - díly konečného tvaru a vlastností. Zvláštní skupinu tvoří **přesně tvářené díly**, u nichž se nutnost obrábění snižuje na minimum, případně vůbec odpadá.



Obr.24 Rozdělení tváření a produkty technologie tváření s názvy operací

Výše uvedené schéma ilustruje základní rozdělení zpracování kovů tvářením a jsou z něj patrné také základní pojmy. V zásadě je možno **tvářet za tepla** nebo **za studena**. Cílem **tváření za tepla** je snížit přetvárnou práci a spotřebu energie využitím snížení vazebných sil mezi atomy za vyšší teploty. Ohřevem se snižuje pevnost a houževnatost kovových materiálů a zlepšuje se jejich **tvářitelnost**. Ocel se ohřívá na teplotu asi (250 až 300) [°C] pod solidem do tzv. **pásu tvářecích teplot**, který je omezen shora **horní teplotou tváření** a zdola **dolní teplotou tváření**, jak ilustruje obr. 25. Má-li být tváření hodnoceno jako **tváření za tepla**, musí celý proces tváření

proběhnout a být dokončen ve výše zmíněném pásu tvářecích teplot. Dokončení tváření musí tedy proběhnout minimálně na dolní teplotě tváření, tj. minimálně 50 [°C] nad teplotou A_{c3} , resp. A_{c1} , což bude zárukou rovnoměrné jemnozrné struktury.



Obr. 25 Teploty pro tváření za tepla uhlíkových ocelí

Je-li nebezpečí, že by tváření nebylo dokončeno nad dolní teplotou tváření, je třeba **tvářet s přihřátím**. Říkáme, že tváříme za tepla na jedno, dvě, či více ohřátí. Samozřejmě, že se snažíme tvářet za tepla vždy na jedno ohřátí, protože s každým ohřevem se zvyšují tzv. ztráty opalem o (3 až 5) [%]. Jde o zoxidovaný materiál za tepla – tzv. **okuje**, které se z povrchu odlupují ve formě šupin.

Výhodou tváření za tepla je tedy nižší přetvárná práce, naopak **nevýhodou** je nižší dosažitelná přesnost tvaru a rozměrů a s tím spojená nutnost vyšších přídavek na dokončování a také vyšší spotřeba materiálu.

Pokud je tváření dokončeno pod dolní teplotou tváření, je tváření posuzováno jako tváření za studena, které v podstatě může probíhat i za teplot blízkých teplotě místnosti. Pro **tváření za studena** je charakteristické **zpevnění** materiálu, které je tím větší, čím je **větší stupeň přetváření** a také čím je **nižší teplota**, při které tváření probíhá.

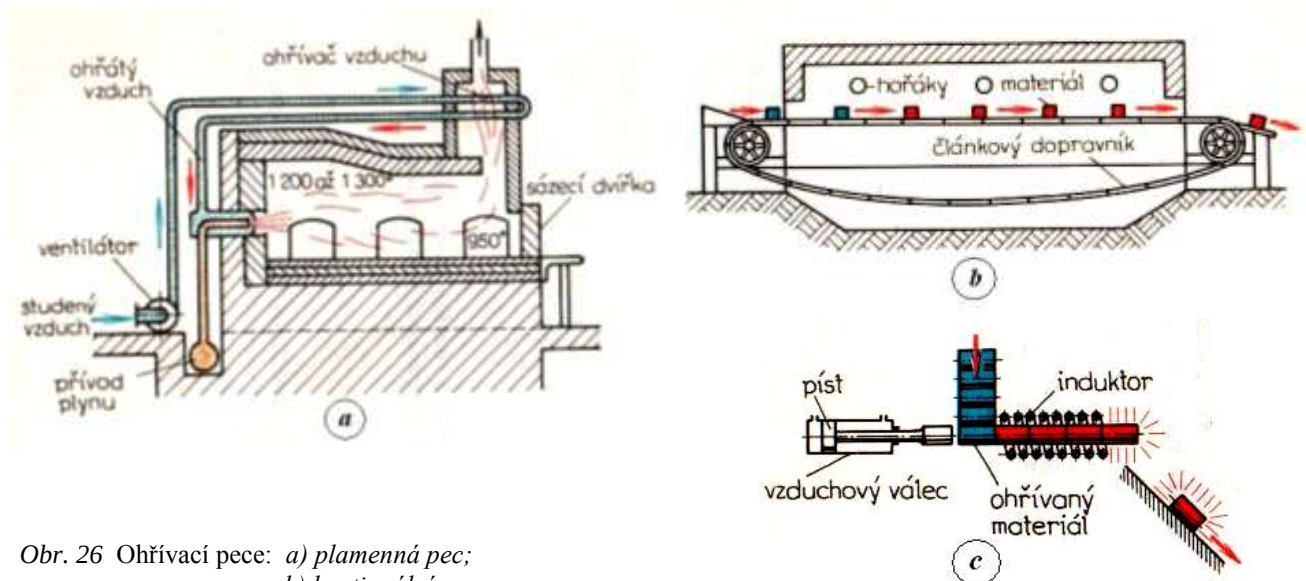
Proti tváření za tepla, lze **tvářením za studena** získat výrobky podstatně **přesnější** co do tvaru i rozměrů a navíc s **vysokou čistotou povrchu**, avšak za cenu vyšší spotřeby energie, neboť přetvárná práce je vyšší. Odpadá však energie potřebná pro ohřátí na tvářecí teplotu v peci.

Ohřívací pece

Materiál určený k tváření se ohřívá v pecích různého provedení velikosti a výkonu. Následující obr. 26 zachycuje tři nejčastěji používané **ohřívací pece**:

- **plamenné**
- **průchozí (kontinuální)**

➤ **elektrické indukční.**



Obr. 26 Ohřívací pece: a) plamenná pec;
b) kontinuální pec;
c) indukční vysokofrekvenční ohřev

Ze schéma uvedeného na obr. 24 dále vidíme, že metody tváření ve strojírenských podnicích je možno rozdělit do dvou velkých skupin:

- **Tváření objemové,** které vychází hlavně z tyčových polotovarů. Žádaného tvaru dílce dosáhneme tvářením výchozího polotovaru, přičemž během tváření se mění průřez nebo tvar výchozího polotovaru. Částice materiálu se přemísťují v celém objemu, ale jeho velikost se nemění. Materiál se však během tváření zpevňuje a současně klesá jeho tažnost. Tím je omezen počet tvářecích operací.
- **Tváření plošné,** které vychází zejména z polotovarů jako jsou plechy a pásy často smotané do svitků. Žádaného tvaru součásti se dosáhne bez podstatné změny průřezu nebo tloušťky výchozího polotovaru – nejčastěji plechu.

1.1.2 Výroba hutních polotovarů

Hutní polotovary jsou jedním z nejpoužívanějších druhů polotovarů ve strojírenství, a proto jsou normalizovány v různých profilech o různé rozměrové a geometrické přesnosti buď z ocelí a nebo z neželezných kovů. Hutě je dodávají v rovném tvaru – tyče, ve svitcích – dráty, v pruzích a pásech – plechy.

1.1.2.1 Válcované polotovary

Ztuhlé ocelové ingoty o hmotnosti asi 10 [t] se rovnoměrně prohřejí v hlubinné peci na teplotu asi 1 100 [°C] a válcují se na tzv. **předvalky**. Z nich se pak válcují konečné produkty **válcoven – vývalky** - tyče, kolejnice, plechy pásy, trubky apod.

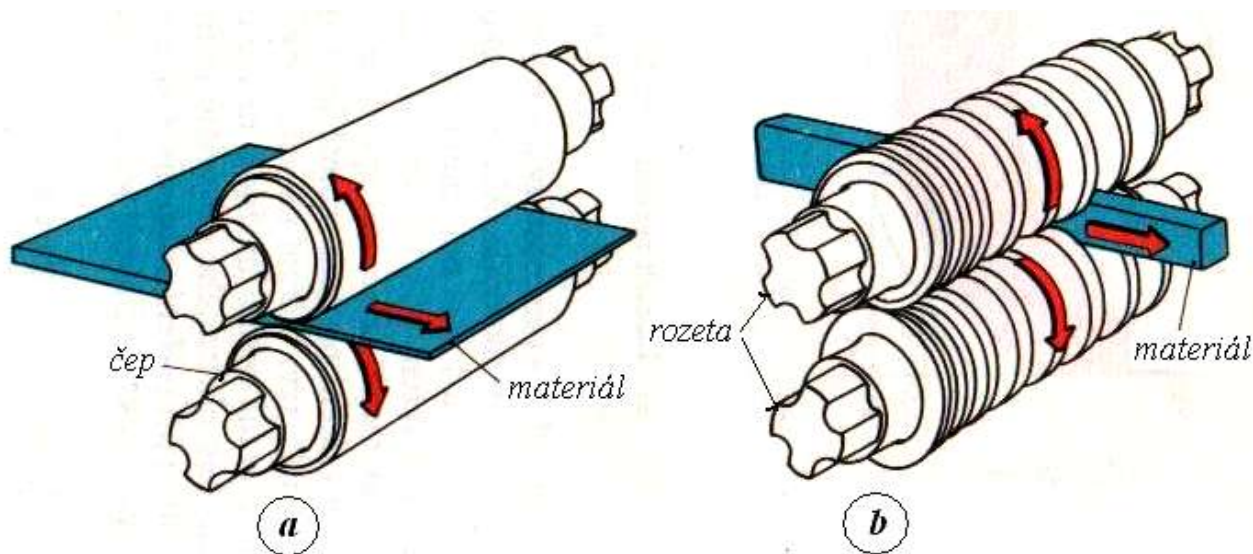
Válcování je tváření kovů *rotujícími válci*. Materiál je mezi ně vtahován a zároveň stlačován a prodlužován. Podle teploty tváření může probíhat buď *za tepla* nebo *za studena*.

Podle uložení os válců vzhledem k válcovanému materiálu a podle průběhu deformace rozeznáváme válcování:

- **podélné** - materiál se tváří v podélném směru – válcují se tak hlavně plechy, pásy, tyče apod.;
- **příčné** - materiál kruhového průřezu se tváří v radiálním směru – válcují se tak osazené hřídele;
- **kosé** - materiál kruhového průřezu je tvářen mezi dvěma válci s mimoběžnými osami – válcují se tak bezešvé trubky.

Válce – hladké nebo kalibrované jsou ukončeny tzv. **rozetami**, které zabezpečují přenos velkého krouticího momentu od hnacího mechanismu. **Válce** jsou uloženy svými **čepy** v **ložiskách stojanů** a s příslušenstvím, které umožňuje především manipulaci s materiálem, tvoří **válcovací stolici**. Protože se práce většinou nedokončí na jedné válcovací stolici, jsou válcovací stolice uspořádány buď *za sebou* nebo *vedle sebe* a tvoří tak **válcovací trať**. Podle hmotnosti **předvالكů** a **vývالكů** rozlišujeme **válcovací tratě těžké, hrubé, střední a jemné**.

Podle počtu válců a způsobu práce jsou válcovací stolice **dvouválcové (dua)**, **trojválcové (tria)**, **čtyřválcové (kvarta)**, **univerzální aj.** **Žádaného rozměru vývالكu** se dosáhne buď *postupným přibližováním válců – po úběrech*, nebo *změnou kalibru* – tj. díry mezi tvarovanými povrchy válců.



Obr. 27 Válcovací duo: a) s hladkými válci; b) s kalibrovanými válci

Válcování tyčí - různých průřezů - kruhové, čtvercové, obdélníkové, šestihranné, L, I, U, kolejnice apod. různých rozměrů (viz ST) a různých délek (od 3 [m] do 12 [m]) se válcují na tzv. **profilových válcovacích stolicích s kalibrovanými válci**. Válcovaný materiál prochází postupně zmenšujícími se kalibry aniž se válce k sobě přibližují. Poslední kalibr má tvar a rozměr konečného tvaru a rozměru vývالكu.

Válcování plechů - se provádí na **válcovacích stolicích s hladkými válci** z plochých předvالكů – **ploštin**. Nejprve se válcují tzv. napříč a po dosažení požadované šířky plechu se předvالك otočí o 90° a válcuje se na délku. Dosáhne se tak rovnoměrné tloušťky plechu a sníží se anizotropie materiálu, tj. nebudou tak velké rozdíly vlastností v příčném a podélném směru

válcování. Vyrábějí se **plechy tlusté** (tloušťka větší jak 3 [mm]) a **plechy tenké** (do 3 [mm]) a dodávají se v tabulích různých rozměrů – viz ST a katalogy výrobců. Podle použití se rozlišují např. *plechy kotlové, stavební, k hlubokému tažení apod.*

Povrch plechů může být buď *přírozený* – kovově lesklý nebo matný, pokovený – např. pozinkovaný, pocínovaný apod., nebo povrchově upravený – např. lakem, nebo plastem.

Aby měl plech hladký povrch a velkou přesnost *válcuje se nejprve za tepla* a takto získaný polotovar se *doválcovává za studena*.

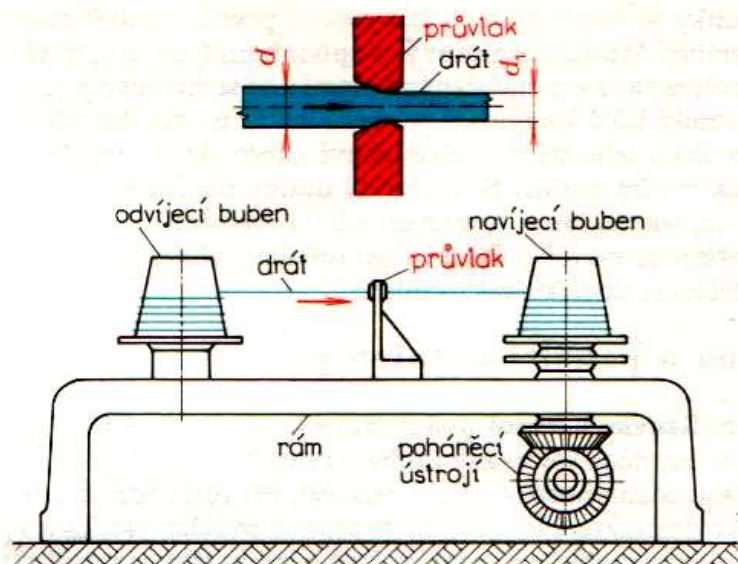
Válcování pásů - provádí se obdobně, rovněž za tepla, či za studena, avšak dodávají se v *pruzích* nebo ve *svitcích*.

Válcování drátů - provádí se na speciálních kontinuálních válcovacích stolicích a to za tepla od průměru 5 [mm] nahoru. Průměry menší jak 5 [mm] se vyrábějí tažené.

1.1.2.2 Tažené polotovary

Válcované polotovary je třeba většinou obrábět, protože mají nízkou přesnost rozměru a v některých případech nevyhovují ani svou kvalitou povrchu, který je okujený. Proto slouží pouze jako výchozí materiály, které se protáhnou (kalibrují) přes průvlastky (kalibry) z kalené oceli nebo ze slinutého karbidu, čímž vzniknou **tažené polotovary za studena**.

Tažení tyčí - se provádí na **tažných stolicích**. Produktem jsou **tažené tyče**, které jsou velmi *přesné* – vyrábějí se s *úchytkami rozměrů h9, h11 a h12* a navíc mají *vysoce kvalitní lesklý povrch*, který není třeba obrábět, a proto se používají hlavně v sériové a hromadné výrobě strojních součástí na revolverových soustružích a soustružnických automatech.

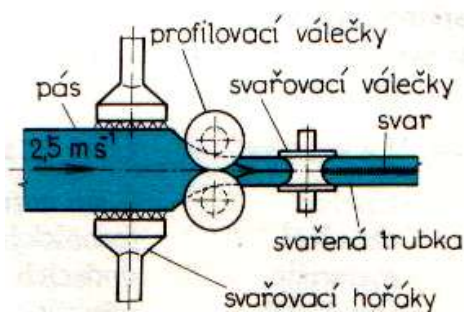


Obr. 28 Kontinuální tažná stolice – drátotah

Tažení drátů - do průměru 5 [mm] se provádí na **kontinuálních bubnových tažných stolicích – drátotazích**. Drát se protahuje postupně stále menšími kalibry až dosáhneme žádaného rozměru. Tažením se u drátu vyčerpává plasticita. Po několika tazích – většinou po 3, je drát již natolik křehký, že nelze dále táhnout bez porušení. Pro obnovení jeho **tvářitelnosti** se musí proto tzv. **patentovat**, což je zvláštní způsob žihání ocelových drátů v olověné lázni při teplotě asi 550 [°C]. Po tomto tepelném zpracování lze v redukci průměru pokračovat dál.

1.1.2.3 Výroba trubek

Ocelové trubky se vyrábějí za tepla nebo za studena buď jako **svařované** nebo jako **bezešvé**. Jejich povrch může být buď okujený, mořený nebo lesklý. Na zvláštní objednávku může mít jejich povrch různé ochranné povlaky.



Obr. 29 Trubky švové podélně svařované

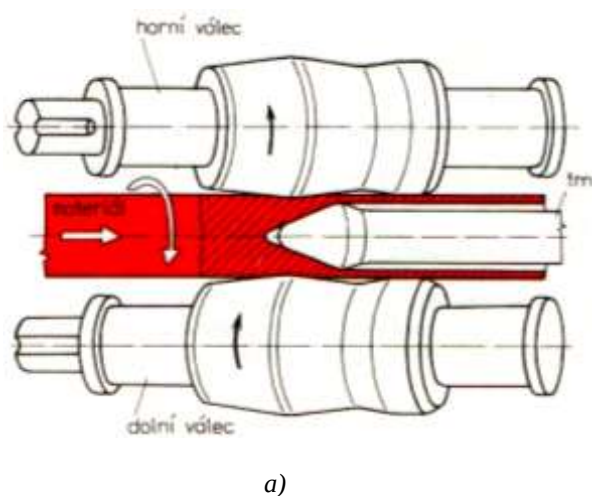
Trubky svařované - vyrábějí se na speciálních linkách z pásů, které se svinou a svaří se buď na tupo nebo přeplátováním – trubky menších průměrů se svařují podélně – **švové podélně svařované trubky**, velké průměry se svařují buď podélně a nebo se pásy svinují ve šroubovici a pak se svařují – **trubky svařované ve šroubovici**.

Trubky bezešvé - mají vyšší pevnost a také těsnost proti trubkám svařovaným, i když se zdokonalením technologie svařování se oba druhy kvalitativně dnes již hodně blíží. Nicméně jsou oblasti ve strojírenství, kde z pevnostního hlediska vyhovují pouze trubky bezešvé, jejichž výroba je náročnější, a proto jsou také dražší.

Vyrábějí se hlavně **Mannesmannovým způsobem** – viz obr. 30, při kterém se vývalek válcuje mezi dvěma bombírovanými válci s mimoběžnými osami. Oba válce se otáčejí stejným směrem a mezi ně je vložen předvalek plného kruhového průřezu, čímž vznikne jeho šroubovitý pohyb, tj. rotační a současně axiálně posuvný, což vyvolá uvnitř válcovaného materiálu velké tahové napětí, kterým se vývalek ve středu poruší – vznikne dutina, kterou trn pouze zkalibruje a vyhladí její povrch.

Tímto způsobem se vyrábějí krátké tlustostěnné polotovary, ze kterých se potom například na **poutnických stolicích** válcují bezešvé trubky v široké škále vnějších průměrů a tloušťek stěn v určitých výrobních délkách. Vše je dáno příslušnými normami ve ST a v technických dodacích předpisech. Lze tak válcovat i tenkostěnné čtyřhranné profily tzv. MSH – Mannesmann Stahlbau Hohlprofile, které se používají již několik desítek let pro realizaci stavebních ocelových konstrukcí.

Kromě Mannesmannova způsobu se používá hlavně pro výrobu trubek menších průměrů **způsob Stiefelův**, který je principiálně stejný, avšak místo válců se používají kotouče.



Obr. 30 Mannesmannův způsob výroby bezešvých trubek: a) princip; b) skutečná výroba tlustostěnného polotovaru

Tyč kruhová 30 – 200 A – ČSN 42 5510.11 – 11 373.0
nebo zkráceně: *KR 30 – 200 A – ČSN 42 5510.11 – 11 373.0*

Tyč plochá válcovaná za tepla o šířce 20 mm, tloušťce 8 mm a délce 500 mm, zvýšená přesnost výroby, podle ČSN 42 5522 k užívání s povrchem po válcování, rovnaná, z oceli 11 375 ve stavu normalizačně žíhaném se označí:

Tyč plochá 20 x 8 – 500 Z – ČSN 42 5522.01 – 11 375.1

nebo krátce: *PLO 20 x 8 – 500 Z – ČSN 42 5522.01 – 11 375.1*

Sortiment hutních polotovarů je velmi široký. Běžně používané polotovary jsou uvedeny ve strojnických tabulkách včetně jejich označování a vysvětlení bližšího významu doplňkových čísel u jednotlivých druhů hutních polotovarů. Ještě podrobnější sortiment uvádí katalogy výrobních programů výrobců a dodavatelů hutních polotovarů, z našich např. Feron, a. s., nebo např. rakouská firma Voest Alpine apod..

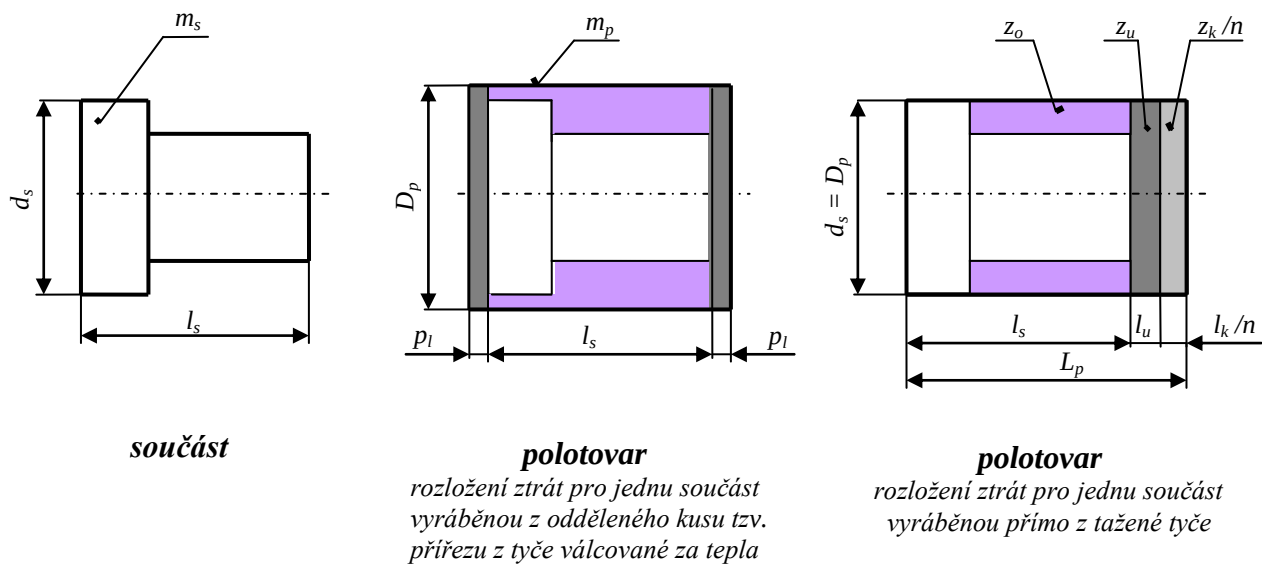
Každý strojírenský podnik má skladem podle charakteru výroby pouze určité položky sortimentu hutních polotovarů. Konstruktor i technolog musí mít dokonalý přehled o sortimentu „svého“ podniku a ten přednostně používat při návrzích konstrukce, což usnadňuje zásobování výroby vstupním materiálem, usnadňuje realizaci výroby, zkracuje čas průběhu zakázky, snižuje výrobní náklady a tím i cenu výrobku.

Volba rozměru polotovaru má vliv na spotřebu materiálu, na pracnost výroby a tím i na produktivitu práce. Hutní polotovary se v přípravných materiálu, které jsou většinou součástí skladu hutních polotovarů, dělí na rozměry větší o přídavky, jejichž velikost závisí na dalším zpracování materiálu.

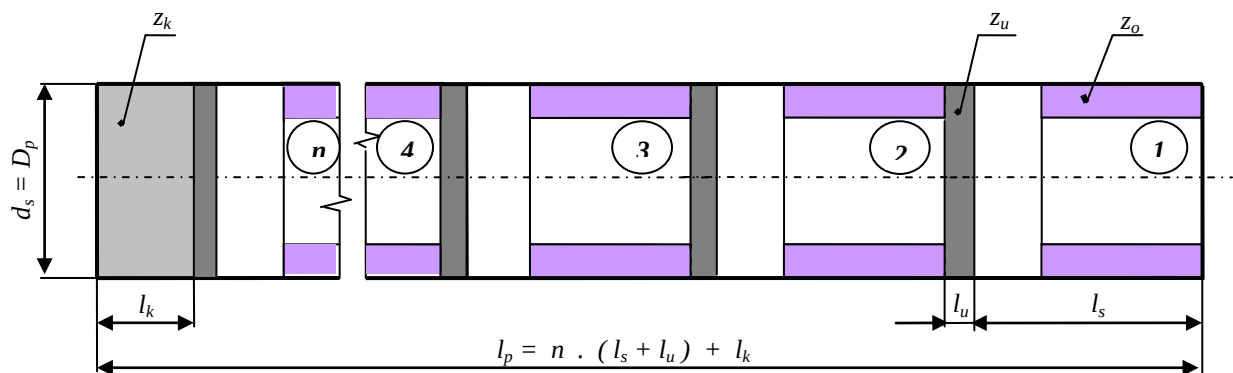
Ve strojírenských podnicích se nejčastěji používají tyčové hutní polotovary, z nichž se vyrábějí součásti na soustruhu. Podle charakteru výroby technolog nejprve rozhodne zda se daná součást bude vyrábět z jednotlivých předem dělených polotovarů například řezáním - dnes nejčastěji již na pásové pile – zejména v případě kusové a malosériové výroby, nebo zda se budou součásti obrábět přímo z tyče a následně upichovat. Druhý způsob je vhodný v případě sériové výroby na revolverovém soustruhu.

Aby se hospodárně nakládalo z materiálem, zpracovává se **norma spotřeby materiálu**, která zohledňuje i odpad, který nutně při obrábění vzniká a představuje **ztráty**, které můžeme rozdělit na:

- **Ztráty upichováním** z_u - závisí na způsobu upichování, tj. na šířce upichovacího nože.
- **Ztráty koncovým odpadem** z_k - vznikají jestliže délka tyče není násobkem délky součásti včetně délky pro upichování a počtu kusů, dále zde je zahrnut konec tyče l_k , který je nutný pro upnutí při obrábění poslední součásti a také konce tyče, které nejsou rovné a nelze je pro výrobu součásti využít. Ztráty na jeden kus jsou z_k / n .



Obr. 31 Vliv polotovaru součástí na ztráty a spotřebu materiálu



Obr. 32 Polotovaru – tažená tyč pro výrobu n součástí vyráběných přímo z tyče upichováním

➤ **Ztráty obráběním** z_o - vznikají postupným odebráním přebytečného materiálu z polotovaru v podobě třísek.

➤ **Celkové ztráty materiálu** u jedné součásti můžeme vyjádřit:

$$z_m = z_o + z_u + \frac{z_k}{n} \quad [\text{kg}]$$

➤ **Norma spotřeby materiálu** u jedné součásti je-li hmotnost polotovaru m_p bude dána vztahem:

$$N_m = m_p + z_m \quad [\text{kg}]$$

➤ **Koeficient využití materiálu** k_m vyjádříme jako podíl hmotnosti součásti m_s a normy spotřeby materiálu N_m :

$$k_m = \frac{m_s}{N_m}, \quad k_m = 0,6 \text{ až } 0,8$$

Přidavky na obrábění tyčového materiálu

Rozlišujeme přídavek na průměr p_d a přídavek na délku p_l . Jedná se o **celkové přídavky**, které dělíme na *přídavky na hrubování* a na *obrábění na čisto*.

Velikost přídavku na průměr p_d lze orientačně stanovit z empirického vzorce:

$$p_d = \frac{5 d_s}{100} + 2 \quad [\text{mm}]$$

Výše uvedený vztah platí hlavně pro případ obrábění součásti, jejímž **polotovarem je kruhová tyč válcovaná za tepla**, nebo musí-li se povrch součásti v každém případě obrábět. Pokud se použije tyč tažená, je ve většině případů maximální průměr součásti roven průměru polotovaru:

$$(d_s)_{\max} = D_p \quad \text{a potom je} \quad p_d = 0$$

Tento případ je velmi důležitý zejména v sériové výrobě, neboť se výrazně sníží norma spotřeby materiálu, naopak se zvýší koeficient využití materiálu a zvýší se tak efektivita výroby.

Přídavek na délku p_l závisí na mnoha činitelích – např. na pevnosti obráběného materiálu, na druhu výrobních zařízení (na stroji, na kterém se dělí materiál – pila rámová, kotoučová, pásová, apod.), na nástroji, na průřezu součásti, na výsledné přesnosti čelních ploch, zda výrobní postup stanoví obrábění s využitím jednoho nebo dvou středících důlků a přitom na hotové součásti nesmějí středící důlky zůstat apod. Tyto všechny případy jsou podrobně zpracovány ve strojnických tabulkách, kde jsou také uvedeny hodnoty.

Je dobré si pamatovat zjednodušená kritéria pro hodnoty **jednostranných přídavků na délku p_l** : do průměru materiálu 150 mm se volí $p_l = 1$ mm, nad průměr 150 mm se volí $p_l = 1,5$ mm, přičemž pro sériovou výrobu jsou tyto hodnoty poloviční.

1.1.3 Tváření kovů za tepla

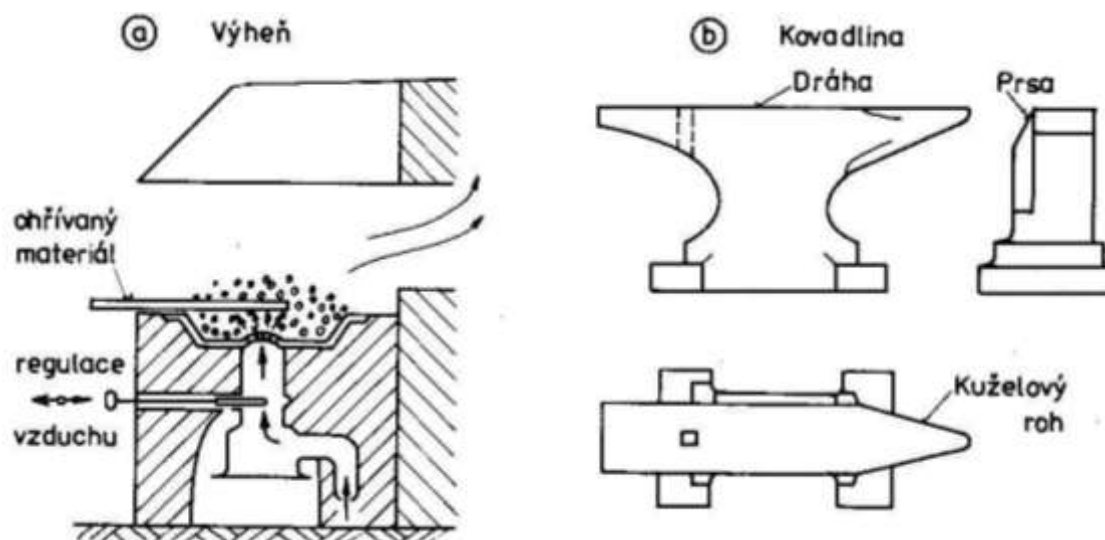
Nejpoužívanější způsob tváření kovů za tepla je **kování**. Jedná se o objemové tváření, u kterého se vychází z objemu budoucího výrobku, kterým je v tomto případě **výkovek**. Výchozím polotovarem jsou většinou **válcované sochory** nebo **tyče čtvercového** případně **kruhového průřezu pro kovárny**, které se dále dělí na potřebnou délku. Podle způsobu práce rozlišujeme **kování ruční** a **strojní**.

1.1.3.1 Ruční kování

Ruční volné kování je nejstarší, ale stále používanou metodou tváření kovů. Materiál ohřátý na tzv. kovací teplotu – u ocelí (1 000 až 1 200) [°C] se uchopí do kleští a tváří se údery kladiva. Přitom kovář a pomocník používají vhodné nářadí a nástroje, které volí podle druhu operace a podle požadované změny tvaru.

Základní nástroje a nářadí pro ruční kování

V menších kovárnách se materiál ohřívá v **kovářských výhních** různé konstrukce, které mohou být *stabilní* – viz obr. 33a), nebo *přenosné (polní)*.



Obr. 33 Kovářská výheň a kovadlina

Výheň má zděné nebo litinové ohniště. Vzduch se do ní vhání zespodu dmychadlem a jeho množství se reguluje šoupátkem. Kouřové plyny se odvádějí do odtahu spalin. Jako palivo se používá drobné spékané kamenné – kovářské uhlí, které vytvoří kolem místa největšího žáru krustu, která omezuje vyzařování tepla. Výjimečně se používá uhlí dřevěné. Teplota ohřátého materiálu se určuje spíše odhadem – podle barvy, která se u oceli mění od tmavě červené po bílou:

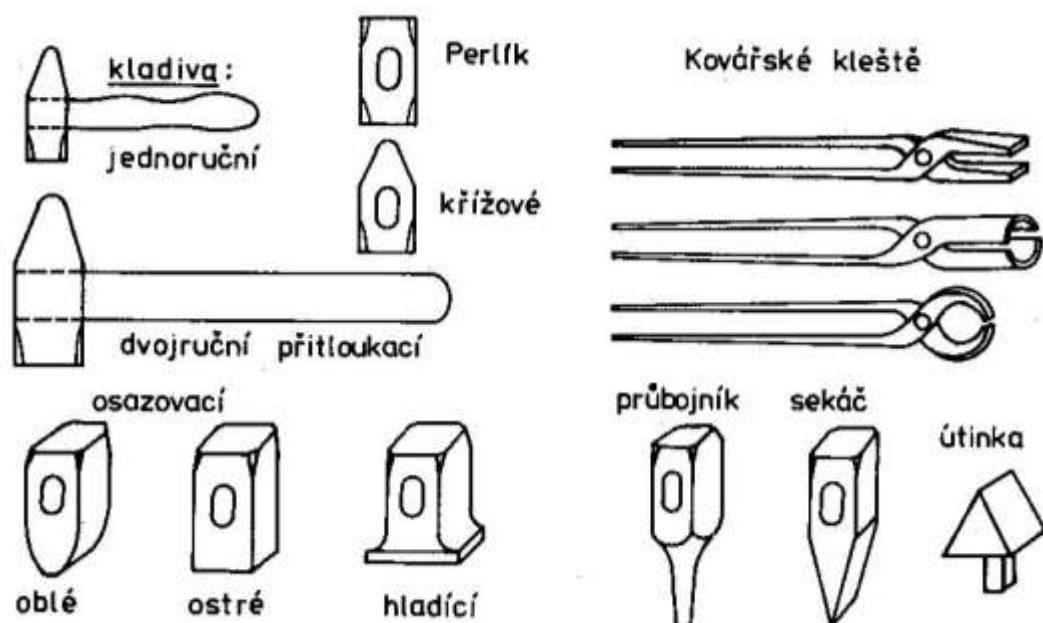
700 [°C]	- tmavě červená
800 [°C]	- třešňová
850 [°C]	- světle červená
950 [°C]	- žlutočervená
1 100 [°C]	- žlutá
1 200 [°C]	- světle žlutá až bílá

Přesnost odhadu teploty je závislá na vnějším osvětlení – spolehlivě lze podle barvy určit teplotu ohřátého materiálu jen v tmavší místnosti. Při překročení teploty 1 250 [°C] se rozžhaví ocel do běla a na vzduchu silně jiskří – oxiduje a je nebezpečí jejího „spálení“, čímž dojde k znehodnocení materiálu, neboť jde o nevratný jev. Materiál se při kování na rozpadá – nedá se tedy kovat.

Pracovní základnou kováře je **kovadlina** – viz obr. 33b), která musí mít dostatečnou hmotnost – asi (10 až 20) krát větší než je hmotnost kladiva, tj. obvykle (50 až 200) [kg].

Kovadlina má pracovní plochu, zvanou **dráha**, která je na příčném řezu mírně vypouklá, na pravé straně přechází v **kuželový roh** a na levé straně v **ploché roh** se **čtyřhranným otvorem** pro vkládání **pomocných nástrojů**. Přední šikmá plocha od kovadliny – vzdálenější od kovářského mistra, se označuje jako **prsa**. Kovadlina bývá usazena na **dřevěném špalku**, nebo na plechovém sudu vyplněném pískem, aby rázy byly tlumeny a nepřenášely se do půdy kovárny.

Aktivními nástroji při ručním kování jsou **kladiva** - jednoruční (hmotnost do 2 [kg]), dvouruční – přitloukáci (hmotnost do 10 [kg]). Pokud mají **nos** rovnoběžný s násadou, označují se jako **příčná** – **křížová**. **Perlík** je přitloukácí kladivo s oboustrannou ploskou. S přitloukáci kladivy pracuje pomocník, mistr pracuje s jednoručními kladivy a dále s těmi nástroji, na které pomocník přitlouká.



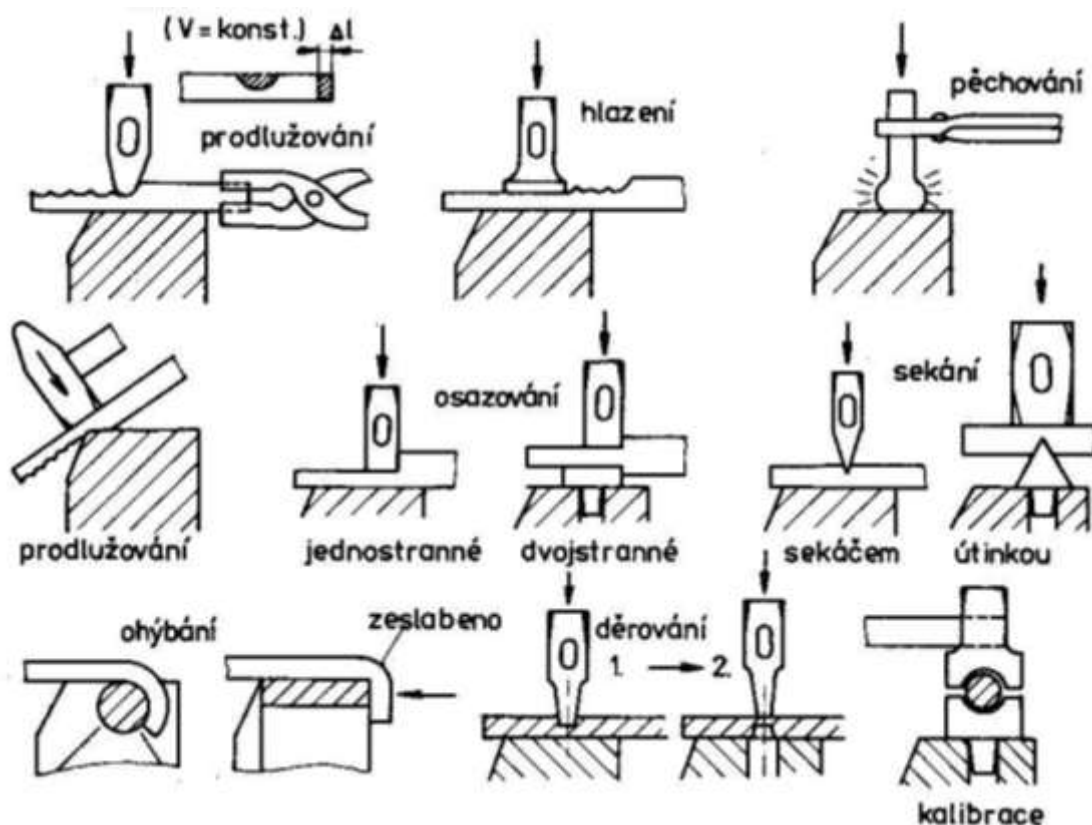
Obr. 34 Kovářské nástroje pro ruční práce

Při kování je nezbytná řada pomocných nástrojů – viz *obr. 34*. Především materiál ohřátý ve výhni se drží v **kleštích**, které mají tvar kleštin přizpůsobený tvaru kovaného materiálu. Rukojeti je možno k sobě přitisknout sponou, aby je nemusel kovář svírat. Při práci s přitloukáním se používají **osazovací** a **hladící kladiva** – **sedlíky** různého tvaru, dále **sekáče** a **průbojníky**.

Do otvoru v dráze kovadliny se vsazují **pomocné tvarové kovadlinky**, např. **babka** s rovnou plochou, **útinka** pro odsekávání materiálu, **vlček** ve tvaru kužele pro ohýbání apod. **Průbojníky** se probíjejí kruhové nebo čtvercové otvory. K pomocnému nářadí patří také **jednoduché zápustky**, kterými se může kalibrovat průřez vykované tyče.

Základní kovářské práce

Patří sem především **pěchování**, kterým se zvětšuje průřez polotovaru. Materiál se v určitém místě nahřeje a pěchuje se údery působícími ve směru osy vykované tyče. Dále sem patří **prodlužování**, tj. kování do délky, kterého se dosahuje přímými rázy oblého ostří kladiva nebo údery ploškou kladiva na materiál položený napříč přes hranu kovadliny. Na tyči se přitom vytvářejí příčné nerovnosti, které se pak dodatečně **hladí** – například sedlíkem. **Osazováním** se dosáhne buď jednostranného nebo oboustranného seškrcení polotovaru. Pokud má být místo osazení zaobleno, používá se oblého osazovacího kladiva. **Sekáním** se odděluje požadovaná délka materiálu. Seká se pomocí útinky a sekáče. Obvykle se tyč položí na útinku, údery kladiva se zasekne z jedné a druhé strany zásek a poté se ručním sekáčem materiál úplně přesekne. Kovář při tom drží materiál a sekáč, pomocník přitlouká dvojručním kladivem. **Ohýbání** materiálu je náročnou operací hlavně tehdy, když se materiál v místě ohybu nesmí zeslabit. Ohýbá se přes hranu nebo přes roh kovadliny, případně přes čtyřhranný čep zasunutý do otvoru v dráze. Může se také použít ohýbací zápustka.



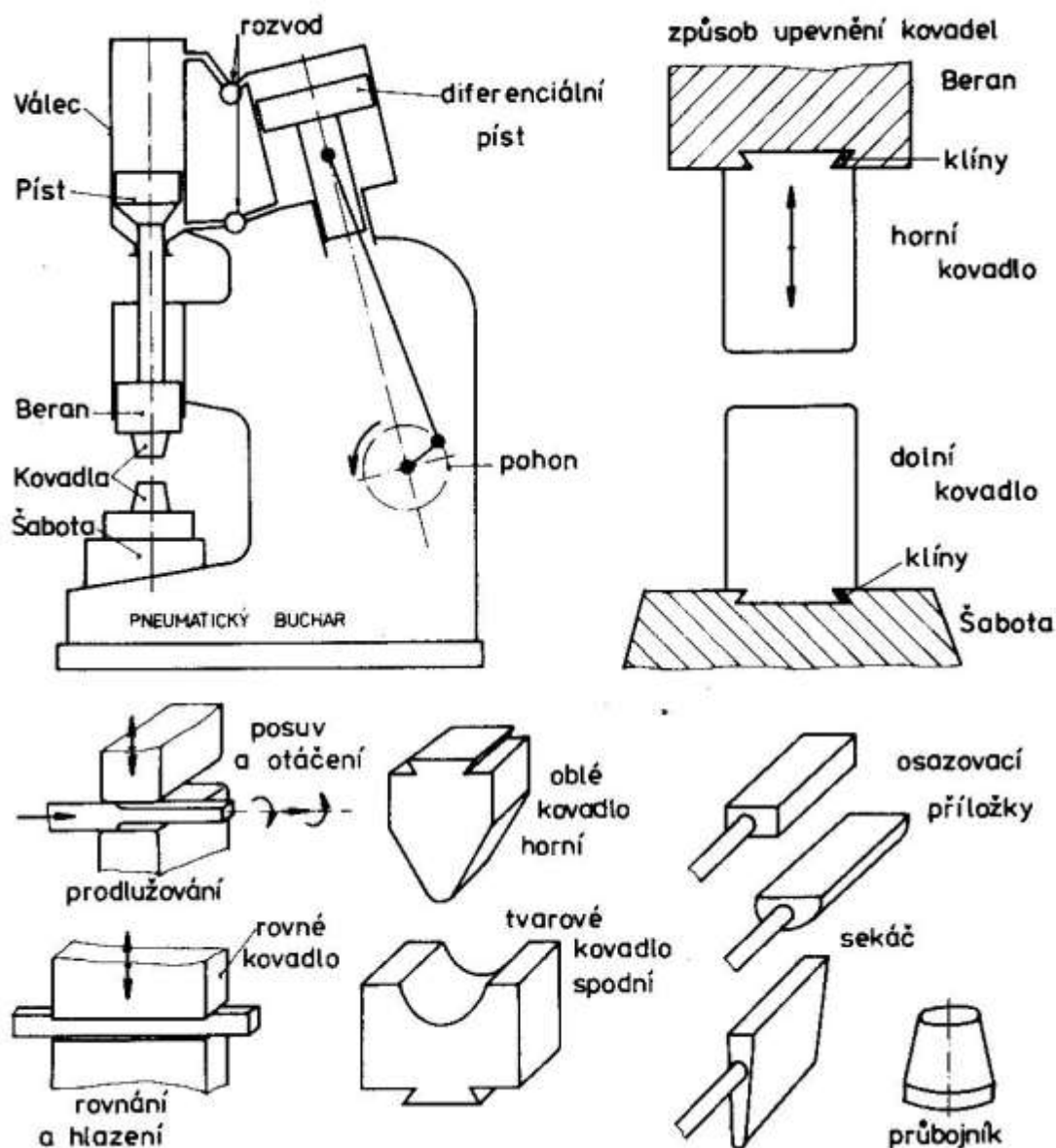
Obr. 35 Základní operace při ručním kování

Děrováním se prorážejí otvory. Průbojník se nejprve narazí z jedné strany do materiálu a z opačné se vyrazí vzniklá blána. **Kalibrováním** tyčí v zápustkách se současně hladí jejich povrch a zlepšuje se rozměrová přesnost.

Možnosti ručního kování jsou omezeny hmotou a energií kladiva, která není dostatečná k tomu, aby se materiál většího průřezu protvářel. Výsledek je dále závislý na zručnosti pracovníků a produktivita je poměrně malá. Proto se již před několika staletími začalo kovat strojně – nejprve to byly *hamry*, což byly *vodním kolem poháněné buchary*, z nichž se postupně vyvinuly a v dnešní době se používají modernější *buchary* a *kovací lis*y. Princip práce se však nezměnil.

1.1.3.2 Strojní kování

přesnějším názvem **volné strojní kování** se označuje **tváření materiálů na bucharech** – **rázem kovadel** nebo **na lisech** – **klidnou tlakovou silou**. Používá se při tom univerzálních nástrojů, jejichž tvar je podobný činné části nástrojů používaných při ručním kování.



Obr. 36 Schéma bucharu a nástrojů pro strojní kování

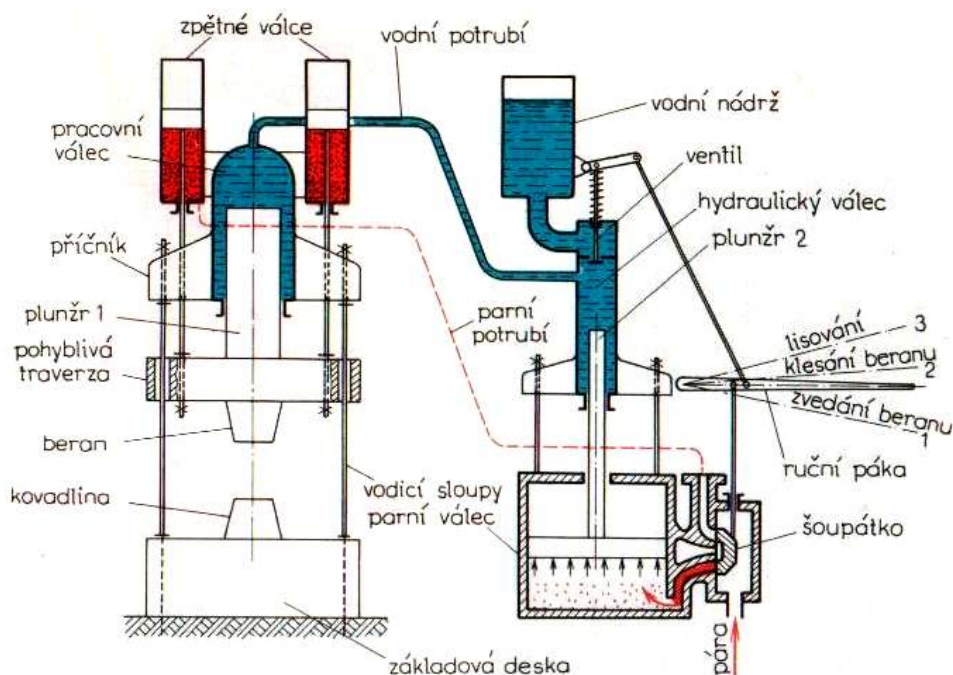
Kování na bucharech

je nejstarší metodou strojního kování a bezprostředně vzniklo z ručního kování tak, že kladivo je nahrazeno značně hmotnějším **beranem** o mnohonásobně vyšší energii rázu, kovadlina byla nahrazena **šabotou**. Původní **hamry** byly v podstatě **jednočinné padací buchary**, kde se beran strojně zvedal a volně padal na šabotu. Dnešní buchary pro volné kování jsou vesměs dvojčinné, tj. tlak pracovního média – vzduchu nebo páry, u nich působí střídavě na obě strany pístu, se kterým je spojený beran, který je tak jednak zvedán a také urychlován směrem k šabotě. Vhodně řešený rozvod umožňuje u těchto bucharů citlivě ovládat rychlost dopadu a tím také energii rázu. Běžně se používá pneumatický buchar, který je na obr. 36.

Do drážek beranu a šaboty se klíny upevňují **kovadla**, která mohou být **rovinná**, **oblá**, **kombinovaná** nebo **tvarovaná** – jde o napodobení činných ploch nástrojů pro ruční kování. Také pomocné nářadí má funkční tvar odvozen od nářadí používaného pro ruční kování, je však přiměřeně rozměrnější, hmotnější a vzhledem k podstatně většímu namáhání, je zhotoveno z kvalitnějších materiálů. Příklady kovadel a nářadí jsou rovněž zřejmé z téhož obrázku. Princip práce na bucharu je obdobný jako při ručním kování. Buchary značně zrychlily práci a hlavně

umožnily tvářet i rozměrnější dílce. Nebylo však technicky možné zvyšovat energii rázu nad určitou hranici a tím byl opět limitován největší možný rozměr polotovaru, který lze na bucharu protvářet. Bucharý se proto používají spíše pro menší a střední výkovky nebo pro výrobu předkovků. Rázy je prokovou spíše na povrchu. Na druhé straně jsou výkovky čisté – bez okují, které vlivem rázů opadají. Rázy je třeba tlumit pomocí speciálního uložení základů bucharu, aby se nepřenášely do základů kovárny, což je však dosti nákladné. Také hlučnost kování na bucharech působí podle nových poznatků dosti vážné zdravotní potíže.

Tyto nedostatky byly odstraněny teprve zavedením **hydraulických lisů** pro volné kování, které jsou však ve srovnání s buchary pomalejší, materiál v průběhu kování více chladne a nelze proto na nich kovat menší díly. Hydraulický lis s multiplikátorem zachycuje obr. 37.



Obr. 37 Hydraulický lis s multiplikátorem

Volné kování na lisech

Těžké a supertěžké výkovky, které mohou mít hmotnost i přes 100 tun, nelze kovat jinak než na **hydraulických lisech**. Z nich největší jsou dnes schopny vyvodit maximální kovací síly řádově 100 [MN]. Tváří se takto díly jaderných reaktorů, těžká kotlová tělesa pro chemickou výrobu, rotory turbin, klikové hřídele i pro lodní motory a podobné rozměrné a náročné díly. Vlastní kování může trvat s přestávkami pro výměnu nástrojů i mnoho hodin. *Výchozím polotovarem* jsou u těžkých výkovků vesměs *lité kovářské ingoty*.

Při volném kování na lisu je výsůvek prokovan v celém průřezu, což je výhodou proti kování na bucharu, nevznikají také rázy, neboť k tváření dochází klidnou tlakovou silou. Povrch výkovků je však silně okujený, což představuje jednak náročné čištění a také nutnost větších přídavků na opracování. Práce na lisech je však bezpečnější než práce na bucharech.

Výkovky zhotovené **volným kováním** mají společný nedostatek – nedají se až na výjimky zhotovit s vyšší přesností a kovají se proto se značnými přídávky na obrábění. Z toho automaticky vyplývá větší spotřeba materiálu a vyšší pracnost následného obrábění. Tyto nedostatky částečně odstraňuje **zápustkové kování**.

1.1.3.3 Zápustkové kování

Při **zápustkovém kování** je ohřátý materiál v plastickém stavu vtlačován do dutiny v ocelovém bloku – **zápustky**, jejíž tvar je shodný s tvarem výkovku, avšak rozměry jsou zvětšeny o hodnotu smrštění vychladlého výkovku. Materiál se nemůže volně šířit, a proto vytvoří otisk dutiny zápustky. **Kovací zápustka** je jednoúčelový nástroj - vesměs dělený, aby bylo možno vyjmout **zápustkový výkovek** z dutiny zápustky. Horní a dolní polovina musí proti sobě přesně dosednout, aby výkovek nebyl přesazený. Klasická – tzv. **otevřená zápustka** má do **dělicí roviny** mezi oběma polovinami zápustky umístěnu **dutinu pro výronek** – **výronkovou drážku**, kam je vytlačen přebytek kovu, který se v dalších operacích **ostříhne**. Vyrábějí se také **uzavřené zápustky**, které výronkovou drážku nemají. Kování v těchto zápustkách je technologicky náročnější, neboť je třeba velmi přesně stanovit objem výchozího materiálu – **předkovku**. V dalším se budeme zabývat pouze kováním v **otevřených zápustkách**, které je více používané.

Přesné vyplnění dutiny zápustky tvářeným kovem je možné jen po splnění těchto podmínek:

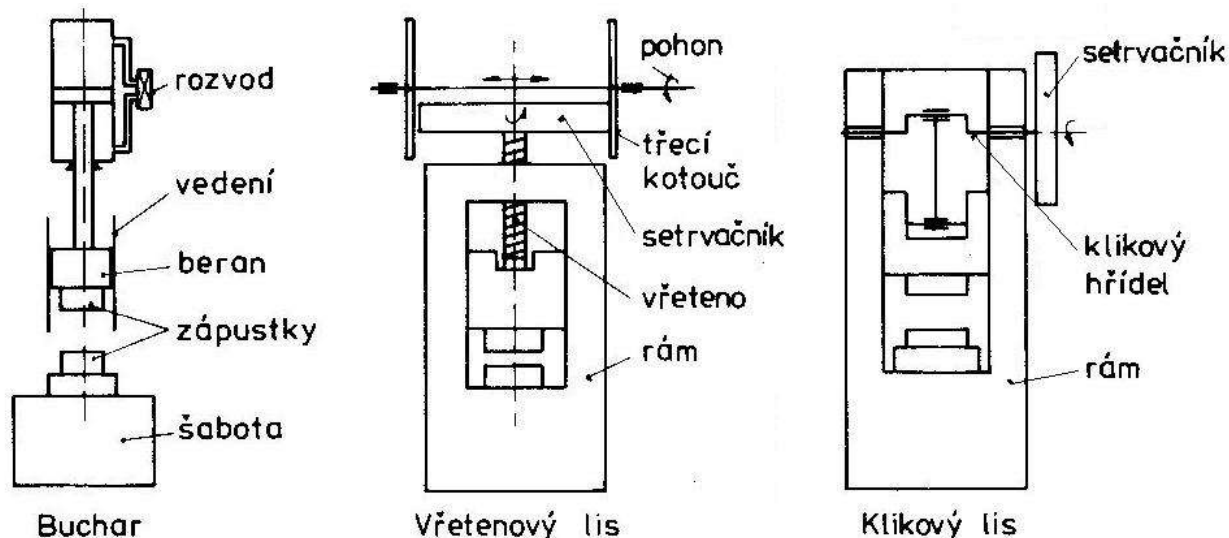
- Výchozí polotovar – předkovek musí mít větší objem než výkovek.
- Tvar předkovku musí být předem přizpůsoben tvaru dutiny, neboť materiál se šíří při pěchování stejnou rychlostí do všech stran; je to důležité hlavně u delších dílů složitějšího tvaru.
- Stroj – buchar nebo lis, musí být schopen vyvodit dostatečnou energii rázu respektive dostatečně vysokou tvářecí sílu – mnohem vyšší než při volném kování, protože pohybu materiálu v zápustce brání tření i složitý tvar dutiny.

Zápustkovým kováním se dosáhne vysokého stupně prokování a průběh vláken sleduje obrys zápustkového výkovku.

Zápustky se zhotovují z ocelí s vysokou odolností proti otěru a proti vysokým pracovním teplotám - např. z ocelí 19 650, 19 720 apod. Jejich pracovní dutina se vyrábí obráběním, mělké tvary nastřelováním nebo vtlačováním. Bývají ve stavu zušlechťeném.

Předností zápustkového kování je vysoká výkonnost a jednoduchá obsluha, a proto se používá v sériové a hromadné výrobě.

Pro **zápustkové kování** se používají především **buchary**, dále **vřetenové** a **klikové lisy** – viz obr. 38. Buchary se hodí pro hlubší a členitější výkovky, klikové lisy pro plošší výkovky, a vřetenové lisy, které mají velký pracovní zdvih jsou vhodné pro pěchovací operace, dále pro lisování menších výkovků, ohýbání, případně i ostříhávání. Výronky se však obvykle ostříhávají na klikových nebo výstředníkových lisech.



Obr. 38 Stroje pro zápustkové kování

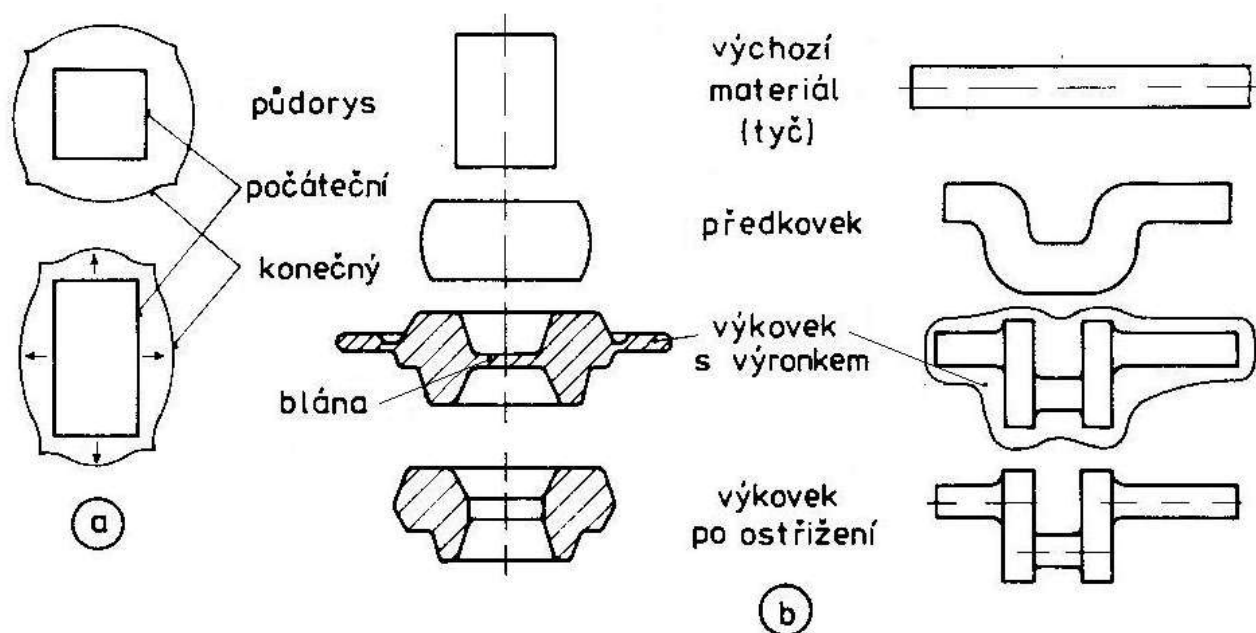
Postup výroby zápustkového výkovku

je znázorněn na obr. 39. Nejprve se oddělí požadovaná délka výchozího materiálu, tj. ze čtyřhranné nebo kulaté tyče. Materiál se ohřeje v peci na tvářecí teplotu. V případě jednoduchého výkovku se vloží přímo do dutiny v zápustce a zhotoví se přímo **zápustkový výkovek**. Častěji se však nejprve zhotoví **předkovek** – viz obr. 39, a teprve ten se vkládá do dutiny v zápustce, neboť se svým tvarem musí co nejvíce blížit hotovému výkovku. Předkovek se předkovává volně, v předkovací zápustce nebo na kovacíh válcích. Přebytek materiálu po dokonalém zaplnění dutiny uniká do výronkové drážky. **Výronek** se *ostříhne* v **ostřihovací zápustce**, případná **blána**, která vzniká při kování dílců s otvorem se *prostříhne*. Podle potřeby se výkovek někdy znovu vkládá do **dokončovací dutiny v zápustce**, kde se rovná a kalibruje. Mluvíme pak o kování v **postupových zápustkách**, které bývají konstrukčně řešeny tak, že mají výměnné vložky s postupně se přibližujícím tvarem až po konečný zápustkový výkovek. Pouze tyto, většinou kruhové vložky, jsou z nástrojové oceli a jsou uchyceny v typizovaných držácích již pouze z konstrukční oceli z důvodu snížení materiálových nákladů.

Tvar zápustkového výkovku je blízký tvaru výrobku, takže náklady na obrábění jsou nižší. Využití materiálu je obvykle lepší u volných výkovků, zdaleka ne však ideální. **Ztrátu** představují nejen různé **technologické přídavky** – *úkosity, přídavky na obrábění* a podobně, ale zejména **výronek**, jehož hmotnost může být u výkovku složitého nebo nepříznivého tvaru přes 20 % celkové hmotnosti, obvykle to však bývá kolem 10 % hmotnosti polotovaru.

Náklady na výrobu zápustek jsou poměrně **vysoké**, a proto je zápustkové kování ekonomicky výhodné až od určité velikosti série, neboť úspora materiálu a snížení nákladů na obrábění přímo souvisí s počtem vyrobených kusů.

Postup výroby typických zápustkových výkovků a pohyb materiálu při pechování v dutině zápustky, je zřejmý z následujícího obr. 39.



Obr. 39 Zápustkové kování: a) Šíření materiálu při pěchování v dutině zápustky
b) Fáze výroby typických zápustkových výkovků

Technologický postup zápustkového výkovku

K vypracování správného technologického postupu zápustkového výkovku je třeba provést následující činnosti:

- podle výkresu součásti nakreslit výkres výkovku;
- určit hmotnost a rozměry výchozího materiálu, popřípadě tvar předkovek;
- zvolit ideální předkovek;
- navrhnout zápustky i s ostřihávacími, popřípadě děrovacími, rovinami nebo kalibrovacími nástroji;
- určit druh a velikost tvářecího stroje.

Návrh výkresu zápustkového výkovku je výsledkem celého souboru činností:

1. Určíme umístění dělicí roviny – tj. polohu výkovku v zápustce. Aby materiál snadno vyplňoval dutinu zápustky, je třeba aby byl hlavně pěchován. Současně pro snadné následné vyjímání výkovku by měl být jeho obvod v dělicí rovině největší.
2. Určíme přídavky na obrábění, které závisí na jmenovitém rozměru a hmotnosti obrobku, dále na stupni obtížnosti kování (dle ST rozlišujeme stupeň obtížnosti **M1** a **M2**) v závislosti na materiálu **M**. Přídavky v rovině rázu se volí menší jak v rovině k ní kolmé, neboť šířka výkovků bývá větší než jejich výška.
3. Určíme úkosity pro snadné zabíhání materiálu a snadné vyjímání výkovku ze zápustky. Závisí na druhu použitého stroje, použije-li se vyhazovače, či nikoliv a na poměru šířky a výšky jednotlivých částí výkovku. Vnitřní úkosity volíme větší jak vnější.
4. Určíme poloměry zaoblení, které mají obdobný význam jako úkosity a jsou dány poměrem výšky a délky jednotlivých částí výkovku.
5. Určíme části, které se budou za studena kalibrovat, u průchozích děr naznačíme tvar předkování blány. Její hlavní rozměry – tloušťka a průměr závisí na velikosti díry.

6. Určíme rozměry výkovku i s mezními úchylkami, které jsou závislé na jmenovitém rozměru výkovku, jeho hmotnosti a stupni obtížnosti kování s ohledem na členitost tvaru výkovku S .

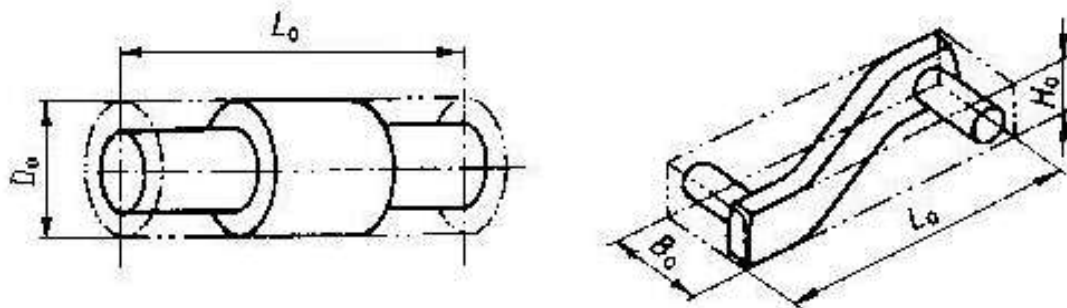
Ukazatel členitosti f tvaru výkovku určíme ze vztahu:

$$f = \frac{m_v}{m_o}, \text{ přičemž}$$

m_v hmotnost výkovku

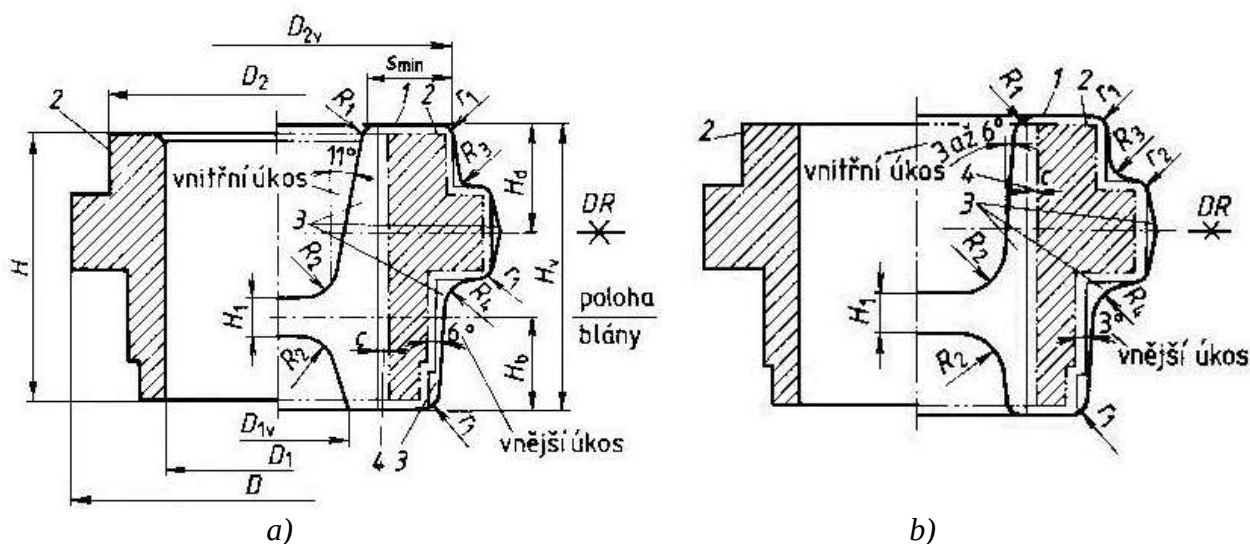
m_o hmotnost obalového tělesa o rozměrech D_o, B_o, H_o, L_o

Z tohoto ukazatele se určí **stupeň obtížnosti kování $S1, S2, S3$ nebo $S4$** a na jeho základě pak mezní úchyly dle ST.



Obr. 40 Obalové těleso a jeho charakteristické rozměry

- Podle předepsaného tepelného zpracování určíme tvrdost výkovku a místo pro jeho zkoušku tvrdosti.
- Nakreslíme výkres výkovku v měřítku 1 : 1 (v jiném výjimečně) a ve stejné poloze, v jaké leží v zápustce. Musí obsahovat všechny náležitosti a údaje potřebné jak ke kontrole a přejímání výkovku, tak i ke konstrukci zápustky a ostříhovadla.
- Výkres výkovku pojmenujeme – většinou stejně jako výkres hotové součásti s tím, že uvedeme do závorky za název ještě **VÝKOVEK**, například: **PÁKA (VÝKOVEK)**.



Obr. 41 Zápustkový výkovek zhotovený: a) na bucharu; b) na lisu

Legenda: 1 - tvar výkovku; 2 - tvar obrobené součásti
3 - technologický kovářský přídavek
4 - kovářský přídavek na obrábění

Z výše uvedeného obrázku jsou patrné rozdíly zápustkových výkovků zhotovených na bucharu a na lisu. Technologické úkosity jsou v případě zhotovení na lisu asi poloviční, a proto také technologické kovářské přídavky budou podstatně menší, což povede k úspoře materiálu.

Hmotnost a rozměry výchozího materiálu

Hmotnost výchozího polotovaru je dána součtem dílčích hmotností:

$$m = m_v + m_{ov} + m_p,$$

kde m_v hmotnost výkovku bez výronku a popřípadě bez blány;

m_{ov} hmotnost odpadu výronku, popř. blány přičemž přibližně platí:

pro výkovky hmotnosti $m_v \leq 5$ [kg] je m_{ov} až $0,2 m_v$,

pro výkovky hmotnosti $m_v > 5$ [kg] je m_{ov} až $0,15 m_v$.

Má-li výkovek díry, vypočte se hmotnost blány z jejího objemu podle výkresu výkovku.

m_p hmotnost odpadu na propal, bývá $m_p = (0,03 \text{ až } 0,04) m_v$

Jak již bylo výše řečeno, bývá výchozím polotovarem přířez kruhového, čtvercového nebo obdélníkového průřezu. Kove se z tyčí, sochorů nebo z bloků. Rozměry polotovaru pro kování na bucharu vypočteme z následujících empirických vztahů:

$$D_p = 1,08 \sqrt[3]{\frac{V_p}{w}}, \quad A_p = \sqrt[3]{\frac{V_p}{w}}, \quad L_p = \frac{V_p}{S_p}$$

kde A_p strana tyče nebo sochoru

D_p průměr tyče, sochoru

L_p délka polotovaru

V_p objem polotovaru

S_p průřez polotovaru

w koeficient zohledňující snadnost dělení tyčí – bývá 1,5 až 2,8. Doporučuje se volit raději větší hodnoty.

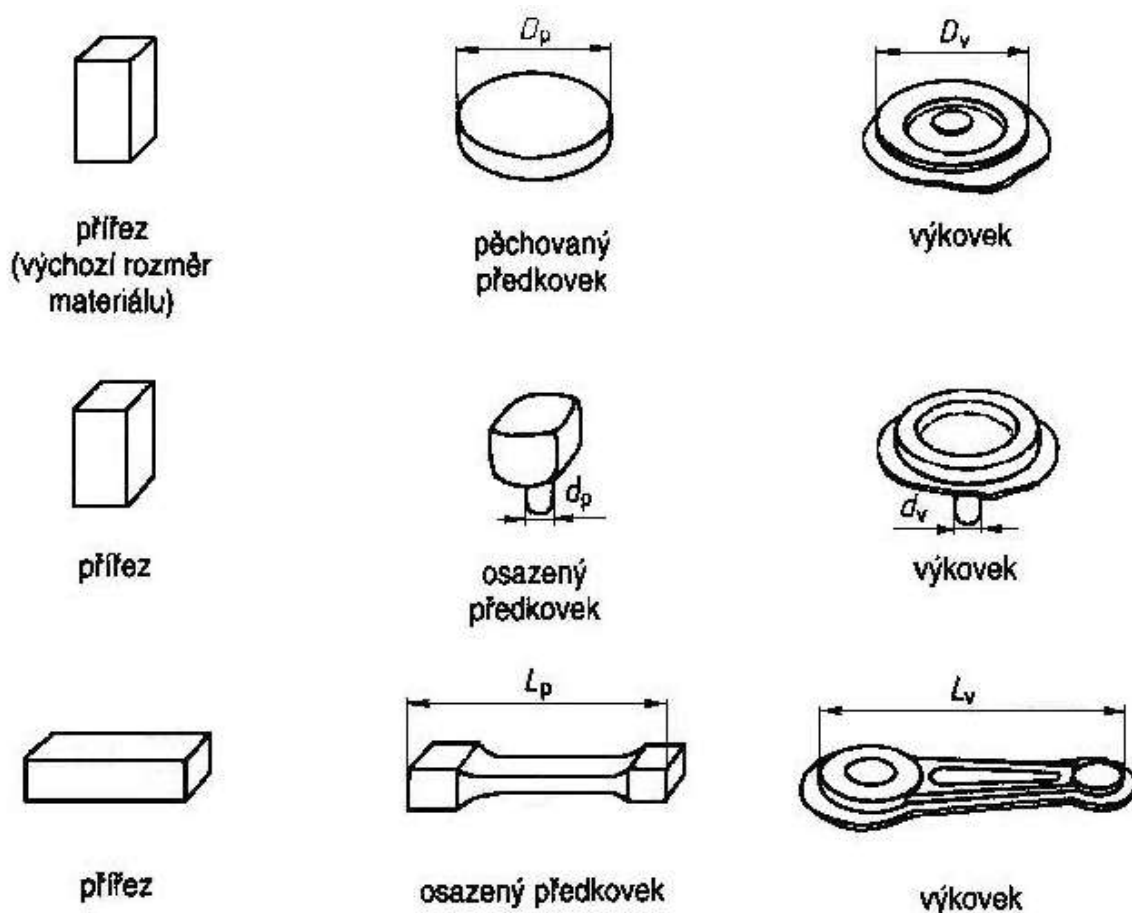
Konečný rozměr polotovaru se zaokrouhlí podle vyráběných rozměrů U kruhového průřezu se volí maximálně $L_p = 2,5 D_p$. Při větších délkách je nebezpečí zakřivení polotovaru a nebo vzniku přeloženin.

Volba ideálního předkovku

Je-li materiál při tváření v zápustkové dutině příliš přemísťován, jsou materiálová vlákna „rozstříknuta“ a nesledují obrys výkovku, což se projeví zhoršením mechanických vlastností i špatnou zabíhavostí do dutiny zápustky a vznikne vadný výkovek. Proto musí mít materiál vložený do zápustkové dutiny správný tvar tzv. **ideálního předkovku** - viz obr. 42. Pro výkovky *ozubených kol* se volí předkovek co nejvíce pěchovaný. *Výkovky s osazenými konci* se kovají buď *nastojato* – nejprve se předkovek osazená část, aby souhlasila s tvarem dutiny. Při kování výkovků *naležato* se materiál přemísťuje v příčném směru výkovku, a proto má příčný průřez výkovku stejnou plochu jako příčný průřez předkovku, bere-li se v úvahu i nezbytný výronek. *Předtvarovací*

dutiny **postupových zápuštěk** se u bucharů i u lisů řeší podle stejných zásad: *od konečného tvaru v dokončovací dutině se postupuje k předtvarovacím dutinám.*

Ideální předkovky typických tvarů výkovků běžně používaných ve strojírenství zachycuje obr. 42.



Obr. 42 Ideální předkovky typických tvarů výkovků

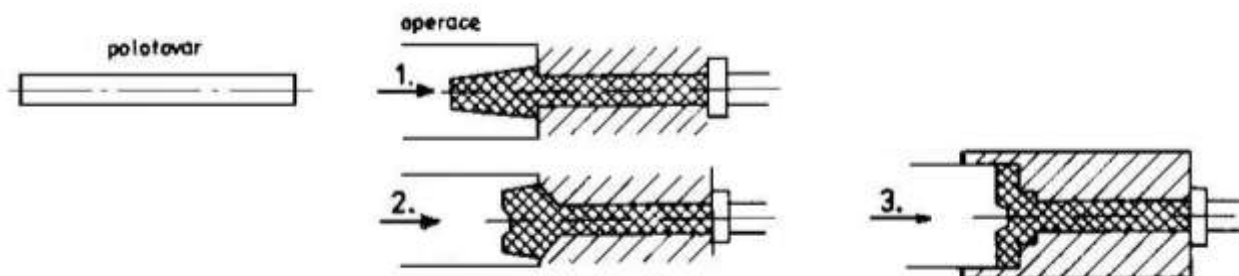
1.1.3.4 Zvláštní způsoby tváření za tepla

Rotační kování - aplikuje se pro realizaci změn profilu trubek a tyčí na rotačních kovacíh strojích, na kterých se provádějí speciální operace - zejména osazování kruhových nebo čtyřhranných tyčí, tváření drážkových dutin apod. Jde o bezodpadovou technologii.

Válcování předkovků - se aplikuje na kovacíh válcích, na kterých je několik tvarových segmentů, které tváří předkovek na požadovaný tvar při dosažení velkého stupně deformace. Tato metoda je vysoce produktivní – asi 5 x rychlejší než na bucharech.

Příčné klínové válcování – je metoda válcování tyčí kruhového průřezu, které jsou indukčně zahřáté a slouží k výrobě předkovků (vývalků) i pro výrobu rotačních tvarů na hotovo. Maximální průměr vývalku je 40 mm a délka 320 mm a dosahovaný výkon stroje je 10 až 20 vývalků za minutu.

Pěchování a protlačování za tepla – jsou metody patřící do skupiny objemového tváření a jsou opět prakticky bezodpadovou technologií přesného tváření, kdy výrobky vyžadují jen minimální dodatečné obrábění. Při **pěchování** je výchozím polotovarem tyč přesných rozměrů, která se po lokálním ohřevu pěchuje a dále tváří. Drobné díly je možno pěchovat i za studena, pokud má materiál vysokou tváritelnost – např. ocel po žíhání na měkko, hliník apod. Objem výchozího polotovaru musí být přesně stanoven.



Obr. 43 Pěchování

Vícecestné kování – je technologií, při které je materiál v uzavřené zápustce vystaven tlaku lisovníků z několika stran. Výkovky jsou přesné a s minimálními přídávky na obrábění.

1.1.4 Tváření za studena

Tvářením za studena, respektive **lisováním** se uskutečňuje trvalá změna tvaru materiálu bez úběru třísek působením vnější síly. Proces probíhá pod rekrytalizační teplotou materiálu. Podle převládajícího průběhu deformace je rovněž tváření za studena buď **plošné** nebo **objemové**. Lisování za studena se rozšířilo, neboť má mnoho předností – zejména velkou výkonnost, nízké výrobní náklady, minimální ztráty materiálu a příznivé podmínky pro automatizaci, což tuto technologii předurčuje pro aplikaci v moderní hromadné průmyslové výrobě.

Přehled a charakteristika základních prací lisovací techniky

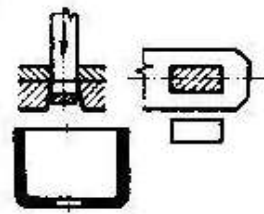
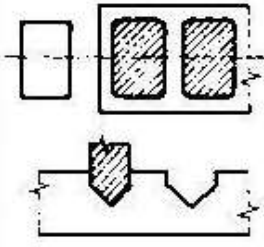
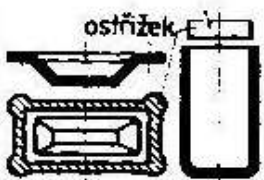
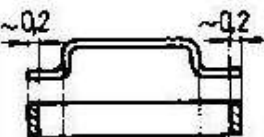
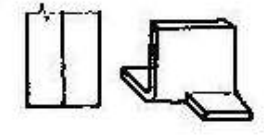
Základní práce lisování se podle ČSN 22 6001 nazývají **lisovací technika**. Je to zpracování kovových a jiných materiálů a polotovarů **stříháním** nebo **tvářením**, popřípadě obojím způsobem tak, aby se z nich zhotovil **polotovár**, nebo ještě lépe – **hotový výrobek**.

Stříhání je postup tváření, při kterém je materiál postupně nebo současně oddělován v celém průřezu.

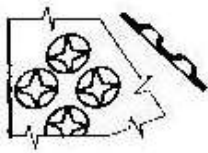
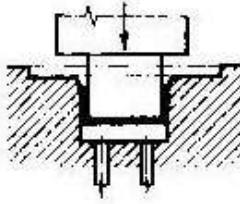
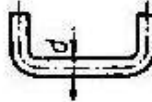
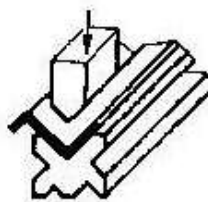
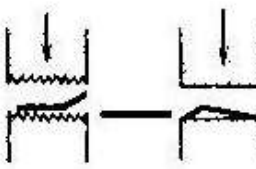
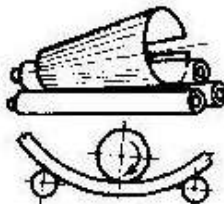
Tváření je mechanické zpracování materiálu, při kterém dochází k přemísťování částic materiálu v důsledku vyvozeného tahového nebo tlakového napětí, přičemž nedojde k porušení soudržnosti tvářeného materiálu. Podle potřeby převládá buď **tah** nebo **tlak**.

Přehled základních prací, charakteristika operací včetně vyobrazení s uvedením příslušných nástrojů a samotných výrobků tvoří ***názvosloví lisovací techniky***, jak je zřejmé z následující tabulky.

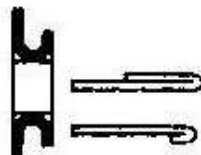
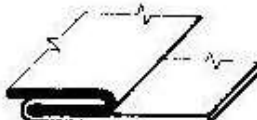
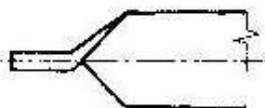
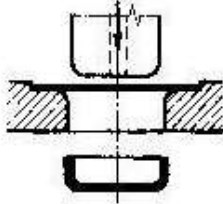
Tab. 3: Názvosloví lisovací techniky

Skupina	Název práce	Charakteristika operace	Vyobrazení	Název nástroje	Název výrobku
Plošné tváření – oddělování materiálu Stříhání	Prosté stříhání	Rozdělování materiálu, např. pásů, tabulí, tyčí		Nůžky, stříhadlo	Výstřížek
	Děrování	Vytváření děr různých tvarů. Vystřížená část tvoří odpad		Děrovaadlo	Výstřížek
	Vystřihování	a) Zhotovení výstřížků různého tvaru oddělením od materiálu po uzavřeném obrysu. Vystřížená část tvoří výstřížek b) Oddělování částí v okraji materiálu. Vystřížená část tvoří odpad		Stříhadlo	Výstřížek
	Ostřihování	Oddělování přebytečného materiálu z výtažků, protlačků, výstřížků, výkovků apod.		Stříhadlo	Výstřížek
	Přistřihování	Dosažení přesných tvarů, rozměrů nebo hladkých ploch		Stříhadlo	Výstřížek
	Nastřihování	Částečné nastřihnutí materiálu v okraji tak, že není úplně oddělen		Stříhadlo	Výstřížek
	Prostřihování	Částečné nastřihnutí materiálu v libovolném tvaru uvnitř výstřížku		Stříhadlo	Výstřížek

Pokračování *tab. 3*

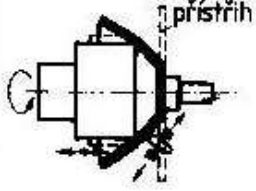
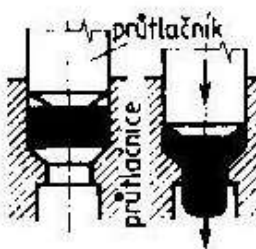
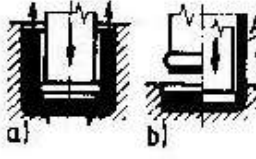
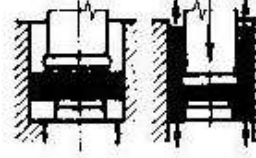
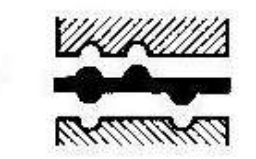
Skupina	Název práce	Charakteristika operace	Vyobrazení	Název nástroje	Název výrobku
Plošné tváření – přemisťování materiálu	Plošné tváření – oddělování materiálu				
	Stříhání	Protržení materiálu pro vytváření hrotů, děr, výstupků		Pro-trhávací nástroj	Výstřižek
	Ohýbání	Trvalá deformace materiálu ohybem a) při plošném tváření – plochy rovinné přecházejí v plochy různě vůči sobě orientované vytvářením ostrých nebo oblých hran b) při objemovém tváření – ohýbání tyčí, profilů, polotovarů a výkovků	 	Ohýbací nástroj	Výlisek Výkovek
		Ohýbání plechu na jednoúčelových tzv. ohraňovacích lisech, nebo tvářecích strojích se speciálními nástroji		Ohraňovací nástroj	Výlisek
		Dodatečné rovnání plechu, přístřihu profilového materiálu i výlisku, výkovku apod.		Rovnadlo	Výlisek
		Tváření rovinné i čelní plochy v plochu válcovou, kuželovou nebo části těchto ploch		Zakružovací nástroj	Výlisek

Pokračování *tab. 3*

Skupina		Název práce	Charakteristika operace	Vyobrazení	Název nástroje	Název výrobku	
Plošné tváření – přemísťování materiálu		Ohýbání	Lemování	Ohýbání okraje rovinné nebo prostorové plochy k získání ozdobného vzhledu, odstranění ostrých hran apod.		Lemovadlo	Výlisek
			Obrubování	Vyztužování okraje rovinné nebo prostorové plochy ke zvýšení jakosti okraje, vytvoření okraje pro závěsy apod.		Obrubovadlo	Výlisek
			Osazování (prosazování)	Ohnutí promáčknutím v okraji nebo uvnitř rovinné plochy		Osazovadlo	Výlisek
			Drápkování	Pevné spojení předehnutých okrajů plechů tím, že se do sebe vzájemně zaklesnou a společně doohnou		Drápkovadlo	Výlisek
			Zkrucování	Natáčení plochého nebo profilovaného polotovaru (popř. výkovku) vzhledem k sousední části kolem společné osy o určitý úhel		Zkrucovadlo	Výlisek (výkovek)
Tažení		Prosté tažení	Tváření rovinné plochy v polouzavřenou nádobu Tváření rovinného polotovaru na duté těleso bez podstatné změny tloušťky materiálu		Tažidlo	Výtažek	

Pokračování *tab. 3*

Skupina		Název práce	Charakteristika operace	Vyobrazení	Název nástroje	Název výrobku	
Objemové tvárění	Plošné tvárění	Tažení	Tažení se ztenčením stěny	Změna tloušťky stěny polotovaru (výtažku). Dno výtažku nezměněno		Tažidlo	Výtažek
			Zpětné tažení	Druhá nebo další tažná operace prováděna v obráceném směru k původnímu směru tažení		Tažidlo	Výtažek
			Žlábkování	Vytlačování mělkých prohlubin ke zvýšení tuhosti polotovaru		Tažidlo	Výtažek
			Protahování	Protahování okraje materiálu po vnějším nebo vnitřním obvodu tak, aby se vytvořila kolmá válcová plocha		Protahovadlo	Výtažek
			Rozšiřování nebo zužování	Zvětšování nebo zmenšování obvodu části výtažku		Tažidlo	Výtažek
			Přetahování	Tváření rovinné plochy v prostorovou plochu napínáním přes šablonu		Tažidlo	Výtažek
			Objemové tažení	Tváření výchozího polotovaru (drátu)		Průvlak	Výtažek

Skupina	Název práce	Charakteristika operace	Vyobrazení	Název nástroje	Název výrobku
Objemové tváření	Tlačení	Tlačení různě profilovaného tvaru z přístřihu		Tlačidlo	Výtlaček
	Dopředné protlačování	Tváření materiálu vysokým tlakem, který způsobí jeho tečení. Materiál teče ve směru pohybu průtlačníku		Protlačovadlo	Protlaček
	Zpětné protlačování	Materiál teče proti pohybu průtlačníku a) protlačování oceli b) protlačování hliníku		Protlačovadlo	Protlaček
	Sdružené protlačování	Materiál se přemisťuje ve směru i proti směru pohybu průtlačníku		Protlačovadlo	Protlaček
	Stranové protlačování	Materiál se přemisťuje kolmo na směr pohybu průtlačníku		Protlačovadlo	Protlaček
	Vtlačování	Tváření funkčních dutin nástrojů		Protlačovadlo	Protlaček
	Ražení	Tváření povrchu materiálu Vytváření jednostranných nebo oboustranných reliéfů, např. mincí		Razidlo	Výlisek

Lisovací nástroje

Při výrobě lisovaných součástí se provádějí různé pracovní úkony, například děrování, vystřihování, ohýbání, tažení apod. V kusové a malosériové výrobě se používají ruční nebo strojní univerzální lisovací nástroje, v sériové a zvláště v hromadné výrobě se používají speciální lisovací nástroje – pro určitý druh výrobku nebo práce. Podle počtu úkonů při jednom zdvihu dělíme lisovací nástroje na:

- **jednoduché** – pro jeden pracovní úkon – např. děrování;
- **postupové** – pro dva nebo více pracovních úkonů stejného druhu vykonávaných stejným nástrojem za sebou – například děrování a vystřihování;
- **sloučené** – pro zhotovení výlisku najednou, sloučením několika pracovních úkonů stejného druhu v jednom nástroji – současné děrování a vystřihování;
- **sdružené** – postupové nebo sloučené nástroje pro provádění pracovních úkonů různého druhu – například děrování, tažení a vystřihování apod.