Interreg
Rakousko-Česká republika
Evropský fond pro regionální rozvoj
EVROPSKÁ UNIE

STROJÍRENSTVÍ

Strojní inženýrství 2

UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES UPPER AUSTRIA

VŠTE

EVROPSKÁ UNIE

OBSAH

1. Značení technických materiálů ... 3
1.1. Značení technických želez ... 3
1.2. Značení neželezných kovů ... 5
1.3. Značení nekovových materiálů ... 7
1.4. Stručný souhrn označení technických materiálů ... 7
2. Fyzikální podstata a mechanismus plastické deformace ... 9
2.1. Fyzikální vlastnosti ... 9
2.2. Chemické vlastnosti ... 10
2.3. Mechanické vlastnosti ... 10
2.4. Technologické vlastnosti ... 10
2.5. Slitiny ... 11
2.5.1. Homogenní: ... 11
2.5.2. Heterogenní: ... 11
2.6. Krystalizace slitin ... 12
3. Odvození základních veličin plastické deformace ... 15
3.1. Mezní stavy materiálu ... 15
3.2. Rozdělení mezních stavů ... 16
3.3. Korozní praskání ... 18
3.4. Prevence ... 19
4. Vliv teploty na plastické vlastnosti materiálu ... 20
4.1. Technologické vlastnosti materiálů ... 20
4.2. Napětí ... 20
4.3. Působení vnějších sil – definice pevnosti ... 21
4.4. Pružná a plastická (trvalá) deformace kovů ... 21
4.5. Důsledky plastické deformace za studena ... 23
5. Rozdělení technologických tvářecích procesů ... 25
5.1. Operace střihání - rozdělení a princip ... 27
5.2. Operace ohýbání - rozdělení a princip ... 30
5.2.1. Ohýbání na lisech ... 31
5.2.2. Ohýbání na válcích ... 32
5.3. Operace tažení - rozdělení a princip ... 33

5.4. Operace tlačení a protlačování - rozdělení a princip 35
5.5. Volné kování, zápustkové kování, kování na bucharech a lisech 38
5.5.1. Stroje pro volné kování 39
5.6. Operace válcování - rozdělení a princip 41

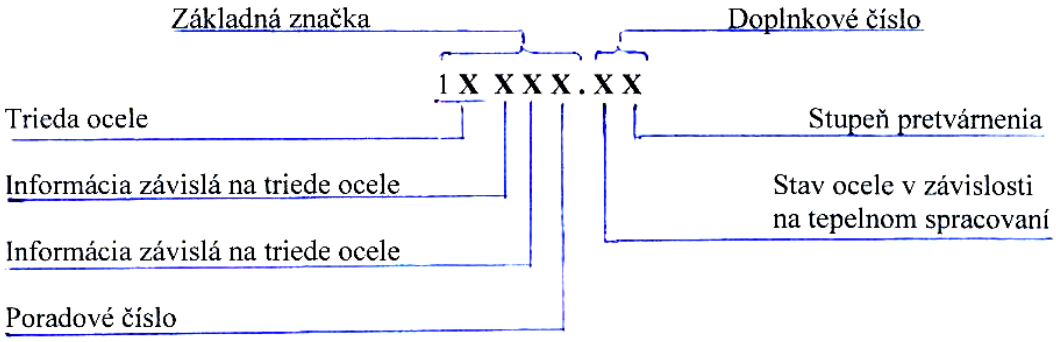
1.ZNAČENÍ TECHNICKÝCH MATERIÁLŮ

Kovy označujeme číselným značením zatím podle normy STN 42 0002, která platí dočasně. Začíná se už používat značení podle EN. Číselná značka se uvádí na výkrese součástky, na soupise detailů výkresů sestav a používá se i v obchodním styku.

1.1. Značení technických želez

Ocele tvářené:

Značka se skládá ze základní pětimístné značky a dvoumístné doplňkové značky, oddělené tečkou. Podle chemického složení se ocele dělí do tříd, které označuje ***první dvojčíslo*** základní značky, oddělené od ostatních čísel mezerou. Je to ***třída ocele***. Značka ocele vždy začíná jednotkou ***1.*** Schéma označení je následující:



V strojařských tabulkách je podrobně vysvětlen význam jednotlivých čísel. Třídy ocelí jsou:

10 + + + bez záruky chemického složení
konstrukční ocele obvyklých jakostí

11 + + + obsah S a P se zaručuje

---

12 + + + ocele uhlíkové (na cementování, na zušlechťování, pružinové)

13 + + + slitinové na cementování (Mn, Si, Mn-Si)

---

14 + + + na zušlechťování (Cr, Mn-Cr, Si-Cr,
konstrukční (Cr-Al, Cr-Mn-Si)

15 + + + ocele na přímé kalení (Cr-Mo, Cr-V, Mn-Cr-Mo,
zušlechtění Mn-Cr-V, Cr-Mo-V, Cr-Mo-Al)

16 + + + na nitridování (Ni, Cr-Ni, Cr-Ni-Mo, Ni-Cr-W)

17 + + + slitinové s vysokým obsahem ocele, korozi- a žáruvzdorné
obsahem přísad, žárupevné, speciální

18 + + + přídavné materiály, spékané kovy

---

19 + + + nástrojové, uhlíkové, slitinové, slitinové na nástroje,
ii Ocele slitinové rychlořezné

Význam **druhého dvojčíslí** se liší podle třídy ocele. Poslední číslo označuje významné vlastnosti (např.: *1*-vhodná ke tváření, *3*-ocel je svařitelná).

***První* doplňkové číslo** znamená stav, druh tepelného zpracování (např.: *1* - ocel normalizačně žíhaná, *4*-kalená, *6,7,8* - zušlachtěná na dolní, střední a horní pevnost).

Druhé doplňkové číslo udává stupeň přetváření (neudává se vždy).

Příklad značení ocele: 11 523.11 12 061.4 19 436.4

Oceli na odlitky:

Základná číselná značka je šestimístná. První dvojčíslo je *42*, hutná skupina. Za ní je mezera; druhé dvojčíslo **26 – uhlíková, 27,28,29 – slitinové**, význam třetího dvojčísla závisí od druhu ocele. První doplňkové číslo za tečkou znamená stav, druhé zvláštní požadované vlastnosti.

Příklad:
uhlíková: 42 2650, slitinové: 42 2712, 42 2815, 42 2931

Litina:

Značka litiny je šestimístné číslo začínající dvojčíslím *42*. Druhé dvojčíslo určuje druh litiny:

- ***tvárná litina*** má druhé dvojčíslo ***23***,
- ***šedá litina*** má druhé dvojčíslo ***24***, třetí dvojčíslo znamená u feritické litiny nejmenší pevnost v tahu (v desetinách MPa),
- ***temperovaná litina*** má druhé dvojčíslo ***25*****,** třetí dvojčíslo u feritické znamená nejmenší tažnost (v %), u perlitické nejmenší pevnost v tahu (v desetinách MPa).

Příklad:
42 2438, 42 2530.

1.2. Značení neželezných kovů

Hliník a slitiny hliníku

Značka se skládá ze šesti čísel, kde **první dvojčíslo je 42**, **třetí je číslo 4**, což značí lehké kovy.

Čtvrté číslo párové označuje slitiny tvářené, nepárové číslo označuje slitiny pro odlévání.

Dvojčíslo skládající se ze čtvrtého a pátého čísla určuje skupinu lehkých kovů (např. čistý hliník, slitiny Al Cu Mg, Al Mg atd.).

Šesté číslo je pořadové číslo kovu, nebo slitiny.

Doplňkové dvojčíslo značí stav a jakost tvářeného materiálu.

U odlévaných materiálů první doplňkové číslo označuje stav po tepelném zpracování odlitku, druhé doplňkové číslo značí způsob odlévání odlitku.

Příklad:
42 4004, 42 4415.

Měď a slitiny mědi

Značka se skládá ze šesti čísel, kde **první dvojčíslo je 42, třetí je číslo 3**, což značí těžké kovy.

Čtvrté číslo párové označuje slitiny tvářené, nepárové číslo označuje slitiny pro odlévání.

Dvojčíslo skládající se ze čtvrtého a pátého čísla určuje skupinu těžkých kovů.

Šesté číslo je pořadové číslo kovu nebo slitiny.

Doplňkové dvojčíslo značí stav a jakost tvářeného materiálu.

U odlévaných materiálů první doplňkové číslo označuje stav po tepelném zpracování odlitku, druhé doplňkové číslo značí způsob odlévání odlitku.

Příklad:
42 3016, 42 3256.

Podobné značení mají i měkké pájky, u kterých je nejdůležitější teplota tavení. Např. materiál pro pájku s teplotou tavení 183 °C se označuje 42 3635, pro pájku stříbrnou s teplotou tavení 650 až 810 °C se označuje 42 3809.

1.3. Značení nekovových materiálů

Značení pryže

Pryž se značí šestimístným číslem, kde první dvojčíslo je 62.

Příklad:
62 2026 – hadice, podložky, na všeobecné použití,
62 2314 – odolná proti chemickému působení.

Značení plastických látek

Plastické látky se značí šestimístným číslem, kde první dvojčíslo je 64.

Příklad:
64 3211 – obrobitelné desky z tvrdého polyvinylchloridu,
64 7003 – plastická kůže na tkanině nebo jiném textilním podkladu.

1.4. Stručný souhrn označení technických materiálů

Ocel: pětimístné číslo, první vždy 1, druhé spolu s prvním určuje třídu – od 10 do 19. Potom následuje tečka a doplňkové číslo (stav ocele).

Příklad:
11500.4 19 436.6

Ocelolitina: šestimístné číslo, první dvojčíslo vždy 42, druhé dvojčíslo vždy 26 – (nejčastější), případně 27, 28, 29. Doplňkové číslo podobně jako u oceli.

Příklad:
uhlíková - 42 2650, slitinové - 42 2712, 42 2815, 42 2931.

Litina:

- **šedá** – šestimístné číslo, první dvojčíslo vždy 42, druhé 24, příp. 23.
- **temperovaná** – šestimístné číslo, první dvojčíslo vždy 42, druhé 25.

Příklad:
šedá litina - 42 2438, temperovaná - 42 2530.

Hliník a slitiny hliníku: šestimístné číslo, kde první dvojčíslo 42, třetí číslo je 4.

Příklad:
42 4004, 42 4415.

Měď a slitiny mědi: šestimístné číslo, kde první dvojčíslo 42, třetí číslo je 3.

Příklad:
42 3016, 42 3256.

Pryž: šestimístné číslo, kde první dvojčíslo je 62.

Příklad:
62 2026, 62 2314

Plastické látky: šestimístné číslo, kde první dvojčíslo je 64.

Příklad:
64 3211, 64 7003

2.FYZIKÁLNÍ PODSTATA A MECHANISMUS PLASTICKÉ DEFORMACE

2.1. Fyzikální vlastnosti

Hustota - poměr hmotnosti *m* k objemu homogenní látky *V* při určité teplotě:

$$p = \frac{m}{V} [\, kg/m^3] \qquad (6.1)$$

Teplota tání a tuhnutí T [°C, °K] – při ní látka mění skupenství. Důležitá je pro slévárenství, sváření apod. Krystalické látky čisté (jeden prvok) mají konstantní teploty tavení a tuhnutí. Slitiny, skla, keramické látky, mají rozmezí - interval tuhnutí a tavení.

Délková a objemová roztažnost – změna délky a objemu s teplotou. Důležitá veličina při slévárenství, svářeních spojích apod.

Tepelná vodivost λ [Wm-1K-1] – je množství tepla, které při ustáleném stavu přejde za jednotku času mezi dvěma protilehlými stěnami kostky s hranou 1 m, pokud rozdíl teplot mezi stěnami je 1o K. Nejlepší vodič tepla je stříbro Ag. Jiné vodiče se udávají v % k stříbru (Cu – 94%, Al – 55%, Fe – 21%).

Elektrická vodivost G [S] – schopnost látky vést elektrický proud. Vodič s odporem 1 Ω má vodivost 1 S (siemens). Jsou vodiče a nevodiče (izolanty). Mezi nimi jsou polovodiče (selen, germanium, křemík atd.). Nejlepší vodič elektrického proudu je stříbro, měď a hliník, ale měď slouží na porovnávání vodivosti s jinými kovy.

Supravodivost je vlastnost některých měr, jejichž elektrický odpor se při velmi nízkých teplotách (blízko 0°K) skokem sníží na nezjistitelnou hodnotu – prakticky bez odporu. Bývá při jednosměrném proudu a polovodičích.

Měrný elektrický odpor – je to odpor vodiče o průřezu 1 mm2 a délce 1 m. Nejlepší izolant je vakuum.

Magnetické vlastnosti – charakterizují chování měr v magnetickém poli. Podle velikosti permeability μ možno materiály rozdělit na:

- **diamagnetické látky** – mají μ < 1. Nezesilují účinek vnějšího magnetického pole. Sem patří H, Au, Ag, Sn, Pb apod., též většina organických sloučenin;

- **paramagnetické látky** – mají μ > 1, ale blízké 1. To je kyslík, soli vzácných zemin, alkalické kovy, hliník, platina apod. Zesilují účinek vnějšího magnetického pole nepatrně;

- **feromagnetické látky** – vysoké μ závislé od intenzity magnetického pole. Jsou to Fe, Ni, Co, slitiny Cr a Mn. Feromagnetické látky jsou:

- **magneticky tvrdé** – těžko se zmagnetizují, ale magnetizmus si potom podrží i po odstranění magnetického pole (permanentní magnety),

- **magneticky měkké** – lehko získají i ztratí magnetismus. Používají se na stavbu magnetických obvodů v elektrických strojích a přístrojích.

2.2. Chemické vlastnosti

Povrch součástek měr se často poruší vlivem působení prostředí. Je to koroze - zničí ročně až 3 % vyrobeného kovu. Odolnost vůči korozi se zjišťuje v určitém prostředí. Zkoušky jsou v přírodě nebo v laboratořích.

Velikost koroze se udává úbytkem kovu za 1 hod. v g na ploše cm2 [g cm-2 $^{h-1}$] .
Při vyšších teplotách (nad 600 oC) se zkoumá odolnost – žáruvzdornost. Zvyšuje se přísadami Al, Cr, Si.

2.3. Mechanické vlastnosti

Součástky jsou namáhané tahem, tlakem, kroucením, střihem a ohybem. Aby tomu materiál odolával, musí mít vlastnosti jako je pevnost, tvrdost, pružnost, tvárnost aj. Tyto vlastnosti se zjišťují zkouškami.

2.4. Technologické vlastnosti

Materiál se zpracovává různými způsoby, které vyžadují odpovídající vlastnosti. Nazývají se technologické, protože jimi je určená technologie - způsob zpracování nebo opačně, technologii se vlastnosti materiálu přizpůsobí. Např. dural (AlCuMg) – slouží k výrobě pevných dílů s malou hmotností. Pro tváření ale nesmí být pevný, proto se upravuje tak, aby byl měkký, tvárný, potom se zpracuje a vytvrdne. Do technologických vlastností patří: tvárnost, obrobitelnost, svařitelnost, odlévatelnost.

2.5. Slitiny

Technicky používané kovy možno považovat za slitiny, protože tzv. čisté kovy obsahují ještě další prvky, které do nich přešly z výchozích látek v průběhu výrobního procesu, nebo se do nich úmyslně přidávaly. ***Slitiny*** *jsou tedy vícesložkové soustavy, ve kterých převažující látkou je kov.*

Složka, komponent, je nezávislá, čistá chemická látka, jako součást slitiny.
Komponenty slitiny navzájem nějakým způsobem jsou v interakci a podle toho se slitiny rozlišují:

2.5.1. Homogenní:

- **tuhý roztok**: značí se písmenem řecké abecedy *α =A(B)*, což značí, že kov *B* se rozpouští v kovu *A,* a to neomezeně, nebo omezeně. Tuhý roztok se vytváří:
    - substitucí atomu základního kovu atomem přísady – nahradí ho v mřížce. To je roztok **substituční – nahrazovací**. Pokud je nahrazení pravidelné, je to uspořádaný tuhý roztok,
    - mezi atomy základního kovu vstoupí atom přísady – dostane se v mřížce do mezer. To je roztok **intersticiální – mezerový**;

- **chemická sloučenina:** pokud se poměr počtu atomů prvků do slitiny vstupujících dá vyjádřit jednoduchými celými čísly a nemůže se měnit. Popíše se chemickým vzorcem;

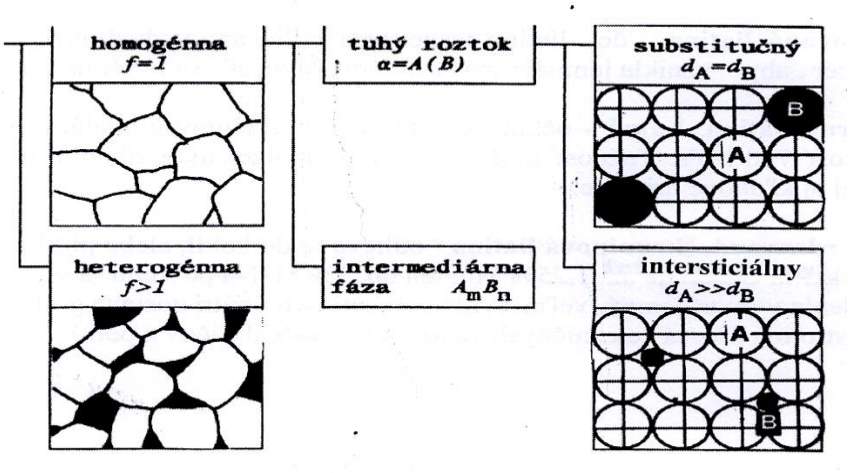
- **intermetalická** – intermediární fáze: základní kov s přísadou vytvoří novou prostorovou mřížku, ve které se atomy obou látek navzájem zastupují. Je to nová látka, která není ani chemická sloučenina, ani tuhý roztok;

2.5.2. Heterogenní:

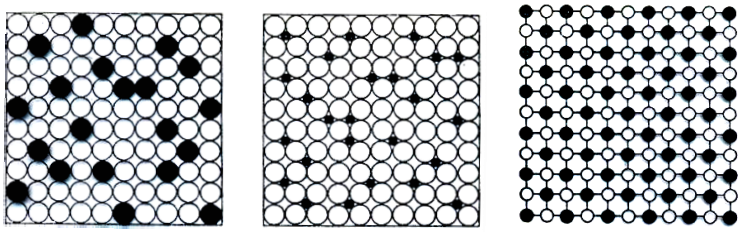
pokud druhá látka vystupuje v jiné krystalové formě, obě dvě existují vedle sebe víceméně jemně rozložené, ale každá tvoří osobitou fázi. Je to nesourodá směs (např. jako zrno s mákem).

Schéma druhů slitin je na obr. 1 a obr. 2.

Slitiny:



Obr. 1 Druhy vnitřní stavby slitin (f-počet fází, d_A, d_B –atomové průměry složek)



a *b* *c*

Obr. 2 Tuhé roztoky: a – substituční (nahrazovací), b – intersticiální (mezerový), c – uspořádaný tuhý roztok

2.6. Krystalizace slitin

Známe tři skupenství látek – pevné, tekuté, plynné. Nás zajímá pevné a tekuté skupenství. Abychom získali tekuté skupenství – taveninu, musíme kov ohřívat; nastane kmitání atomů, zvětší se objem, měrná hmotnost je menší. Pokud teplota tpokud vzroste, že kmitání atomů je velké, kov ztratí soudržnost, taví se.

Platí **Dulong-Petitovo pravidlo:** násobek měrného tepla a atomové hmotnosti je přibližně stejný a rovná se 6,2 cal/g oC. Látky s vysokou atomovou hmotností (Au, Pt, Pb) tedy mají malé měrné teplo.

Už bylo uvedeno, že krystalická mřížka se často vlivem tepla mění ještě v pevném stavu – atomy se přeskupí. Tento jev se nazývá překrystalizace – vytvoří se nová **modifikace**; tvoří se např. u železa, cínu (cínový mor) a jiných. Tento jev je označován pojmem **alotropie**.

Chladnutí taveniny má za následek její **tuhnutí**. Tuhnutí je proces přeměny tekuté fáze na tuhou. Pokud látka ztuhne jako krystalická, hovoříme o **krystalizaci**.

Primární krystalizace – je přechod z taveniny do tuhé fáze. Platí tu zákony termodynamiky. Fázové přeměny jsou na základě přeměny energeticky méně výhodné fáze na energeticky výhodnější fáze. Pokud pevná fáze bude energeticky výhodnější, začne tuhnutí.

Čisté kovy, eutektické slitiny, chemické sloučeniny – krystalizují, to znamená, že tuhnou při konstantní teplotě; při stejné teplotě se i taví. Ostatní slitiny tuhnou v intervale teplot.

Pro krystalizaci jsou důležité činitele:

- **spontánní krystalizační schopnost** (udává počet krystalizačních zárodků),
- **lineární krystalizační rychlost** (vyjadřuje rychlost růstu krystalů).

Krom těchto činitelů je důležitý vliv podchlazení – menší pohyblivost atomů, ty se střetnou, vznikne zárodek, který roste.

Velikosti vyjmenovaných činitelů a jejich vzájemná souvislost mají vliv na jemnost, nebo hrubost struktury. Dále mají vliv i odlévací formy, chladítka, vliv očkovací látky, vliv čistoty kovu.
Pokud zárodky vznikají přímo ze základního kovu, je to **homogenní nukleace**. Říkáme, že krystalizace je **spontánní**.

Pokud zárodky vznikají a rostou na útvarech cizích látek (karbidy, oxidy, nitridy, grafit, příměsi, očkovadla, nečistoty apod.), je to **heterogenní nukleace**.

Zárodky se vyskytují jen do určité teploty, nad ní se rozpouštějí.

Krystalizace slitin má tři pochody, odlišné od čistého kovu:

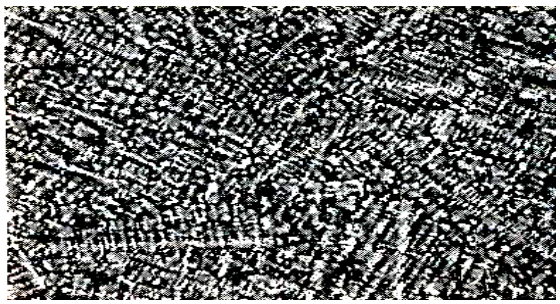
- z taveniny homogenní může krystalizovat několik fází,
- krystalizace probíhá v rozsahu teplot,
- krystalická fáze má jiné složení než původní homogenní tavenina.

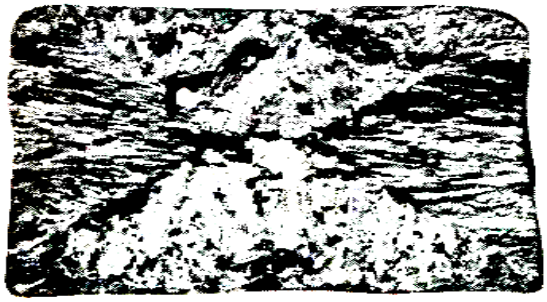
V průběhu krystalizací se dějí hlavně strukturální změny. Vznikají nové fáze.

Fáze – je homogenní část soustavy, která je oddělená od ostatních částí soustavy povrchovým rozhraním a má stejné vlastnosti, strukturu a chemické složení (např. směs zrna a máku je soustava jako celek, mák je jedna fáze, zrno druhá). Fázi může tvořit homogenní látka nebo disperze.

Disperze – je soustava obsahující aspoň dva druhy látek, z nichž jedna je rozptýlená v druhé; je to nestejnorodá soustava dvou nebo více fází.

V krystalizaci probíhá **transkrystalizace** – vznik **dendritů** – stromkovitých krystalitů, vznik krystalizačních os (*obr. 6.12a*), vznik lunkrů, mikrolunkrů (vznikají mezi krystaly a působí jako vrub *obr. 6.12b*).





a

b

Obr. 6.12 Dendrity v lité oceli – a, krystality ve slitině Fe-Ni – b

3.ODVOZENÍ ZÁKLADNÍCH VELIČIN PLASTICKÉ DEFORMACE

3.1. Mezní stavy materiálu

Ve většině strojírenských oborů se v posledních několika desetiletích značně zvýšily technické parametry strojů a zařízení (pracovních tlaků a teplot, otáček, jednotkových výkonů apod.) Přitom však klesá jejich hmotnost, vztahovaná na jednotku výkonu.

Mezní stav – definice

- Mezní stav je takový stav materiálu, při kterém v důsledku působení externích či interních faktorů kritické velikosti nebo kombinací působení externích a interních faktorů kritické velikosti materiál skokem ztratí funkční a užitkové vlastnosti, případně postupná změna funkčních a užitkových vlastností dosáhne jisté úrovně.

- Skoková změna stavu materiálu.

Druhá definice zevšeobecňuje mezní stav nejen na ztrátu užitkových vlastností, ale zahrnuje i jevy, které nemusí ovlivňovat funkční vlastnosti dané konstrukcí jako např. přechod z feromagnetického do paramagnetického stavu (Currieho teplota), polymorfní přeměny apod.

- Mezní stav je stav systému vyjádřený podmínkami (parametry) činnosti systému, při jejichž překročení dojde k dočasnému nebo trvalému porušení (selhání) funkcí systému. Mezní stav systému je na rozhraní normálního a poruchového stavu.

Třetí definice určuje mezní stav jako místo skokového rozhraní mezi dvěma stavy, použitelným – nepoužitelným.

Dosažení mezního stavu závisí na *dynamice hromadění poškození*, která je funkcí sub-strukturního a strukturního stavu materiálu, technologických charakteristik výroby a konstrukčních podmínek využívání tělesa, velikosti a druhu zatěžování, reakci materiálu na zatěžování a především času působení faktorů, které každý sám o sobě nebo v superpozici mohou vyvolat mezní stav.

- **Úroveň poškození materiálu** je charakterizovaná hladinou vnitřní energie, zejména v místech s koncentrací nebo podílem oblastí s narušením koheze materiálu v důsledku působení externích nebo interních faktorů mezního stavu.

- **Plastická deformace** je schopnost materiálu měnit tvar a rozměry přizpůsobené dostatečně velikého zatížení bez toho, aby měnili svoji krystalickou stavbu.

- **Místní poškození materiálu** je nevratná, objemově a místně omezená ztráta koheze, jejímž výsledkem je oddělení jistého objemu materiálu, vytvoření trhliny nebo sítě trhlin, případně vrstvy, která má významně odlišné užitkové vlastnosti než okolní materiál.

- **Lom** je nevratná ztráta koheze částic materiálu v části nebo v celém průřezu tělesa.

Co ovlivňuje mezní stav

- Strukturní a substrukturní stav – morfologie jednotlivých fází, precipitáty, segregáty
- Technologie výroby – zbytkové napětí po tváření, svary, defekty
- Provozní podmínky (prostředí) - provozní atmosféra, podmínky mazání, otáčky, doba provozu
- Velikost a druh zatížení – velikost, směr, statické zatažení, rázové zatížení
- Chemické složení.
- Rychlost zatížení – jev plastické nestability
- Koroze
- Čas – historie zatížení
- Teplota
- Superpozice více faktorů

3.2. Rozdělení mezních stavů

Mezní stavy nosnosti:

- **Deformace - překročení mezní hodnoty napětí**

  Mezní stav pružné deformace,

  - nadměrná pružná deformace (mikroplastická, makroplastická),
  - porušení pružné stability (vzpěr),
  - pokles pružné deformace (relaxace),

  Mezní stav plastické deformace

  - nadměrná plastická deformace (kritická)
  - porušení plastické stability (vzpěr)

- **Mezní stav porušení (lom)**

Přetížením,

- křehký,
- tvárný,
- tečením,
- rázem,
- tepelná deformace šokem,
- korozí,
- zabrzděný,
- předčasný.

Únavou,

- mechanickou $\varepsilon=f(\sigma)$,
- tepelnou $\varepsilon=f(T)$,
- tepelně-mechanickou $\varepsilon=f(T, \sigma)$,
- tečením $\varepsilon=f(T,\sigma,t)$.

- **Místní poškození**

Objemové,

- vodíkem,
- interkrystalická koroze,
- tekutým kovem,
- svarem,
- radiační,
- natékáním,
- energetickými poli.

Povrchové,

- adhezí,
- abrazí,
- erozí,
- kavitací,
- kontaktem,
- vibracemi,
- korozí,
- teplotou,
- vytrhnutím,

- **Mezní stavy použitelnosti:**

  - Nadměrné průhyby.
  - Velikost dynamické odezvy.
  - Ztráta stability polohy.
  - Vibrace, hluk, klepání.

3.3. Korozní praskání

Patří mezi jednu z forem koroze, která vzniká za současného působení korozního prostředí a napětí (Tab. 7.1). Korozní napadnutí je v takovémto případě intenzivnější, než by odpovídalo součtu poškození při odděleném působení obou činitelů. Aby vzniklo korozní praskání, musí být splněny tři podmínky:

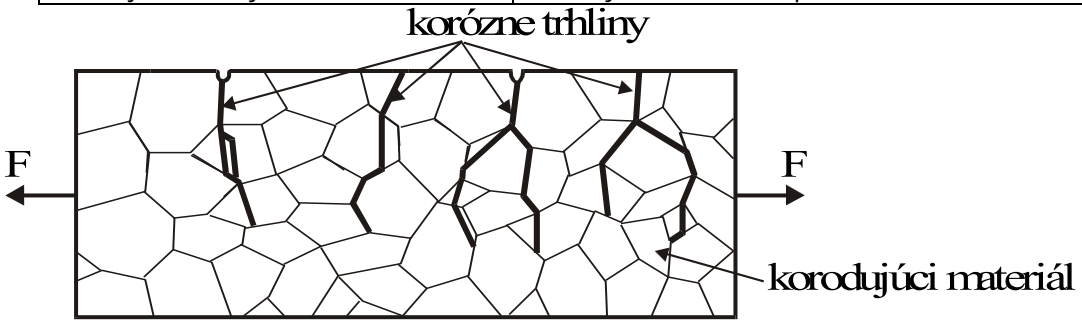
- korozní prostředí,
- materiál náchylný na praskání,
- přítomnost určité složky tahového napětí.

Náchylnost na korozní praskání ovlivňují metalurgické (chemické složení kovu, obsah vnitřního napětí, stupeň deformace, přítomnost nehomogenit) a elektrochemické faktory (hodnota elektrochemického potenciálu, schopnost kovů pasivovat se, charakter korozního prostředí).

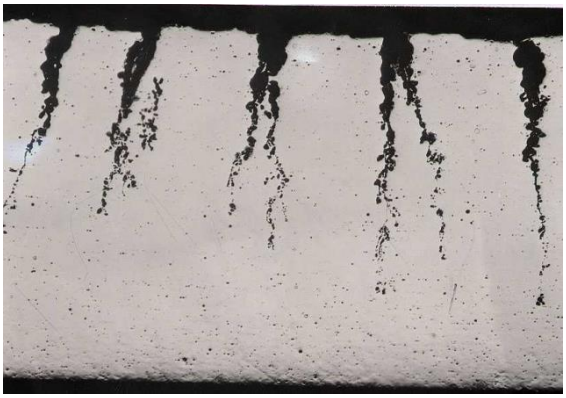
Korozní praskání (viz Obr. 7.3 a 7.4) může mít interkrystalický nebo transkrystalický charakter. Trhliny se při korozním praskání často iniciují na existujících povrchových chybách jako drážky a rýhy po opracování nebo ostré okraje.

Tab. 7.1 Kombinací kovů a prostředí, ve kterých vzniká korozní praskání

Al-Mg, Al-Cu-Mg,Al-Mg-Zn	mořská voda
Cu-Al, Cu-Zn-Ni, Cu-Sn	amoniak
uhlíkové oceli	horké roztoky dusičnanů, uhličitanů a hydroxidů
austenitické antikorozní ocele	horké koncentrované chloridové roztoky, chloridy znečištěné páry
Titán a jeho slitiny	10 % HCl
Nikl a jeho slitiny	roztoky NaOH a KOH při130°C



Obr. 7.3 Schéma korozních trhlin



Obr. 7.4 Mikrofotografie korozních trhlin

Růst trhliny je střídáním chemické a mechanické degradace skokový. Působení chemické reakce na čele trhliny urychluje její šíření a hromadění napětí na čele trhliny zvyšuje reaktivnost tohoto místa. Z toho vyplývá synergie obou působících procesů.

3.4. Prevence

- Studium materiálu a jeho reakcí na různé konstrukční prvky a technologické postupy – vliv svarů, vrubů, kmitání, namáhání, energosilového opracování apod.
- Výběr vhodného materiálu – správná kombinace vlastností materiálu pro dané namáhání a prostředí.
- Zdokonalovaní konstrukčních řešení a postupů určování namáhání v jednotlivých místech konstrukcí.
- Dodržování technologických postupů výroby.
- Správná montáž.
- Správný provoz. – mazaní, teplota, nepřetěžování.
- Údržba a kontrola zařízení nebo konstrukcí. – kontrola trhlin (letadla, mosty)
- Zkoušky výrobků přímo u výrobců.
- Defektoskopie. – kontrola vyrobených součástek před zařazením do provozu a po dobu provozu např. potrubí, lopatky leteckého motoru, dutiny ve svarech apod.
- Poučení se z chyb minulosti. – zjišťování příčin průmyslových havárií a vykonání potřebných kroků, aby se v budoucnosti předešlo podobnému problému.

4. VLIV TEPLOTY NA PLASTICKÉ VLASTNOSTI MATERIÁLU

4.1. Technologické vlastnosti materiálů

- **tvářitelnost** – schopnost materiálu změnit tvar působením vnějších sil bez porušení celistvosti
- s**vařitelnost** – označuje způsobilost zhotovit svarový spoj požadovaných vlastností
- **slévatelnost** – souhrn vlastnosti, které charakterizují vhodnost materiálu na zpracování odléváním
- **obrobitelnost** – souhrn vlastností, které udávají, jak obtížně a s jakým výsledkem se daný materiál obrábí

4.2. Napětí

Definice: je to poměr síly a průřezu

působením vnější síly na těleso vzniká napětí v průřezu tělesa (Obr. 1)

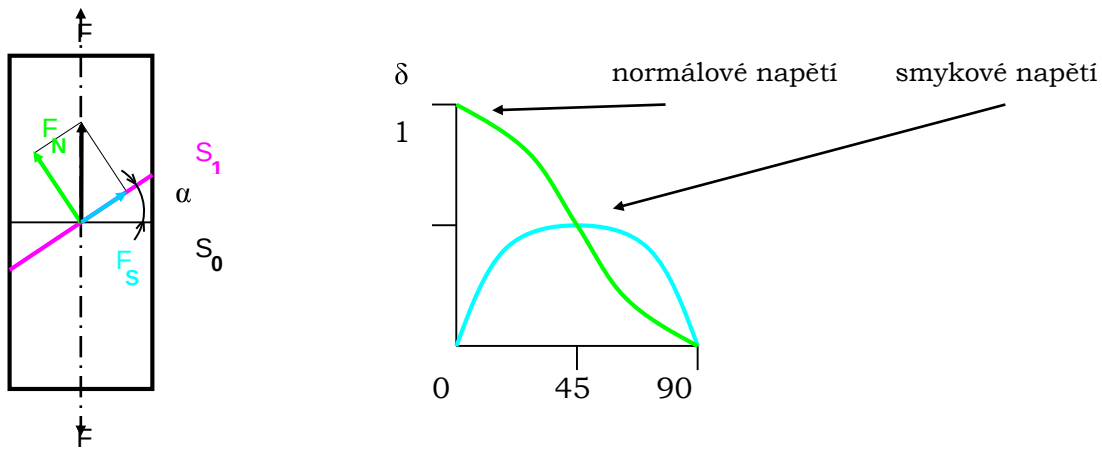
$$\delta = \frac{F}{S_0} = \left[\frac{N}{mm^2}\right][Mpa]$$ (Obr. 1)

$$F_N = F.\cos\alpha \qquad F_S = F.\sin\alpha$$

$$\delta = \frac{F_N}{S_1} \qquad \tau = \frac{F_S}{S_1}$$

Kde:

F_N – normálová složka
F_S – smyková složka



Obr. 1 Vznik a průběh napětí

4.3. Působení vnějších sil – definice pevnosti

Pevnost – schopnost materiálu snášet zatížení. Mez pevnosti je napětí, při kterém se materiál poruší, rozdělí na dvě části.

$$R_m = \frac{F_{max}}{S_0} \; [\mathrm{Mpa}]$$

4.4. Pružná a plastická (trvalá) deformace kovů

Deformace – změna tvaru a rozměrů působením vnější síly

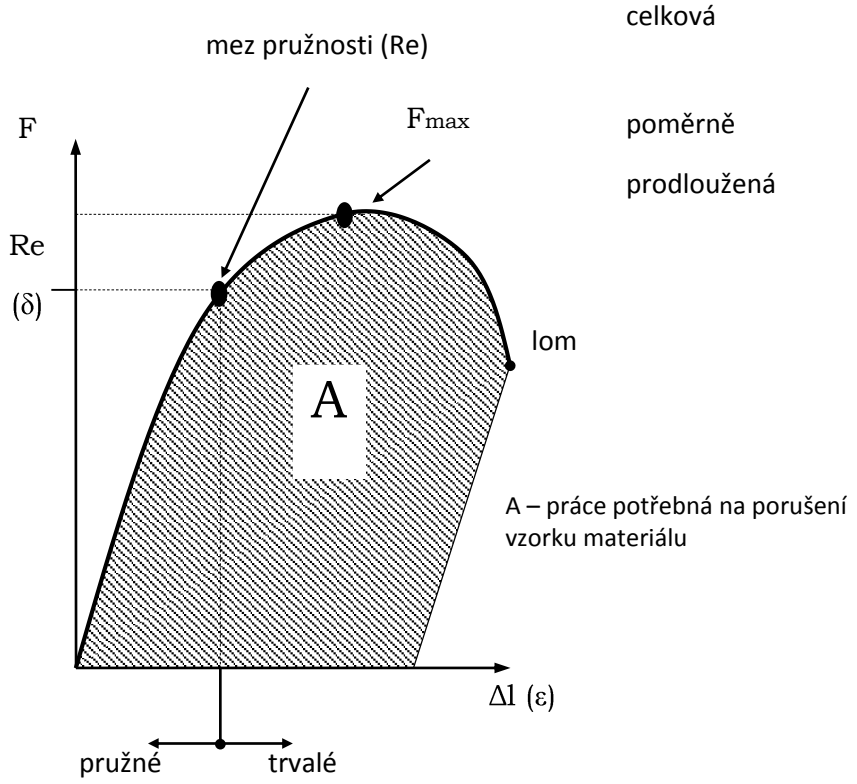
Pružná deformace

- **materiál se vrátí po skončení působení vnějšího zatížení do původního tvaru**
- Nastává, pokud se atomy působením vnější síly v krystalové mřížce vychýlí z jejich rovnovážných poloh o vzdálenost menší, než je polovina mřížkového parametru. Po odstranění zatížení se atomy vrátí do původních poloh.

Plastická (trvalá) deformace

- **po skončení působení vnějšího zatížení zůstává určitá deformace v závislosti na síle zatížení**

- Vzniká, pokud jsou atomy vychýlené ze svých rovnovážných poloh o více než parametr mřížky, v důsledku čehož se o odlehčení nedokážou vrátit zpět do původní polohy.



$$\Delta l = l - l_0$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{l - l_0}{l_0}$$

Obr. 2 Pružná a plastická deformace

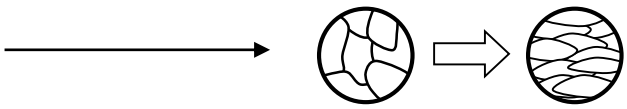
Mechanismus plastické deformace:

- skluzem (skluzová rovina, směr skluzu)
- duplováním

4.5. Důsledky plastické deformace za studena

Důsledky plastických deformací jsou:

- zpevnění materiálu
- vznik deformační textury
- anisotropie mechanických vlastností
- zvýšení množství poruch



Odstranění důsledků plastických deformací

- **ohřevem materiálu** a podle teploty materiálu hovoříme o ozdravení mřížky. Částečná obnova vlastností, snížení pnutí.

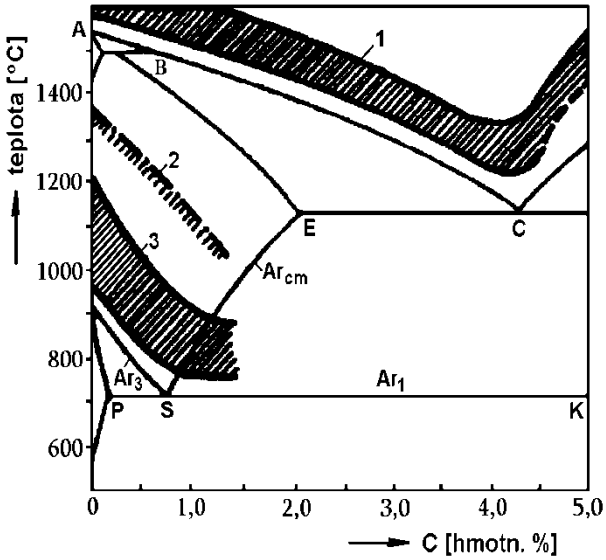
  ohřev na $T < T_{rekr.}$ $\qquad T_{rekr} = 0{,}35 - 0{,}4\ T_{tav}$ $\qquad$ (8.3)

- **rekrystalizací**

  ohřev na $T > T_{rekr.}$

Překrystalizačním žíháním tyto důsledky odstraníme. Překrystalizační deformace zrn na nedeformované úplně odstraní důsledky plastické deformace.

Tváření za tepla se realizuje v oblasti tuhého roztoku γ (austenitu), protože má mřížku K12 vyznačující se dobrou tvářitelností. Je výhodné, když počáteční teplota tváření je vysoká, protože snižuje pevnost austenitu při intenzivní rekrystalizaci deformovaných austenitických zrn. Pro dosažení určité deformace je potřebné menší množství energie než v případě nižších teplot. Výška teploty tváření je však omezená na hodnotu 100 – 200°C pod teplotou solidu, aby nedošlo k značnému zhrubnutí zrna, případně ke „spálení“ ocele. Tváření se musí dokončit do teploty Ar_3 u podeutektoidních ocelí a Ar_1 u nadeutektoidních ocelí. Při teplotě Ar_3, resp. Ar_1 převládá deformační proces nad procesem rekrystalizačním a po ochlazení z tvářecích teplot vzniká jemnozrnná struktura. U nadeutektoidních ocelí tvářením mezi teplotou Ar_{cm} a Ar_1 dosáhneme rozdrobení sítoví sekundárního cementitu, čímž zvýšíme deformační vlastnosti (tažnost, smrštění) této slitiny. Oblast tvářecích teplot je na obr. 3.



Obr. 8.3 Charakteristické teploty v diagramu Fe – C

1) teploty odlévání, 2) horní hranice kovacích teplot, 3) teploty tváření

Tepelné zpracování. Největší význam má diagram Fe – C pro postupy při tepelném zpracovaní, které umožňuje měnit vlastnosti materiálů v širokém rozmezí. Podle kritických teplot A_1, A_3, A_m se určují žíhací, kalicí teploty, teploty fázových přeměn a jiné. Diagram umožňuje určit též výsledné struktury po tepelném zpracování.

Z uvedených příkladů, ale i dalších aplikací jako je např. volba teplot pro jednotlivé druhy chemicko-tepelného zpracování, termomechanického zpracování apod. vyplývá, že rovnovážné diagramy Fe – C dávají velmi cenné informace pro dosažení optimálních vlastností slitin Fe – C.

5.ROZDĚLENÍ TECHNOLOGICKÝCH TVÁŘECÍCH PROCESŮ

Tváření je technologický proces, při kterém se působením tvářecího nástroje mění tvar výchozího materiálu bez odběru třísek. Tváření patří mezi progresivní výrobní technologie. Progresivnost tváření spočívá zejména ve snížené spotřebě výchozího materiálu na součástky nebo konstrukci, ve zlepšení mechanických vlastností výchozího materiálu v krátkých výrobních časech, ve vysoké produktivitě, v možnosti výroby součástek a v plné automatizaci pomocných operací a úkonů.

Výtvarek je název výrobku, který bol zhotovený tvářením bez ohledu na druh tvářecí operace použité při zhotovení výtvarku.

Ve vztahu k druhu, tvaru výchozího materiálu a změny průřezu (tloušťky), **dělíme tváření na plošné a objemové**.

- Plošné tváření je proces, při kterém se dosahuje požadovaná změna bez podstatné změny průřezu (tloušťky) výchozího materiálu (většinou plech).
- Objemové tváření je proces, při kterém se dosahuje požadovaná změna změnou tvaru průřezu výchozího materiálu.

Technologické tvářecí procesy možno rozdělit podle:

- teploty
- tepelného efektu
- stupně dosažené deformace

Rozdělení tváření podle teploty:

Plastické vlastnosti čistých kovů a slitin se z hlediska tváření mění vlivem teploty. Mění se jejich odpor, který kladou proti trvalé změně tvaru. Při vysokých teplotách má většina kovů a jejich slitin lepší plastické vlastnosti.

Plastická deformace, ke které dochází při technologických tvářecích procesech za studena, způsobuje změnu mechanických, fyzikálních a chemických vlastností kovů. Souhrn jevů spojených s těmito změnami nazýváme zpevněním.

Podle toho, zda tváření probíhá pod rekrystalizační teplotou nebo nad ní, můžeme technologické tvářecí procesy rozdělit na dvě skupiny:

- tváření za studena
- tváření za tepla

Tváření za studena je také technologické zpracování materiálu, při kterém teplota materiálu je pod teplotou rekrystalizace. To znamená, že zpevnění materiálu způsobené tvářením, se většinou zachovává. Tváření za studena probíhá při teplotách nižších než T ≤ 0,3.Ttav, kde teploty se udávají v Kelvinech.

Tváření za studena se nejčastěji používá:

- za účelem dosažení lesklého a hladkého povrchu výrobku, jako např. při válcování plechů, pásů, lesklém tahání drátu a tyčí atd.
- k dosažení přesných rozměrů výrobku, např. při protlačování, tahání drátu, hloubkovém tažení atd.
- ke zvýšení pevnosti a tvrdosti
- u slitin, které nejsou schopny rekrystalizace
- pokud tváření za tepla není možné, protože materiál má tak velký povrch, že rychle chladne v důsledku malého průřezu
- pro laciné a rychlé vyrábění součástky při vyhovující kvalitě

Tvářením za studena se zvyšuje pevnost a tvrdost materiálu, pokud jeho tažnost klesá, což je důkazem snižování plasticity materiálu. Přitom vzniká deformační struktura a anizotropie mechanických vlastností.

Tvářením za tepla se rozumí tváření při takových teplotách, při kterých probíhá rekrystalizace v průběhu tváření tak rychle, že zpevnění způsobené tvářením mizí už v průběhu tváření nebo bezprostředně po něm. Tváření za tepla probíhá při vyšších teplotách než je rekrystalizační teplota. Za tváření za tepla považujeme ty procesy, které probíhají při teplotách vyšších než 0,7 Ttav.

Při tváření za tepla probíhají **současně dva děje, destrukce (deformace) a rekrystalizace.**

Rozdělení tváření podle tepelného efektu

Podle toho, jaké množství vyvinutého tepla se spotřebuje na zvýšení teploty tvářeného kovu, tváření možno rozdělit na procesy:

- **izotermické** – vyvinuté teplo se odvádí do okolí, teplota výtvarku se nemění
- **adiabatické** – všechno vyvinuté teplo zůstává v tvářeném kovu, zvyšuje se jeho teplota
- **polytropické** – vyvinuté teplo se zčásti odvede a zčásti zůstává v tvářeném kovu; tyto procesy jsou v praxi nejčastější

Rozdělení tváření podle stupně dosažené deformace:

Pokud použijeme pro takovouto klasifikaci poměr mezi volným povrchem tvářeného materiálu a povrchem, který je ve styku s nástrojem, je možné technologické tvářecí procesy rozdělit do tří skupin:

- volný povrch tvářeného objemu větší než je povrch, který je v styku s nástrojem (volné kování)
- volný povrch tvářeného objemu přibližně stejně velký jako povrch, který je ve styku s nástrojem (kování v tvarových kovadlech, v otevřených zápustkách)
- velký povrch tvářeného materiálu menší než povrch, který je v styku s nástrojem (kování v uzavřených zápustkách, protlačování)

5.1. Operace střihání - rozdělení a princip

Střihání je jedna z nejčastěji používaných operací ve strojírenské výrobě. Používá se při přípravě polotovarů na vystřihování hotových výstřižků nebo jako pomocná operace při výrobě strojařských výrobků.

Střihání je taková **technologická operace**, při které působením vnějších sil dochází k postupnému nebo současnému oddělování částí materiálu ve střižných nástrojích podél křivky střihu.

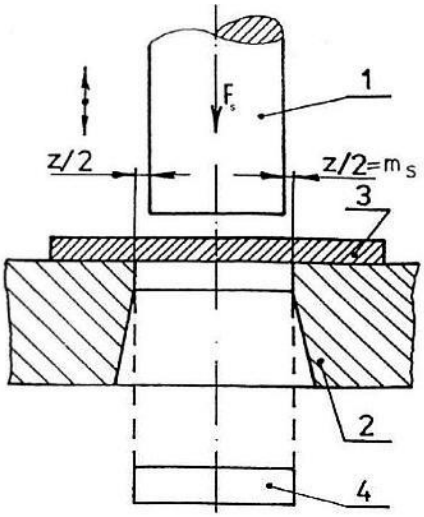
Mezi základní operace střihání patří:

- děrování (vytváření otvorů)
- ostřihování (oddělování nadbytečného materiálu)
- vystřihování (vystřihování části materiálu)
- prostřihování (částečné vystřihávání materiálu)
- nastřihování (částečné nastřihávání materiálu)
- přistřihování (dosažení přesnějších tvarů)
- přesné vystřihování
- přetrhávání a vysekávání (oddělování materiálu výsečníkem na podložce)

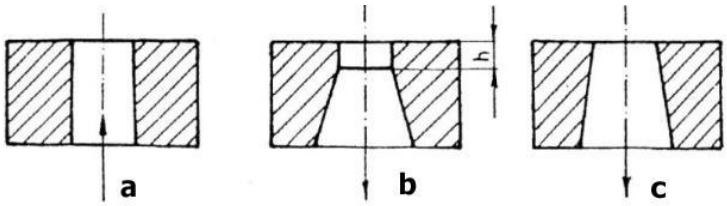
Střihání ve střihadlech:

Je to nejrozšířenější způsob výroby výstřižků. Základní operace jsou děrování a vystřihování

Střihadlo je střižný nástroj - nástroj na vyhotovení výstřižku konkrétního tvaru a rozměrů (obr. 9.1, obr. 9.2).



Obr. 9.1 Střižný nástroj, z - střižná vůle, ms - střižná mezera, 1. střižník, 2. střižnice, 3. střihaný materiál (pás plechu), 4. vystřihnutý materiál (výstřižek)



Obr. 9.2 způsoby odstraňování odpadu, a – vyhazovačem, b, c – přepadem

Střižný proces je možné rozdělit na tři základní fáze:

- **pružná fáze** – na začátku působení střižného nástroje na střihaný materiál vzniká v materiálu pružná deformace do okamžiku, kdy napětí v místě střihu dosáhne hodnoty meze kluzu Re, tato fáze činí 5 – 10 % tloušťky střihaného materiálu

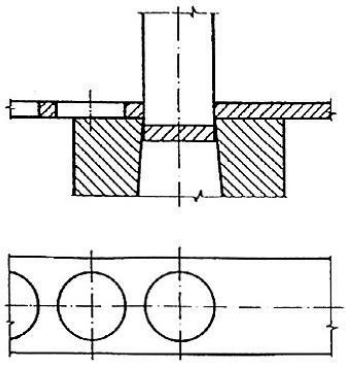
- **tvárná fáze** – po překročení meze kluzu Re v místě střihu se napětí zvyšuje do meze pevnosti ve smyku, tato fáze činí 10 – 25 % tloušťky střihaného materiálu

- **fáze porušení** – po překročení napětí na mezi pevnosti ve smyku vznikají v střihaném materiálu mikroskopické a později makroskopické trhliny směřující po skluzových rovinách, způsobující oddělení částí materiálu

Střihání se může realizovat za studena nebo za tepla. Za studena se střihají měkké materiály a plechy. Stříhání za tepla se používá při střihaní materiálů o vyšší pevnosti a větších průřezů. Střihat můžeme: rovnoběžnými noži, skloněnými noži, kruhovými noži a ve střihadlech.

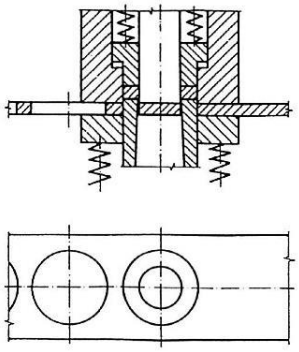
Střižné nástroje:

- **jednoduchý střižný nástroj** (obr. 9.3)



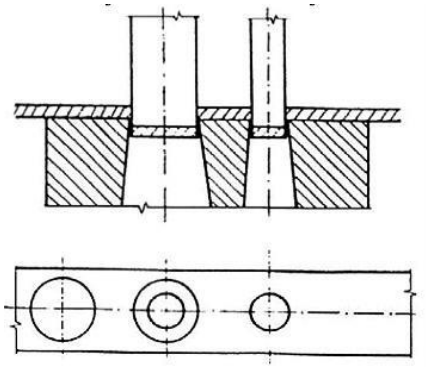
Obr. 9.3 Jednoduchý střižný nástroj

- **sloučený nástroj** (obr. 9.4)



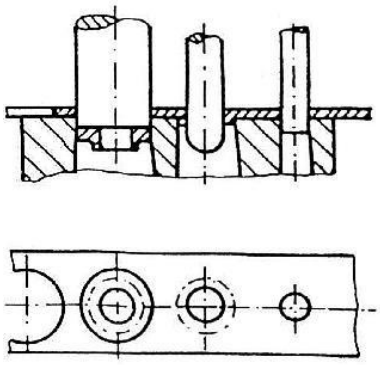
Obr. 9.4 Sloučený střižný nástroj

- **postupový střižný nástroj** (obr. 9.5)



Obr. 9.5 Postupový střižný nástroj

- **kombinovaný nástroj** (obr. 9.6)



Obr. 9.6 Kombinovaný střižný nástroj

5.2. Operace ohýbání - rozdělení a princip

Ohýbání je technologický proces, při kterém vlivem působení ohybového momentu systémem dvojice sil dochází k trvalé změně tvaru polotovaru. Ohýbání je proces, kterým dochází k požadované změně tvaru bez podstatné změny průřezu, proto patří do oblasti plošného tváření.

Výchozím polotovarem pro ohýbané součástky jsou plechy, tyče, profily. Využívají se při stavbě strojů, vagónů, automobilů, lodí.

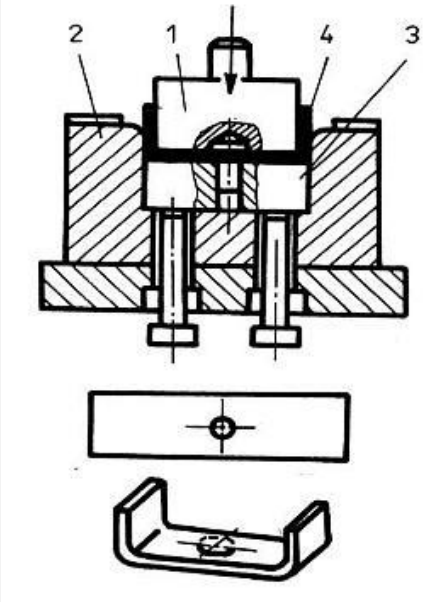
Samotný pohyb je doprovázen z**pevněním materiálu**, čímž **se mění jeho pevnostní vlastnosti** a následně **i vlastnosti ohýbané součástky**. Tyto okolnosti mají za následek snížení hmotnosti strojně-technologických celků.

Podle způsobu pohybu nástroje vzhledem ke tvářenému materiálu je možné ohýbání rozdělit do dvou základních skupin:

- **Ohýbání na lisech** - materiál se tváří v nástroji, ohýbadle, jehož pohyblivá činná část vykonává přímočaré pohyby.
- **Ohýbání na válcích** - nástrojem jsou samotné válce, které vykonávají otáčivý pohyb

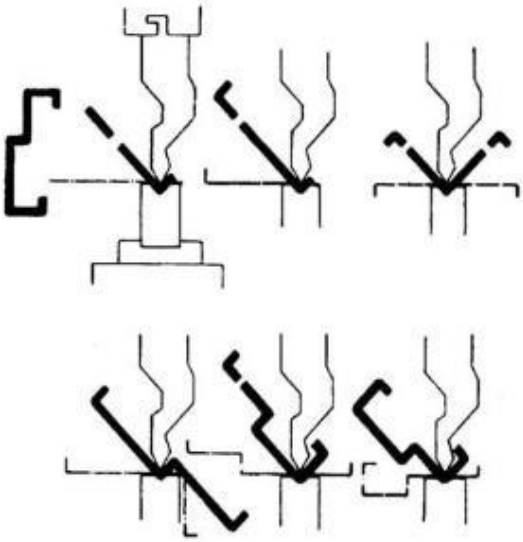
5.2.1. Ohýbání na lisech

Ohýbání – směr pohybu pohyblivé aktivní části se shoduje se směrem osy úhlu tvořeného ramenem ohnutého předmětu, čára ohybu je obyčejně kratší než ohýbaná ramena - obr. 7.



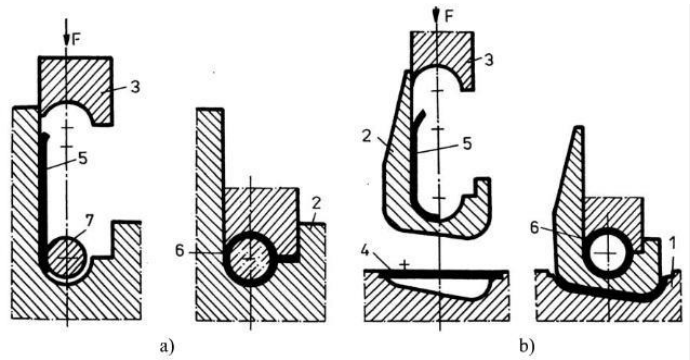
Obr. 7 Ohýbání do tvaru U
Ohybník, 2. Ohybnice, 3. Vyhazovač, 4. Ohýbaný výlisek

Ohraňování – tímto způsobem se vyrábějí postupným ohýbáním různé profily. Čára pohybu je obvykle delší než ramena ohybu – obr. 9.8.



Obr. 9.8 Ohraňování

Zakružování – na tvářený materiál se vyvíjí tlak, vyvolávající posouvání plechu po zakřiveném povrchu pevné čelisti. Konečný tvarový efekt je tedy možné docílit v různých nástrojích s různou posloupností působení na materiál – obr. 9.9.



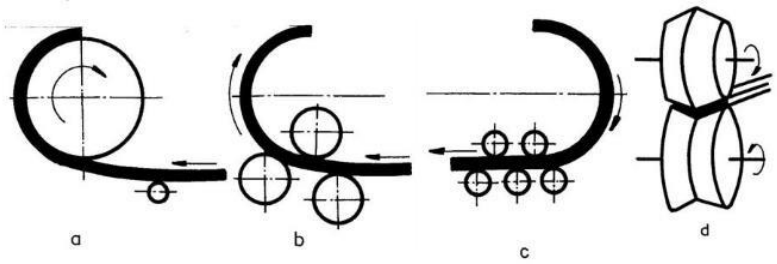
Obr. 9.9 Zakružování
1,2 – ohybnice, 3 – ohybník, 4,5,6, - ohýbaný výlisek, 7 – trn

Lemování – se využívá k vyztužení okraje výlisku nebo na přípravu spoje

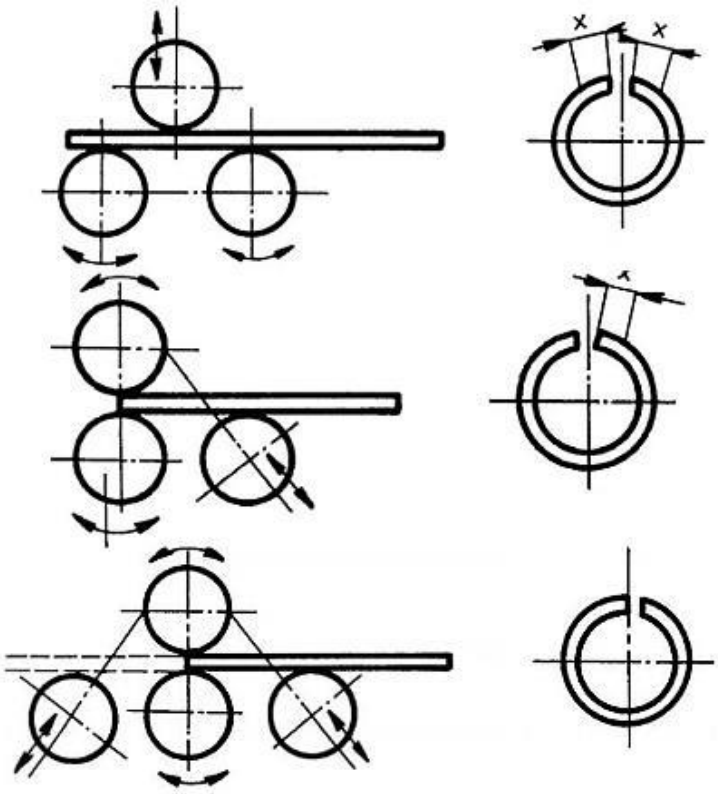
5.2.2. Ohýbání na válcích

Při tomto ohýbání se místo plastické deformace postupně mění. Podle polohy roviny ohybu vzhledem k ose válce rozlišujeme tyto způsoby – obr. 9.10, obr. 9.11 :

- **příčné válcování** - rovina ohýbání je kolmá na osu válce
- **podélné válcování** - rovina ohýbání prochází osami dvou válců s příslušným profilem



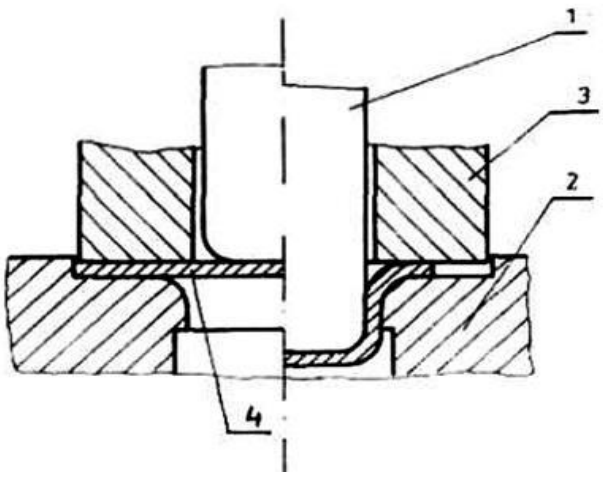
Obr. 9.10 Ohýbání na válcích
a – navíjení, b – zakružování, c – rovnání, d - podélné válcování



Obr. 9.11Konštrukční schémata zakružovaček
trojválcová symetrická, 2. trojválcová nesymetrická, 3. čtyřválcová symetrická

5.3. Operace tažení - rozdělení a princip

Tažením nazýváme takový technologický proces, při kterém z rovinného polotovaru (plechu) vytváříme prostorová (dutá) tělesa jednoduchých nebo složitých tvarů. Těleso vyrobené tažením nazýváme **výtažek**. Výtažek je možné vytvořit v průběhu jedné nebo více operací (záleží na rozměrech a tvaru výtažku). Přetvoření rovinného polotovaru na duté těleso se realizuje v nástroji, který se nazývá tažidlo. V praxi se však častěji používá výraz tažný nástroj. Hlavní části nástroje jsou: tažník, tažnice, přidržovač (obr. 9.12).



Obr. 9.12 Tažný nástroj
1. tažník, 2. tažnice, 3. přidržovač, 4. tažený plech

Tažení je značně rozšířený technologický proces, kterým se vyrábějí součástky složitých tvarů, dostatečně tuhé s minimální hmotností.

Tažením se vyrábějí součástky používané ve všech oblastech našeho života. V domácnostech jsou tažením vyrobené všechny **kovové kuchyňské nádoby, obaly chladniček, praček, pečící trouby** apod. V automobilovém průmyslu se tažením vyrábějí všechny **dílce karosérie osobních i nákladních automobilů**. Tažení jako technologická operace je také velmi používaná **při výrobě letadel, lodí, hraček, potravinářském průmyslu, elektrotechnice** apod.

Tvářecí stroje pro tažení mají odlišnou konstrukci. Tažený plech je při tažení ve většině případů nutno přidržovat, proto stroj musí mít dvě smykadla - tažné a přidržovací.

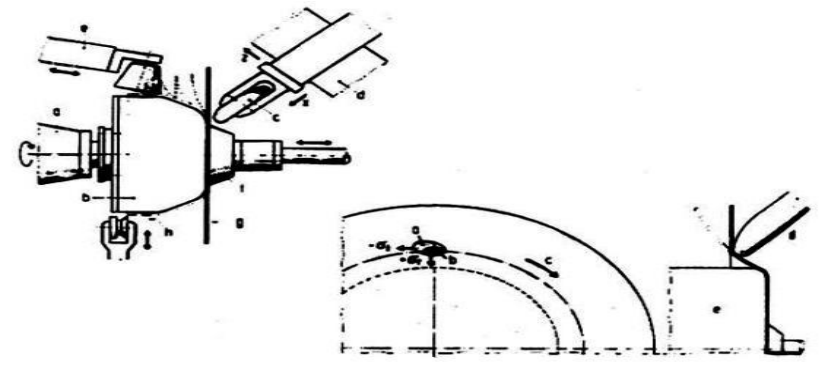
Rozdělení tažení

- tažení obyčejné
- tažení se ztenčením stěny
- tažení zpětné
- žlábkování (zvyšování tuhosti předmětu vytažením mělkých prohlubenin)
- přetahování (vytváření nábojů nebo válcových stěn obvykle pro závit)
- rozšiřování (zvětšování obvodu výtažku)
- zužování (zmenšování obvodu výtažku)
- přetahování tažidlem (zhotovení jednoduchých výtažků větších rozměrů z plechu upnutého pevně na protilehlých koncích. Pohybem tažníku se plech protahuje)

5.4. Operace tlačení a protlačování - rozdělení a princip

Tlačení nazývané i **kovotlačení** nebo **rotační tváření** je takový způsob tváření, při kterém plech nebo plechový polotovar (výtažek) se otáčí okolo osy rotace a působením tlačného nástroje se postupně posouvá od středu k okraji rotujícího polotovaru. Výrobek, který vzniká kovotlačením se nazývá výtlaček. Kovotlačení je sdružený ohyb s přetvářením za rotace. Ohýbání za rotace s přídavným tlakem na malý objem vytváří jev lokalizace plastické deformace a zvyšuje tvárnosti.

I pokud je hluboké tažení do hloubky propracované, zůstává tlačení vzhledem k svojí výhodnosti a flexibilitě vhodným technologickým postupem výroby. Z hlediska sériovosti je tlačení ekonomicky výhodnější při malých a středních sériích - obr. 9.13.



Obr. 9.13 Schéma tlačení na větší počet operací tlačení

Stupeň deformace materiálu při tlačení je daný poměrem průměru přístřihu D_0 k vnitřnímu průměru výlisku d a určíme ho podle $K=D_0/d$

Při výrobě nádob tlačením se používají tyto základní operace:

- **Tlačení, kterým se přetváří rovinný plechový kotouč na dutou nádobu**, přičemž se některá část jen zužuje nebo rozšiřuje.
- **Tlačení s redukováním tloušťky,** při kterém je výchozím polotovarem výtažek vyrobený tažením, nebo kovotlačením.
- **Víceoperační tažení.**
- **Ostřihování** (zarovnávání) okrajů polotovaru (výtlačku) popřípadě vypichování otvoru ve dně.
- **Lemování** (pro zvětšení tuhosti) a zaokrouhlení výtlačku.

Tváření protlačováním je základní práce objemového tváření a používáme ji na výrobu i těch nejsložitějších výtvarků. Ve strojírenské výrobě se tato technologie realizuje většinou za studena, konečný tvar strojní součástky protlačku dává nástroj, jehož základní funkční části jsou průtlačnice, průtlačník.

Potřebnou tvářící sílu, kterou působíme na kov prostřednictvím protláčedla, vyvozujeme lisy vhodnými na protlačování. Polotovar, který tváříme, zpracováváme za normální teploty okolí. Tento způsob nazýváme protlačování za studena. Při samotném protlačování však dochází vlivem velkých tlaků při větších rychlostech k vývinu tepla v samotné protlačené součásti, která může dosáhnout teploty až 200°C. I navzdory této teplotě se jedná o tváření za studena. Stoupá pevnost a tvrdost tvářeného kovu a tažnost klesá.

Protlačením můžeme dosáhnout velké plastické deformace (tvarové změny) bez porušení celistvosti materiálu, i když protlačování probíhá za podmínek prostorového stavu napjatosti, kde převládají tlaková napětí.

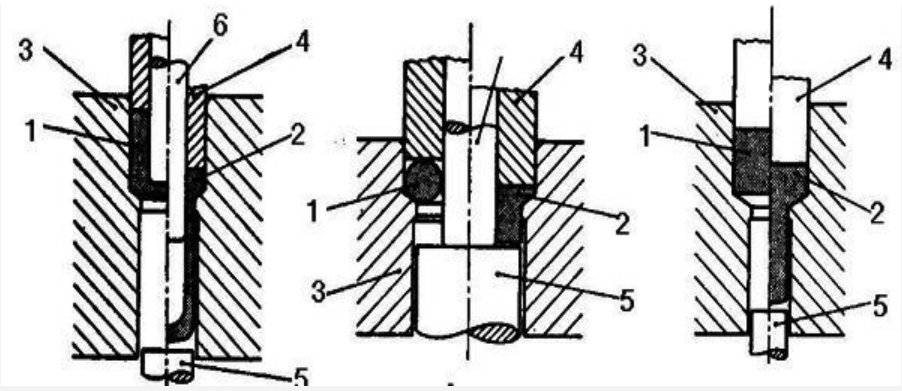
Základní způsoby protlačování:

Zpětné protlačování

Při zpětném protlačování teče materiál proti směru pohybu průtlačníku. Vložený polotovar nejprve vyplní spodní dutinu průtlačnice. Samotné dno je buď uzavřené nebo se v něm nachází vyhazovač. Průtlačník vniká do polotovaru a vytváří v něm dutinu s požadovanou tloušťkou dna „*a*“. Přebytečný materiál přitom teče průřezem mezikruží (mezerou mezi průtlačníkem a průtlačnicí). Zpětné protlačování se používá při výrobě nádob a pouzder.

Dopředné protlačování

Při dopředném protlačování je polotovar vložený do průtlačnice tlačený ve směru pohybu průtlačníku. Průtlačník při pohybu do průtlačnice uzavírá jeho otvor a materiál je nucený téct ve směru průtlačníku. Konečný tvar protlačovaného materiálu je daný tvarem průtlačnice a hloubkou vniknutí průtlačníku do průtlačnice. Tento způsob se používá při výrobě průtlačků, jejichž průřez není konstantní a mění se – obr. 9.14.



Obr. 9.14 Dopředné protlačování
počáteční stav polovýrobku, 2. konečný tvar průtlačku, 3. průtlačnice, 4. průtlačník, 5. vyrážeč, 6. trn

Kombinované protlačování

Protlačování kombinované vzniká kombinací protlačování zpětného a dopředného. Materiál se pohybuje jednak dopředu před čelem průtlačníku a proti pohybu. Tady se řídíme zásadou, že stupeň deformace ve spodní části vytvořený na dně průtlačnice, musí být menší než v horní části, kterou protlačí průtlačník. V opačném případě by nedošlo k vyplnění dna materiálem.

Protlačování stranové

Stranové protlačování se uskutečňuje v dělené průtlačnici, aby bylo možné průtlaček vybrat z nástroje. Tlakem horního a spodního průtlačníku vniká materiál do mezery kolmo na směr působení průtlačníku. Takto se vyhotovují součástky s výstupky po obvodu.

Vtlačování

Vtlačováním se vyrábějí tvářením funkční tvary dutin nástrojů za účelem výroby samotné dutiny a zvýšení její životnosti. Tímto způsobem se vyrábějí hlavně razidla.

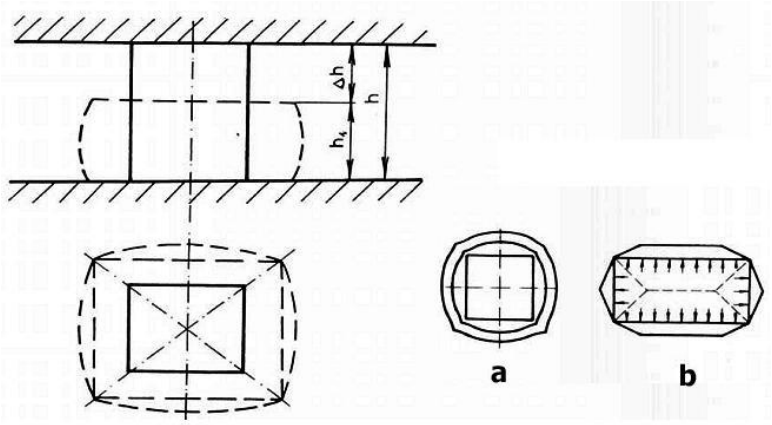
5.5. Volné kování, zápustkové kování, kování na bucharech a lisech

Volné kování je taková technologická operace, kterou se snažíme polotovar přiblížit tvarem i rozměrem hotové součástce.

Volné kování rozdělujeme na **ruční a strojní**. Ruční se kove na kovadlině ručními kovářskými nástroji. Materiál se ohřívá ve výhni nebo v menších ohřívacích pecích. Ruční kování se v současnosti používá velmi málo (drobné opravy a umělecké kování). Strojní kování se tvoří pomocí bucharů nebo lisů.

Pro volné kování se používají buchary. Pro kování výkovků, kde se požaduje větší hmotnost beranu, se používají hydraulické lisy. Polotovarem je válcovaný materiál nebo ingot.
Technologický proces výroby výkovků volným kováním je různý a často značně složitý. Tvoří ho řada vhodně kombinovaných kovářských operací. Mezi základní operace volného kování patří: ubíjení, prodlužování, osazování, prosazování, děrování, sekání a ohýbání.

Ubíjení - je stlačování tvářeného tělesa, přičemž se zmenšuje jeho výška a zvětšuje se průřez kolmý k směru stlačování (obr. 9.15).



Obr. 9.15 Volné kování - schéma ubíjení a změna průřezu při ubíjení
a - čtvercový průřez, b – obdélníkový průřez

Prodlužování - je kovářská operace, při které se zvětšuje délka polotovaru při současném zmenšování jeho příčného průřezu.

Osazování - je kovářská operace, při které se vytváří náhlý přechod jedné části výkovku oproti druhé při současné změně průřezu. Při osazování se používají plochá nebo tvarová kovadla.

Předsazování - je operace, při které se předsazuje jedna část výkovku oproti druhé buď v jedné rovině, nebo ve dvou rovinách.

Děrování - je kovářská operace, při které vtlačováním trnu do polotovaru vytváříme otvor. Nástrojem je probíjecí trn, který má příčný průřez odpovídající požadovanému tvaru otvoru. Probíjecí trn může být plný nebo dutý.

Sekání - je kovářská operace, kterou se polotovar rozděluje na části, nebo se odděluje přebytečný materiál z výkovků. Nástroj pro sekání - sekáč – se zatlačuje kovadlem do materiálu a tím dochází k oddělení materiálu. Sekáč může být rovný nebo tvarový.

Ohýbání - při volném kování se provádí buď v kovadlech, nebo upnutím polotovaru mezi kovadla a volný konec ohýbáme po upnutí jeřábem buď prostřednictvím páky, nebo řetězu.

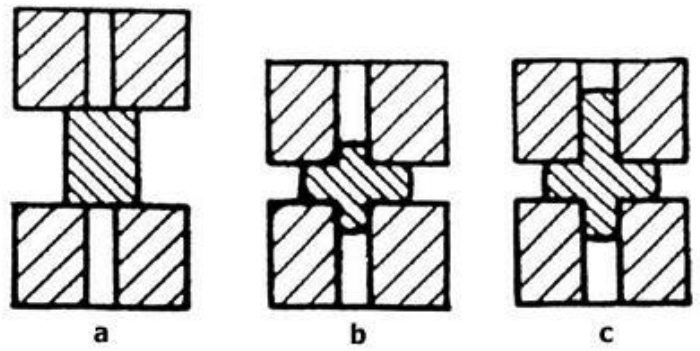
5.5.1. Stroje pro volné kování

V průmyslových provozech se pro volné kování nejčastěji používají kompresorové buchary, parní buchary a hydraulické lisy.

Zápustkové kování je charakteristické usměrněním toku kovu v dutině zápustky. Zápustka je dvojdílná. Výchozí polotovar se vkládá do spodního dílu rozevřené zápustky. Působením energie tvářecího stroje se pohybuje jeden díl zápustky proti druhému, přičemž výchozí materiál vyplňuje zápustkovou dutinu. Při úplném uzavření se zaplní dutina zápustky a výchozí polotovar je přetvořený na požadovaný tvar.
Při kování se používají zápustky:

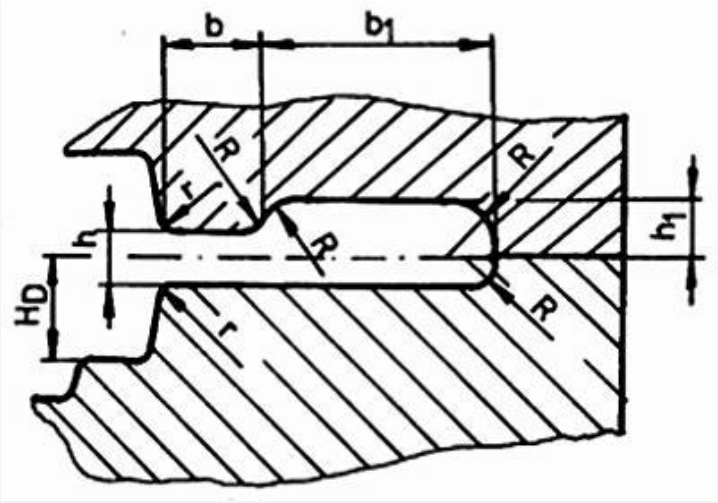
- otevřené s určitou mezerou mezi horním a dolním dílem zápustky v dělící rovině (s výronkovou drážkou po obvodu dokončovací dutiny)
- uzavřená bez výronkové drážky, objem výchozího materiálu je rovný objemu výkovku.

Na postup zaplňování dutiny má vliv rychlost deformace, která závisí na typu použitého stroje. Rázový účinek bucharů způsobuje větší rychlost tečení materiálu v směru rázu a statické působení síly lisu způsobuje lepší zaplňování dutin ve směru kolmém k působící síle. Tyto odlišnosti při zaplňování dutiny zápustky ovlivňují volbu typu tvářecího stroje a volbu kovacích operací pro danou součástku (obr. 9.16).



Obr. 9.16 Postup zaplňování dutiny zápustky
před deformací, b- přikování na lisech, c- přikování na bucharech

Výronková drážka slouží k zachycení přebytečného materiálu a k regulaci tlaku v této kovací dutině. Přebytečný materiál po zaplnění dokončovací dutiny materiálem je vytlačený do výronkové drážky. Množství kovu, vytékajícího do výronku, závisí zejména na rozdělení objemu kovu polotovaru v dutině a na vztahu mezi tvarem vertikálního průřezu dutiny a polotovaru. Tento vztah určuje postupnost a charakter vyplňování dutiny. Při vyplňování dutiny ubíjením se vytváří menší výronek než při vyplňování dutiny vtlačováním (obr. 9.17).



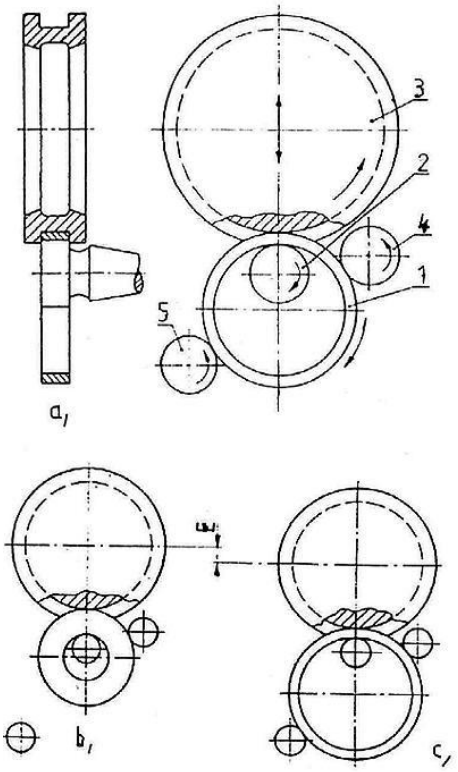
Obr. 9.17 Příklad výronkové drážky

5.6. Operace válcování - rozdělení a princip

Válcování se používá v strojírenské výrobě na výrobu plochých předkovků a hotových výkovků s opakujícím se průřezem (např. klíčů, černého nářadí, kroužků různých průřezů apod.).

Válcování kroužků

Kroužky s velkým průměrem se zhotovují tvarováním volně na trnu nebo rozválcováním. Technologie válcování (rozválcování) kroužků se používá při tváření za tepla a za studena. Tuto technologii je vhodné použít ve velkosériové a hromadné výrobě, protože náklady na jednoúčelové válcovače zařízení jsou vysoké (obr. 9.18).



Obr. 9.18 Rozválcování kroužků

Výchozí materiál je rourka nebo sochor, který se pěchuje, kove v zápustce, děruje a potom rozválcuje. Výchozí kroužek se položí na opěrný válec (2) a pomocí přisouvajícího válce (3) se materiál zatlačuje a redukuje při současném otáčení. Vedení kroužku je zajištěné válci (2, 4 a 5). Po dosažení požadovaného průměru kontrolní válec (5) vypne pracovní zdvih válce (3) a pohon. Rozválcováním je možné vyrábět kroužky až do průměru 2500 mm.

Výhody této technologie spočívají v tom, že:

- přídavky na obrábění jsou menší, čímž se dosahuje úspory spotřeby materiálu, zmenšení času na obrábění a spotřeby energie a nástrojů
- dosahuje se zvýšení nosnosti ložisek a jiných součástek (zvýší se nosnost až o 40 %)