

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### Tváření

**Podstata:** při tváření se působením vnějších sil mění tvar, aniž se poruší celistvost materiálu, tzn., že se částice trvale přemísťují. Materiál, který je schopen měnit svůj tvar se nazývá plastický. Při tváření dochází k deformaci materiálu. Podle míry namáhání rozeznáváme deformaci pružnou (elastickou) a trvalou (plastickou).

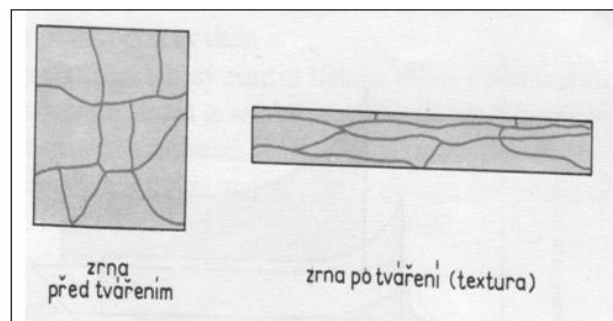
**Deformace pružná** – je taková deformace, kdy materiál působením vnějších sil mění svůj tvar, ale jakmile síla přestane působit, vrací se zpět do původního stavu tzn., že atomy uvnitř materiálu mění svou vzájemnou polohu v rozsahu menším než je parametr krystalické mřížky.

**Deformace trvalá** - vzniká tehdy, je – li materiál namáhán nad mezí kluzu a materiál zůstane trvale deformován tzn. že atomy v mřížce mění svou polohu o hodnotu, která je větší, než je parametr krystalické mřížky. Tváření rozdělujeme podle teploty na tváření za studena a za tepla.

#### ***Tváření za studena***

**Podstata** – při tváření za studena nastává vlivem různého směru kluzných rovin nerovnoměrná deformace, která způsobuje zpevnění materiálu. Při tváření se zrna deformují, prodlužují se, nejvíce ve směru přemísťování kovu a vytvoří tzv. **texturu**. Provedeme-li u takového materiálu rekrytalizaci, vzniknou zrna zcela nová, nedeformovaná, která jsou schopna plastické deformace. Vlivem rekrytalizace se změní zrnitost struktury podle stupně deformace. Čím větší byla deformace, tím bude zrno jemnější a naopak. **Tvářením za studena se materiál zpevňuje, tím se zvýší mez pevnosti, kluzu a tvrdost, ale zmenšuje se vrubová houževnatost a tvárnost. Má-li být takovýto materiál dále tvářen, musí se provést rekrytalizační žíhání**

obr. textura



#### ***Tváření za tepla***

**Podstata:** tváření se děje, buď působením klidných sil nebo rázy. Při tváření za tepla se ohřevem zmenšuje pevnost a tvrdost materiálu, ale zlepšuje se jeho tvárnost. Kovy tváříme ve stavu austenitickém, podle zkušenosti zahříváme ocel na teplotu **250 – 300° C pod solidem**. Spodní teplota kování je u podeutektoidních oceli **30 – 50° C nad teplotou Ac3** u ocelí eutektoidních a nadeutektoidních je to **30 – 50° C nad teplotou Ac1**, protože při této teplotě má ocel nejjemnější strukturu a největší pevnost při velké houževnatosti. Tvářet se má pokud možno s co nejmenším počtem ohřátí, protože každým ohřevem se část materiálu přemění v kysličník železa a ten se odlupuje ve formě okujů a vznikají tak ztráty opalem. K ohřevu materiálu používáme pece hlubinné, kontinuální, elektrické, karuselové a muflové. Mezi tváření za tepla řadíme válcování a kování.

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### Válcování

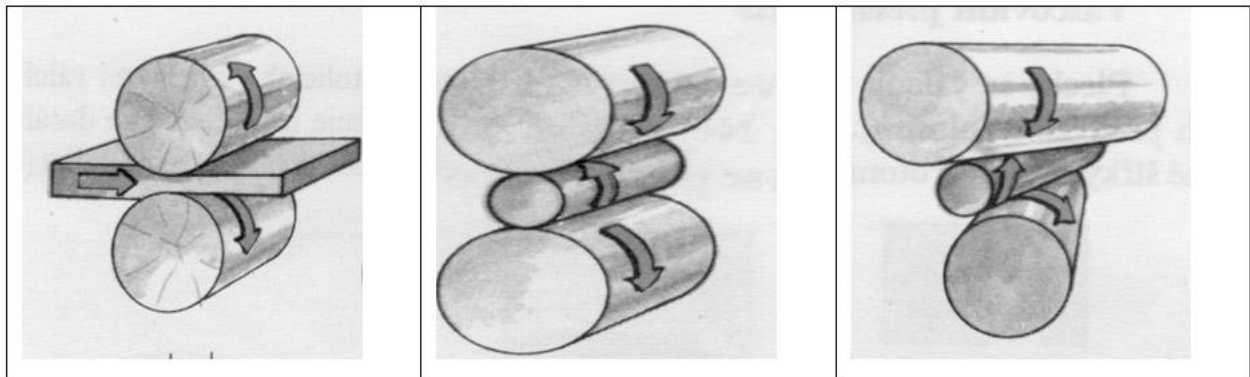
**Podstata:** ocelové ingoty se prohřejí v hlubinných pecích na teplotu tváření a potom se válcují na předvalky. Z těch se vyrábějí konečné výrobky jako jsou plechy, tyče, kolejnice a trubky. U kontinuálního lité se celý proces od výroby oceli až po konečný výrobek provádí plynule najednou. Podle uložení os válců vzhledem k válcovanému materiálu rozeznáváme válcování:

- a) **podélné** – materiál se tváří ve směru podélném
- b) **příčné** – materiál kruhového průřezu se tváří ve směru radiálním (kolmém k ose)
- c) **kosé** – materiál kruhového průřezu je tvářen mezi dvěma válci s mimoběžnými osami

a) podélné válcování

b) příčné válcování

c) kosé válcování



**Válcování plechu** – provádí se pomocí podélného způsobu na válcovacích stolicích s hladkými válci, mezi které je vtažován materiál a zároveň je stlačován a prodlužován. Nejdříve se válcuje napříč, aby se dosáhlo potřebné šířky, potom se plech otočí o 90 ° a válcuje se na délku, tím se dosáhne stejnoměrné tloušťky a rovnoměrné struktury v podélném i příčném směru válcování. Válce jsou uloženy ve stojanech, které s příslušenstvím tvoří válcovací stolice, které jsou uspořádány vedle sebe nebo za sebou a tvoří válcovací trať. Podle počtu válců jsou válcovací stolice dvouválcové (dua), tříválcové (tria), universální. Žádaného průřezu se dosáhne přibližováním válců.

**Válcování tyčí** – provádí se příčným válcováním na kalibrovacích válcích, kde válcovaný materiál postupně prochází kalibry, které se zmenšují, aniž se válce k sobě přibližují. Poslední kalibr má tvar požadovaného profilu. Tímto způsobem se vyrábějí tyče kruhového, čtvercového, šestihenného průřezu, tyče tvaru I, T, L, U, kolejnice

**Výroba trubek** – provádí se kosým válcováním. Trubky se mohou vyrábět za tepla nebo studena jako trubky svařované (švové) nebo bezešvé.

Trubky bezešvé – používají se tam, kde nestačí pevnost trubek švových. Rozeznáváme dva základní způsoby výroby: Mannesmannův a Stiefelův.

**Mannesmannův způsob** – pomocí kosého válcování vznikne ve středu vývalku velké tlakové pnutí, které porušuje celistvost materiálu a vytvoří se dutina. Tento způsob je vhodný pro výrobu krátkých tlustostěnných trubek.

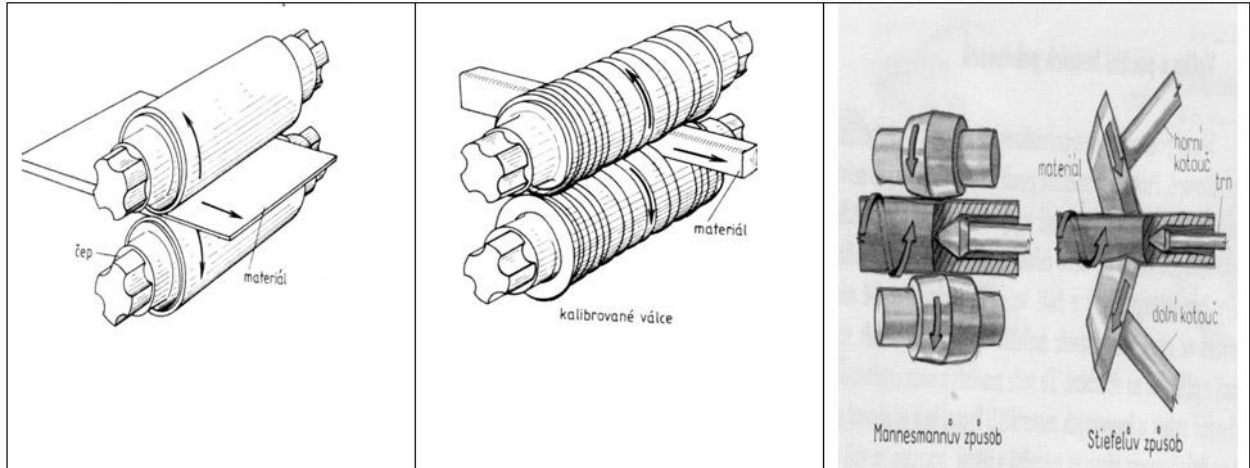
**Stiefelův způsob** – je založen na stejném principu jako Mannesmannův, ale pracovní válce mají tvar kotoučů. Tento způsob je vhodný pro válcování trubek menších rozměrů.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

obr. válcování plechů

tyčí

trubek



**Odkaz na schéma výroby bezešvých trub**

<http://www.steel-holding.cz/cs/vyroba/pouivane-technologie/pouzivane-technologie.html#>

**Kování**

Kování může být buď volné nebo zápusťkové, strojní nebo ruční.

**Strojní kování**

- Výhody :**
- ulehčuje práci dělníkovi
  - zproduktivňuje výrobu
  - umožňuje výrobu těžkých výkovků

**Stroje pro tváření**

- a) Buchary – hlavní části bucharu tvoří stojan, beran, šabota (slouží k zachycování škodlivých ořesů, je 12 – 25x těžší než beran), babka (slouží k upevnění kovadla) a kovadlo. Tyto stroje působí na materiál rázy, neprokovávají však materiál v celém průřezu, vlivem rázů dochází k opadávání okují.
- b) Lisy – působí na materiál klidnou silou, prokovávají materiál v celém průřezu, nevýhodou jsou zalísované okuje, které způsobují zpevnění

**Volné kování**

Při volném kování může materiál tvářený údery nebo tlakem volně téci, hlavně však ve směru kolmém k působící síle. U tohoto způsobu se používají jednoduché kovářské nástroje, přípravky a stroje. Úchytky rozměrů jsou velké, povrch je hrubý a nerovný.

**Základní kovářské nástroje:**

- a) kovadla – jsou horní a spodní, upínají se pomocí rybinové části. Pracovní části kovadel jsou kaleny a mohou se od svislé roviny bucharu natáčet o 35 -45 ° , aby se dal materiál kovat v podélném i příčném směru.

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

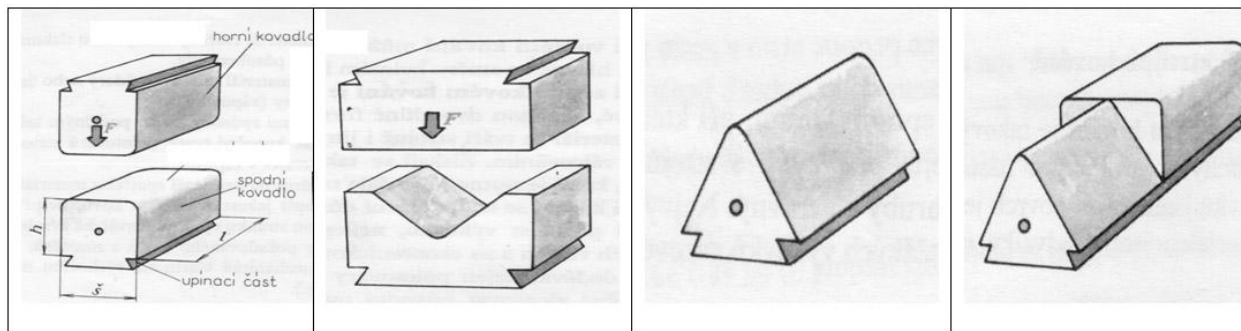
obr. základní typy kovadel

rovné

úhlové

oblé

kombinované



b) kleště – slouží k přidržování a k manipulaci s materiálem

c) sekáče – slouží k oddělení materiálu

d) osazovací příločky – slouží k vytvoření záseků různých tvarů

e) průbojník – slouží k prorážení otvorů

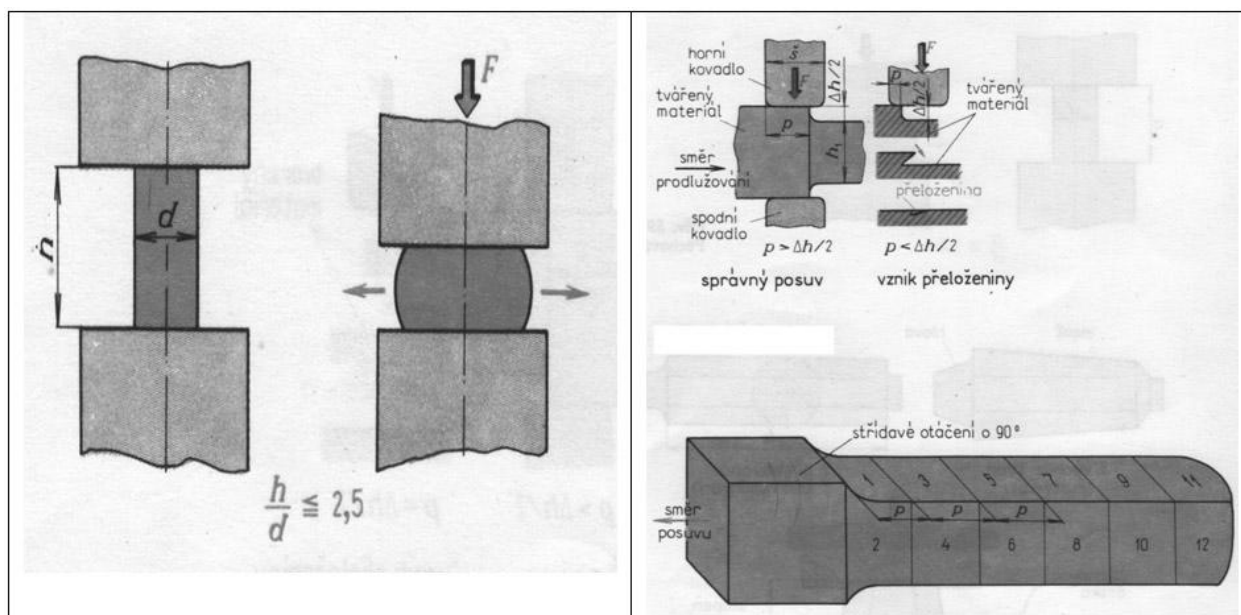
### Základní práce volného kování:

a) pěchování – je to přímá kovářská operace při kování plochých výkovek (kotoučů, přírub, víka) nebo se používá jako předběžná operace pro dokonalé prokování materiálu a pro výhodnější průběh vláken materiálu. Při pěchování dochází ke zmenšení výšky a ke zvětšení plochy tvářeného průřezu.

b) prodlužování – je to nejpoužívanější operace, která se používá pro vytahování do délky. Podstatou je provedení většího počtu pěchovacích operací vedle sebe za současného pootáčení materiálu o 90°, což vede k prodlužování materiálu a současně ke zmenšení plochy příčného průřezu.

obr. pěchování

prodlužování



c) osazování – při osazování musíme nejdříve provést zásek pomocí osazovací příločky a teprve potom provedeme osazení. Patří zde jednostranné osazení, oboustranné osazení, prosazení a přesazení.

d) děrování – slouží k výrobě děr a provádí se pomocí kovadla a děrovacího trnu

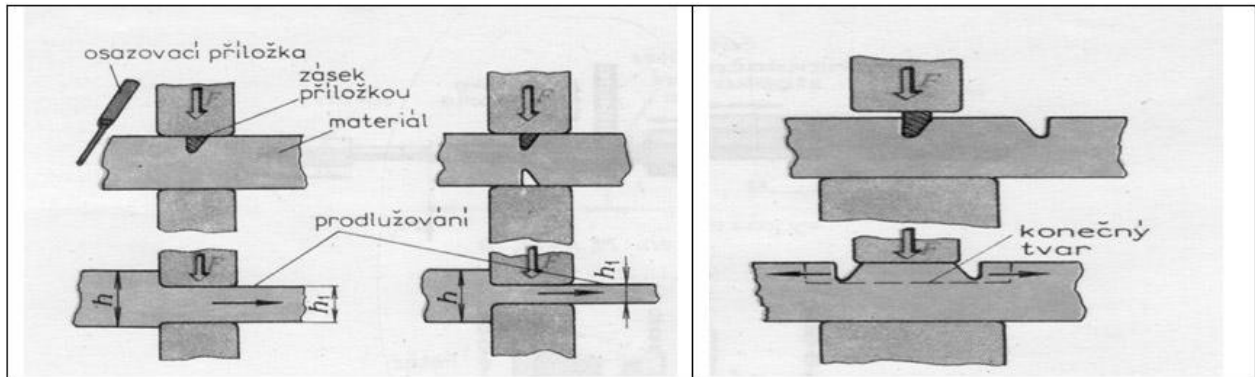


## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

jednostranné

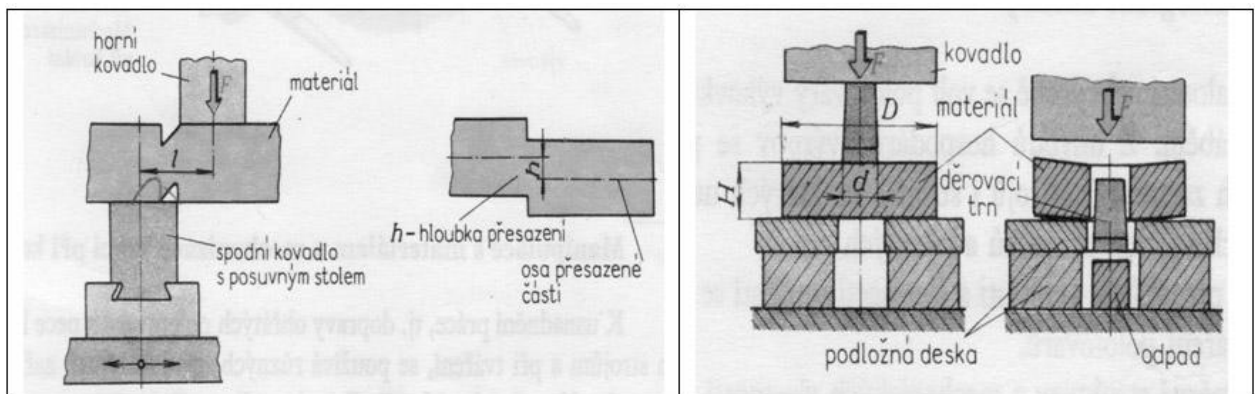
oboustranné

prosazení



přesazení

děrování



### Zápustkové kování

Podstata spočívá ve tvarování ohřátého materiálu v dutině zápustky, jejíž tvar je shodný s tvarem výkovku. Rozměry dutiny zápustky jsou zvětšeny o hodnotu smrštění vychladlého materiálu.

**Výhody** :- přesnější tvar

- lepší jakost povrchu
- vysoký stupeň prokování
- dobrý průběh vláken (sleduje obrys výkovku)
- vysoká výkonnost a jednoduchá obsluha

**Nevýhody:** výkovky mají omezené rozměry a hmotnost, danou rozměry a silou tvářecího stroje.

### Postup při kování do zápustky:

a) polotovár, který má větší objem než je objem dutiny zápustky a který je ohřátý na kovací teplotu se vloží do dutiny zápustky a působí se na něj silou tvářecího stroje.

b) vlivem síly se materiál deformuje a vyplňuje zápustku. U lisu se zápustka vyplní během jednoho zdvihu, u bucharu se dutina vyplňuje postupně během několika úderů.

c) přebytečný materiál je vytlačen do zvláštní dutiny a vytvoří tzv. výronek, který se dodatečně odstraňuje ostříháváním

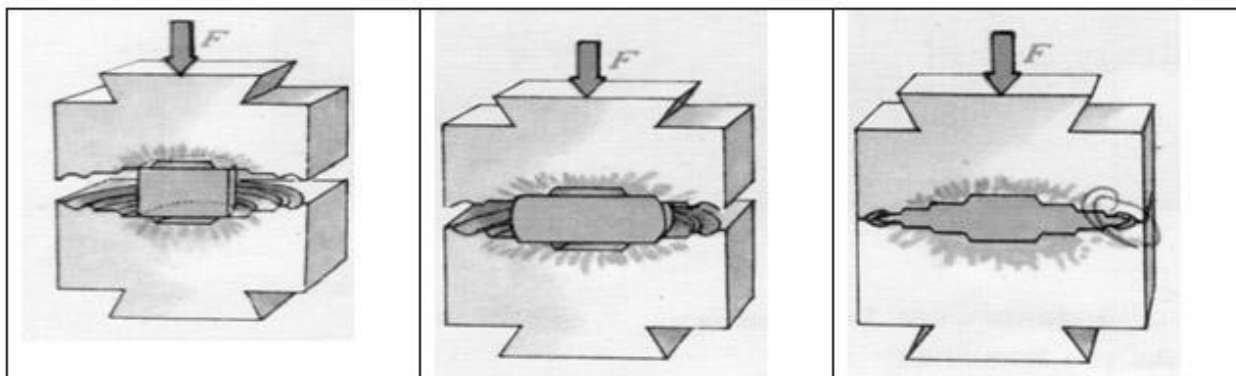
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

obr. postup při kování do zápustky

a)

b)

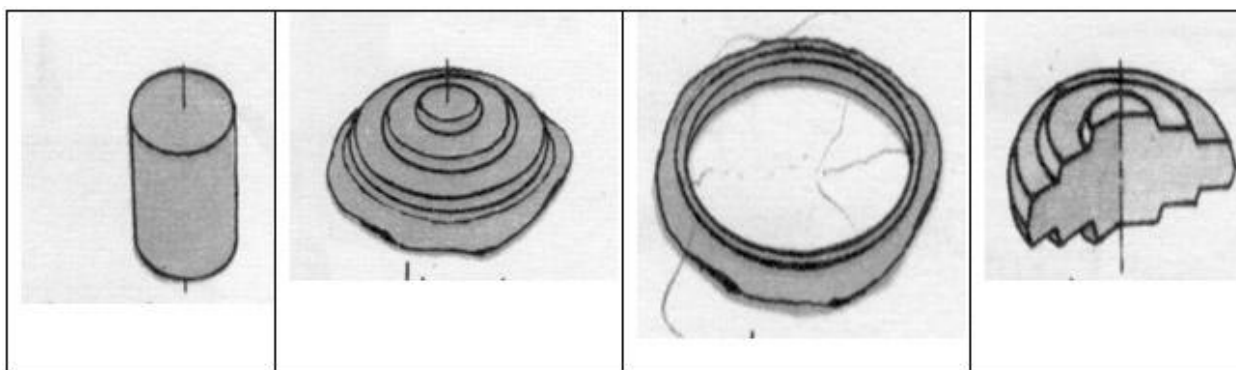
c)



obr. Polotovár

výkovek s výronkem

řez výkovekem



### Charakteristika zápustek

Zápustky jsou nástroje pro kování přesnějších výkovek. Jsou tvořeny horním a dolním dílem, ve kterých jsou dutiny pro výkovek. Zápustky mají na svislých stěnách úkopy a zaoblené hrany a rohy pro snadnější přemísťování částic, tím se snižuje zmetkovitost, praskání zápustek v rozích a usnadňuje se vytahování výkovku.

### Rozdělení zápustek:

1) **podle kovacího stroje:** rozdělujeme na zápustky pro buchary a lisy.

a) pro buchary – tyto zápustky jsou vhodné se zřetelem na prokování pro ploché výkovky o menší hmotnosti. Částice se při tváření pohybují rychleji proti směru pohybu beranu a vyplňují snadněji dutiny v horní zápustce, a proto má-li dutina hlubší místo, umístí se v horní zápustce.

b) pro lisy – tyto zápustky se používají i pro výkovky o velké hmotnosti větších průřezů. Částice se pohybují při kování rychleji ve směru působení beranu a vyplňují rychleji dutinu dolní zápustky a proto se hlubší místa umístí do spodní zápustky.

### 2) podle dutiny:

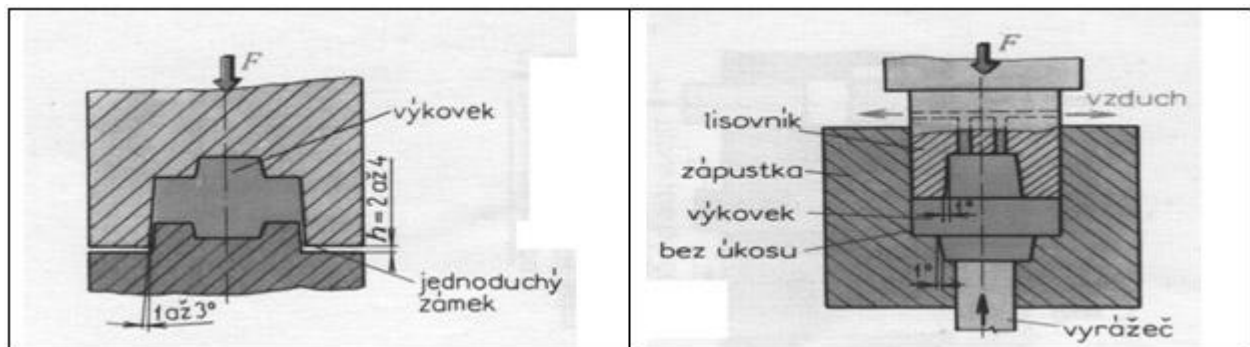
a) otevřená zápustka – kove polotovár, který má větší objem, než je objem dutiny zápustky

b) uzavřená zápustka – nemá dutinu pro výronek, jsou vhodné pro přesnější výkovky ve větších sériích.

obr. otevřená zápustka pro buchar

uzavřená zápustka pro lis

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



### 3) podle operace

- a) předkovací – používá se pro kování složitějších výkovek kovaných v několika postupech ( např. ohýbání, pěchování, prodlužování)
- b) dokončovací – používá se u složitějších výkovek, kdy se polotovar nejdříve předková ( aby se co nejvíce přiblížil konečnému tvaru výkovek) a potom se dokončí v dokončovací zápustce. Hotový výkovek se zbavuje okují, tepelně zpracovává a popřípadě kalibruje.
- c) postupová – používá se tam, kde nelze vykovat výkovek najednou. Tyto zápustky jsou opatřeny vyměnitelnými zápustkovými vložkami kruhového nebo obdélníkového tvaru, které jsou upnuty v typizovaném držáku.
- d) kalibrovací – používají se ke kování výkovek po ostřížení výronku a slouží k získání větší přesnosti
- e) ostřihovací – slouží k oddělení výronku

### Materiál zápustek

Zápustky se vyrábějí z oceli třídy 19 650 a 19 720, což jsou materiály, které mají zvýšenou odolnost proti otěru a pracovním teplotám. Pracovní dutiny se vyrábějí elektrotechnickým obráběním

## Speciální metody tváření

Mezi speciální metody tváření za tepla patří:

### 1) Rotační kování

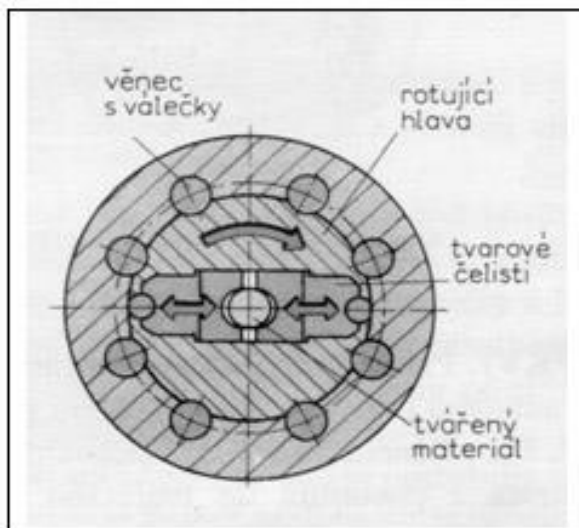
**Použití:** pro výrobu válcových a kuželových součástí přesného tvaru, které se už nemusejí dále obrábět  
**Podstata:** Kladiava, která mají na svém konci umístěny kalené válečky, jsou posuvně uložena v rotační hlavě. Během rotace jsou odstředivou silou vytlačována na obvod, kde narazí na kalené válečky, které jsou uloženy ve věnci. Při rotaci narážejí kalené válečky na sebe a vlivem rázu dochází k odmrštění zápustek zpátky do středu, kde se nachází kovaná tyč a dojde ke kování. (Rotační hlava koná 500 ot./min a zápustka vykoná 60 úderů za minutu)

**Výhody:** úspora materiálu, přesný tvar a dobrá jakost povrchu, zlepšení mechanických vlastností materiálu, velká produktivita.

**Nevýhody:** velká hlučnost, vysoká pořizovací cena zápustek, omezená velikost výrobku velikostí stroje

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Obr. Rotační kování

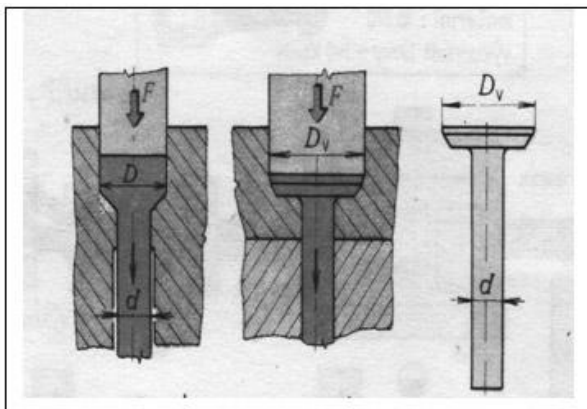


### 2) Kování do uzavřené zápustky

**Použití:** pro výkovky s různými výstupky ze slitin hliníku, mědi nebo oceli.

**Podstata:** Přesné množství materiálu se vloží do zápustky, kde je podrobena tlaku lisovníku a tím vznikne požadovaný tvar. U tohoto způsobu kování nemá zápustka dutinu pro výronek a proto se musí přesně spočítat množství materiálu, který se bude kovat. Při nepřesném výpočtu vzniká mezi lisovacím pouzdem a kusovníkem nežádoucí otřep.

Obr. Kování do uzavřené zápustky



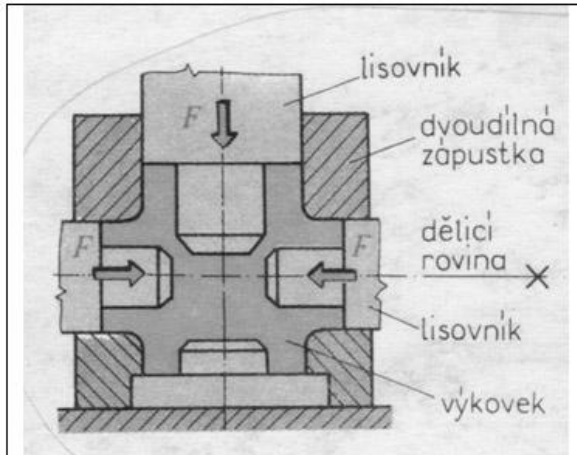
### 3) Vícecestné kování

**Použití:** pro velké strojní součásti složitých tvarů.

**Podstata :** materiál je v uzavřené zápustce podrobena tlaku z několika stran. Spodní zápustka je opatřena vyrážčem. Výkovky vyráběné touto metodou jsou přesné s minimálními přídávky na obrábění, dobrou jakostí povrchu, protože vlákno je dokonale přizpůsobeno tvaru výkovku.



Obr. Vícecestné kování



### Tváření za studena

Při tváření za studena, kvůli nízké teplotě, nenastává zotavení ani rekrytalizace a proto zůstávají krystaly deformovány a rovněž napětí v kluzných rovinách zůstane zachováno. Tím dochází ke zvýšení meze kluzu, pevnosti a tvrdosti, ale klesá houževnatost a tažnost materiálu. Chceme-li takovýto materiál dále tvářet, musí se jeho deformované krystaly upravit rekrytalizačním žíháním.

Základní práce tváření za studena se rozdělují podle rozsahu deformace do dvou skupin:

1. Stříhání – deformace materiálu probíhá až do úplného porušení soudružnosti
2. Tváření za studena – nastává trvalá deformace přemístěním částic, bez porušení soudružnosti (ohýbání, tažení, protlačování).

### Stříhání

**Definice:** stříhání je postupné nebo současné oddělování části materiálu dvěma břity, které se vtačují ze dvou protilehlých stran do materiálu. Nejčastěji bývá jeden břit pevný a druhý pohyblivý. Mezi základní práce při stříhání patří: prosté stříhání, děrování, vystřihování, ostřihování, přistřihování, nastřihování, prostřihování.

#### Princip stříhání

Stříhání lze rozdělit do tří fází:

1. Nastává pružná deformace vlivem působení nástroje.
2. Nastává trvalá deformace, jakmile napětí ve stříhaném materiálu dosáhne vyšší hodnoty než je mez kluzu. Největší deformace vznikají v okolí střížných hran.
3. Nastává nastřihnutí materiálu, u střížných hran nástroje, jakmile je materiál namáhán nad mezí pevnosti ve smyku. Vzniklé trhliny se rychle rozšiřují, až se výstřížek úplně oddělí od základního materiálu dřív, než projde nástroj celou tloušťkou stříhaného materiálu.

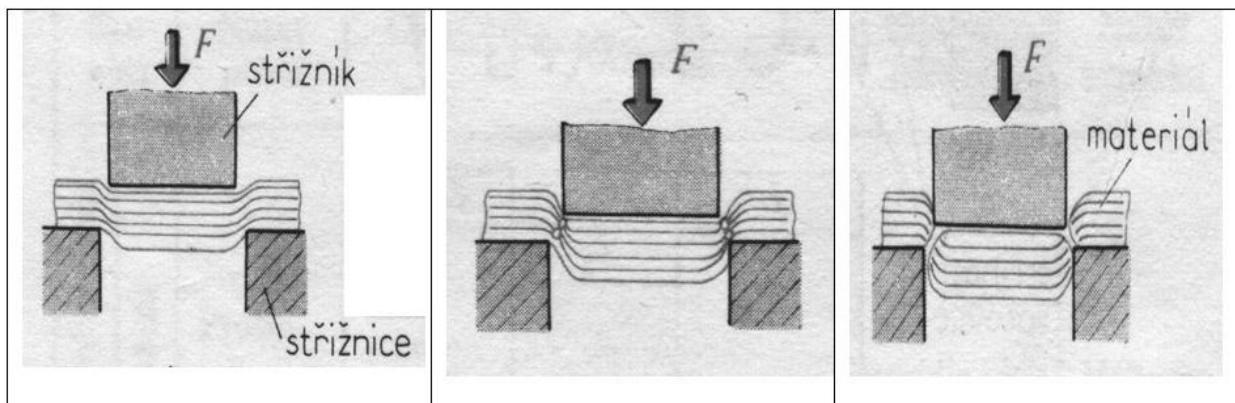
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Obr. Podstata stříhání

pružná deformace

nastřížení materiálu

oddělení materiálu



Nástroje pro stříhání:

- nůžky** – neoddělují materiál v celém průřezu najednou, ale po částech. Patří sem např. nůžky tabulové, nůžky na pásy, křivkové nůžky, okružní nůžky ( pro vystřihování kotoučů a mezikruží )
- stříhadla** – oddělují materiál v celém průřezu najednou. Hlavní části tvoří střížník a střížnice. Materiál se vkládá mezi střížník a střížnici a je veden vodícími lištami. Posuv pásu mezi jednotlivými zdvihy střížníku je omezen dorazem.

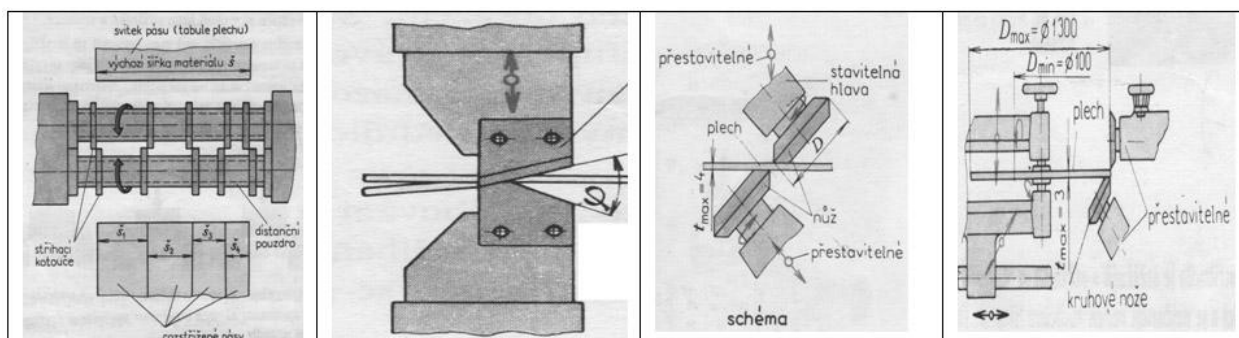
Obr. Základní typy nůžek

Nůžky na plech

kmitací

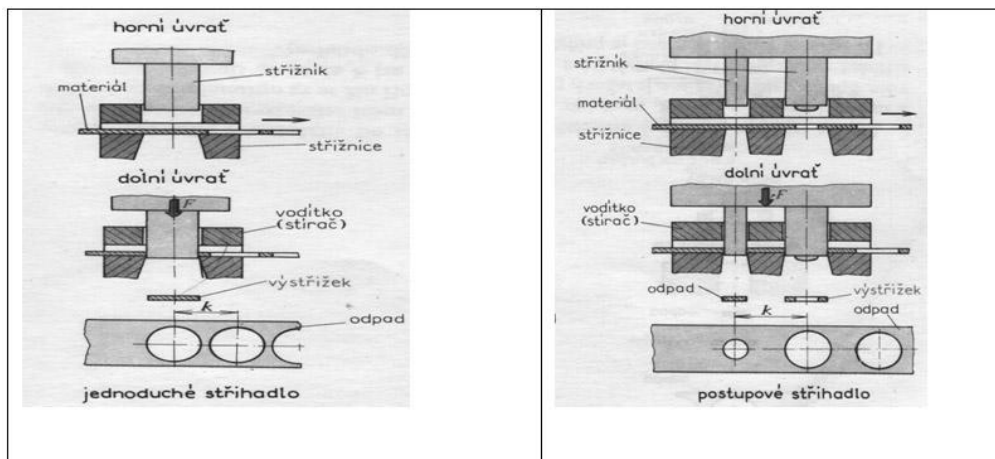
křivkové

okružní



## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Obr. Stříhadla



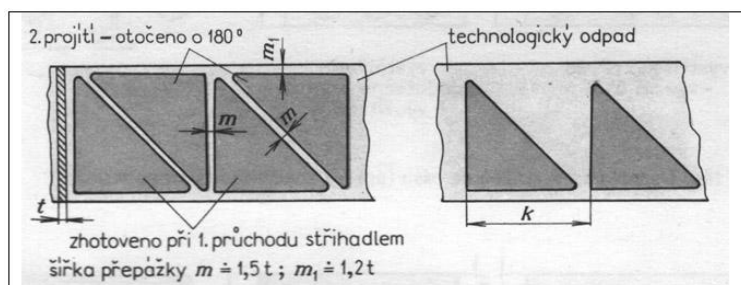
### Rozdělení stříhadel :

1. Jednoduché stříhadlo – používá se pro vystřihování jednoduchých tvarů z pásu plechu. Poloha pásu při stříhání je zajištěna pevným koncovým dorazem. Před dalším vystřížením se pás posune o jeden krok
2. Postupové stříhadlo – zhotovuje výstřížek postupně. V prvním kroku se provede děrování, v dalším vystřížení. Při vložení nového pásu do nástroje se pro vymezení jeho polohy používá tzv. načínací doraz, v dalším průběhu práce je poloha pásu zajištěna pevným koncovým dorazem.
3. Sloučené stříhadlo – na jeden pracovní zdvih nástroje je ve stejné poloze pásu děrován a vystřihován hotový výstřížek.
4. Sdružené stříhadlo – v tomto stříhadle se sdružují různé pracovní úkony jako např. děrování, stříhání a ohýbání, a to ve dvou krocích.

### Určení hospodárnosti

Správné a úsporné rozmístění výstřížku na plechu zajišťuje nástřihový plán. Nástřihový plán nám zajistí hospodárné využití materiálu, které má být co největší, minimálně však 70%. Je-li hospodárnost menší než 70%, můžeme ji zvýšit sekundárně tzn., že odstříženou část (odpad) využijeme na něco jiného. Tím můžeme hospodárnost zvýšit až o 10 %.

Obr. Nástřihový plán



$$H = \frac{S_v}{S_p} \times 100 (\%)$$

H ..... hospodárnost  
S<sub>v</sub> ..... plocha výstřížku  
S<sub>p</sub> ..... plocha polotovaru

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### Určení velikosti polotovaru

$$B^* = L + 2 \cdot m_1 \Rightarrow B \text{ dle ČSN}$$

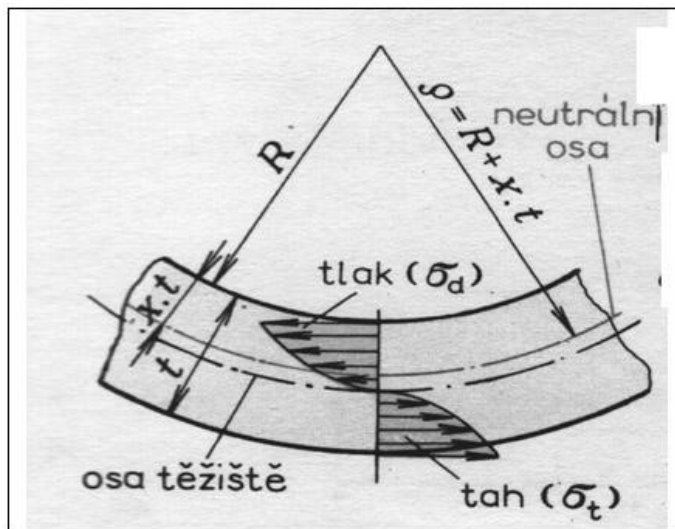
$$k = L + m$$

B ..... šířka pásu plechu  
k ..... délka jednoho kroku  
L ..... délka strany výstřižku

### Ohýbání

**Podstata:** ohýbání je proces pružně plastické deformace, při které se mění polotovar ve výlisek. Složitější výlisky se ohýbají postupně. Při ohýbání se vnější vrstvy natahují a vnitřní vrstvy se stlačují. Mezi těmito vrstvami se nachází neutrální osa, což je místo, kde je nulové napětí. Polohu neutrální osy ovlivňuje velikost poměru vnitřního poloměru  $R$  k tloušťce materiálu  $t$ . U větších poloměrů, kde je poměr  $R/t \geq 12$ , lze předpokládat, že neutrální osa je uprostřed tloušťky materiálu, je-li poměr  $R/t \leq 6$  dochází k posunutí neutrální osy k vnitřní straně materiálu. Protože je na neutrální ose nulové napětí, nedochází na ní k žádné deformaci, a proto se používá pro výpočet délky polotovaru.

Obr. ohýbání



### Nástroje:

Nástroje pro ohýbání jsou ohýbadla. Skládají se z pohyblivé části – ohybníku a pevné části ohybnice.

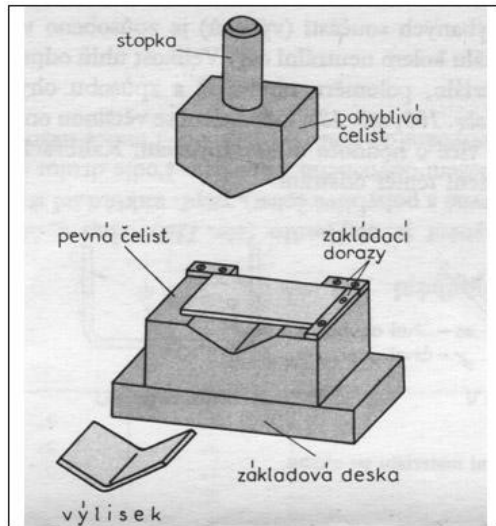
Rozdělují se na:

- jednoduchá
- postupová
- sdružená



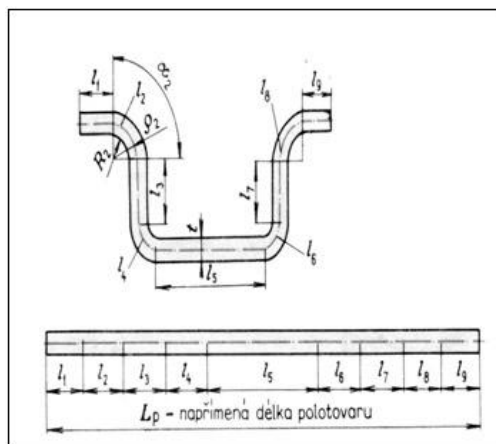
## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

obr. Nástroj pro ohýbání



### Určení velikosti polotovaru

Obr. Stanovení délky polotovaru



- $L_p$  ..... rozvinutá délka polotovaru
- $R$  ..... poloměr ohybu
- $t$  ..... tloušťka ohýbaného mat.
- $x$  ..... součinitel ohybu

$$L_2, L_4, L_6, L_8 = \frac{2 \cdot \pi \rho}{360} \cdot \alpha = \frac{\pi \rho}{180} \cdot \alpha \quad (\text{mm})$$

$$\rho = R + x \cdot t$$

$$L_p = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 + L_6 + L_7 + L_8 + L_9 \quad (\text{mm})$$

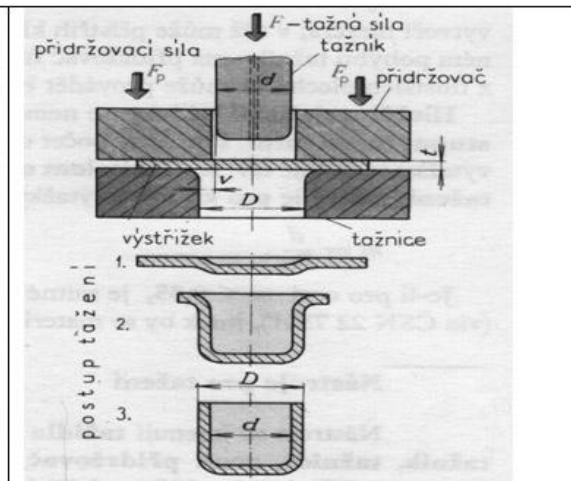
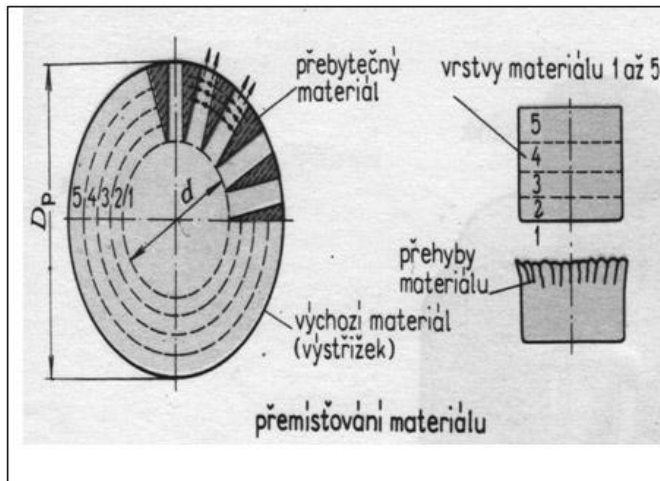
### Tažení

**Podstata:** při tažení je polotovar tažníkem vtažen do tažnice a výtažek se zhotoví na jeden zdvih nebo postupně na několik zdvihů. Tažením se zhotovují duté, polouzavřené výtažky. Při tažení vznikají velké deformace materiálu. V místech hran a rohů se zmenšuje původní tloušťka polotovaru a u hlubších výtažků se mohou stlačit i svislé stěny. Na počátku tažení převládají deformace v tečném směru, v průběhu tažení se zmenšují a vzrůstají deformace v radiálním směru působením radiálních tahových napětí. Přesáhne-li tahové napětí mezní hodnoty, trhá se výtažek u dna. Na jeden tah lze táhnout jen do určité hloubky a také z průměru polotovaru  $D$  na určitý průměr výtažku  $d$ . Hlubší nádoby se musí táhnout postupně několika tahy.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Obr. deformace při tažení

obr. tažení několika tahy

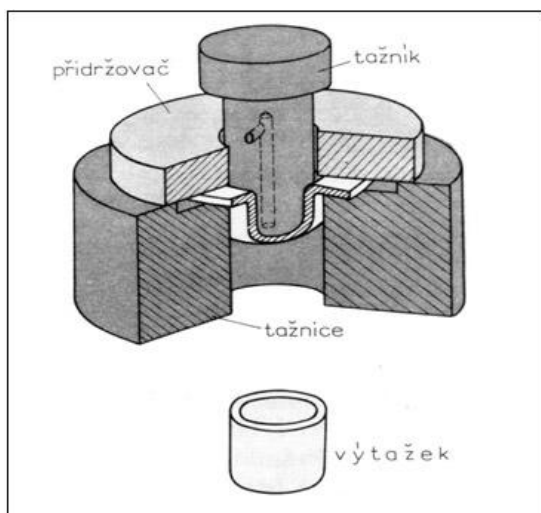


**Nástroje:**

Nástroje pro tažení jsou tažidla. Skládají se z pevné části - tažnice a pohyblivé části - tažníku. Rozdělují se na:

- nástroje s přidržovačem
- nástroje pro tažení na jeden tah
- nástroje pro jednočinné lisy
- nástroje pro dvojčinné lisy

obr. tažného nástroje

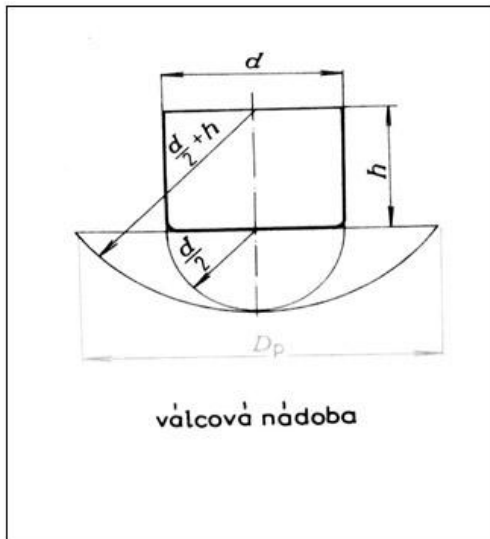


INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

**Odvození velikosti polotovaru:**

Při odvozování velikosti polotovaru vycházíme z porovnávání dvou objemů. Objemu polotovaru ( $V_P$ ) a objemu výtazku ( $V_V$ ), přičemž platí :  $V_P = V_V$

Obr. Určení velikosti polotovaru



odvození :

$$V_P = V_V$$

$$\frac{\pi \cdot D_P^2}{4} \cdot t = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot t + \pi \cdot d \cdot h \cdot t$$

$$D_P = \sqrt{d^2 + 4 \cdot d \cdot h}$$

$D_P$  ..... průměr polotovaru  
 $d$  ..... průměr výtazku  
 $t$  ..... tloušťka polotovaru

odkaz na materiály vhodné ke zpracování referátu

[http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce/06.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/06.htm)

**Otázky a úkoly:**

1. Vysvětlete, co je tváření za tepla.
2. Naskicujte a stručně popište základní typy válcování a uveďte jaké polotovary se těmito způsoby vyrábějí.
3. Naskicujte a stručně popište základní kovářské práce při volném kování.
4. Vysvětlete a načrtněte princip zápustkového kování.
5. Jaké znáte typy zápustek?
6. Naskicujte a stručně popište rotační kování.
7. Naskicujte a stručně popište kování v uzavřené zápustce.
8. Naskicujte a popište vícecestné kování.
9. Vysvětlete, co je tváření za studena.
10. Vysvětlete princip výroby výstřižků na stříhadle.
11. Naskicujte a popište stříhadlo.
12. Vysvětlete princip výroby výlisku ohýbáním.
13. Naskicujte a popište ohýbadlo.
14. Vysvětlete princip výroby výlisku tažením.
15. Naskicujte a popište tažidlo.
16. Odvoďte vzorce pro výpočet polotovaru u jednotlivých způsobu tváření za tepla.