

SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA V NITRE

TECHNICKÁ FAKULTA

Vypracoval: Lukáš Kniebügl

STROJÁRSKA TECHNOLOGIA

Vypracované otázky k štátnym bakalárskym skúškam



Nitra 2008

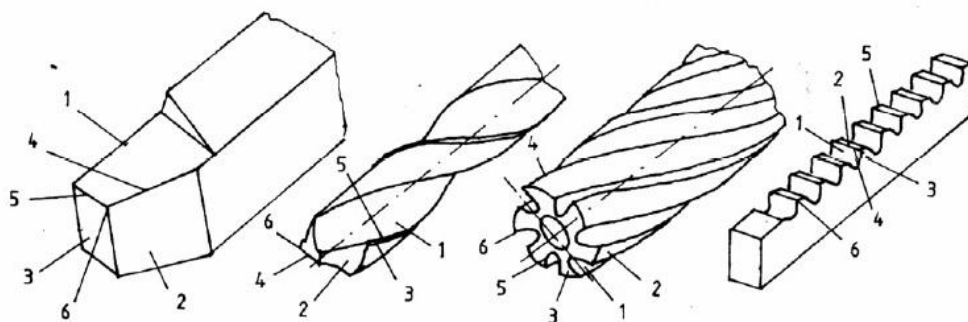
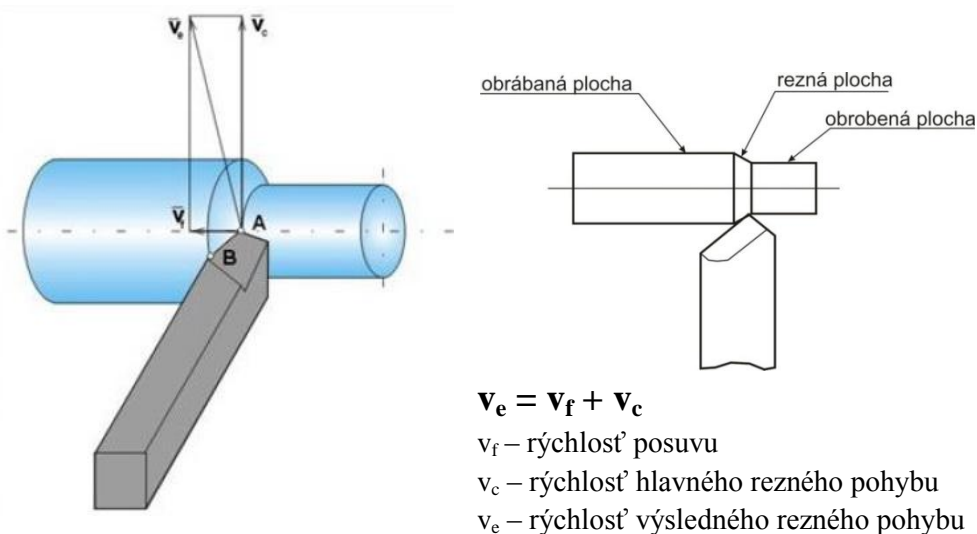
1 Základné princípy technológií obrábania

1.1 Kinematika procesov

Obrábanie – technologický proces, ktorým sa vytvára povrch súčiastky požadovaného tvaru, rozmerov a kvality oddeľovaním častí materiálu vo forme triesok, neforemných častíc alebo kvapiek roztaveného kovu.

Rezný nástroj – je pracovný prostriedok s jedným alebo viacerými reznými klinmi, ktorými sa oddeľujú triesky.

Rezný klin – časť rezného nástroja, ktorá vniká do obrábaného povrchu.



1 – čelná plocha, 2 – hlavná chrbtová plocha, 3 – vedľajšia chrbtová plocha, 4 – hlavná rezná hrana, 5 – vedľajšia rezná hrana, 6 - hrot

Rozdelenie obrábania:

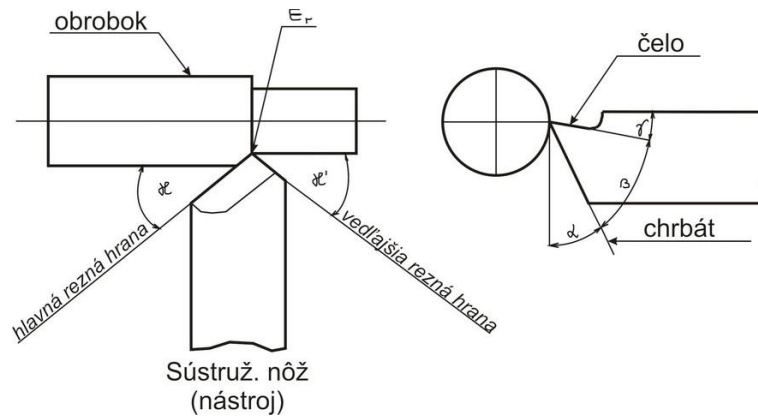
1. Podľa tvaru obrobenej plochy: a) rovinné, b) rotačné (vnútorné a vonkajšie)
2. Podľa typu technológie: sústruženie, frézovanie, brúsenie, hobľovanie, vrtanie ...
3. Podľa nositeľa rezného pohybu: a) obrobok, b) nástroj
4. Podľa druhu pohybu: a) priamočiary, b) rotačný
5. Podľa cyklu práce: a) plynulý, b) vratný
6. Podľa odoberania materiálu: a) trieskové, b) nekonvenčné (fyzikálno-chemické)

1.2 Geometria rezného klina

Prvky geometrie rezného klina môžeme definovať:

1. Nástrojové (konštrukčné) uhly – dávajú nástroju základný geometrický tvar

2. Pracovné (technologické) uhly – udávajú polohu nástroja voči obrobku pri obrábaní



Geometria rezného klina (priamy uberací sústružnícky nôž)

Uhol chrbta α – má vplyv na trenie a opotrebenie plochy chrbta nástroja v dôsledku styku chrbta nástroja s obrobenou plochou obrobku

Uhol rezného klina β – má vplyv na pevnosť rezného klina a množstvo tepla, ktoré sa odvedie nástrojom

Uhol čela γ – ovplyvňuje veľkosť rezných síl a pevnosť rezného klina

$$\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$$

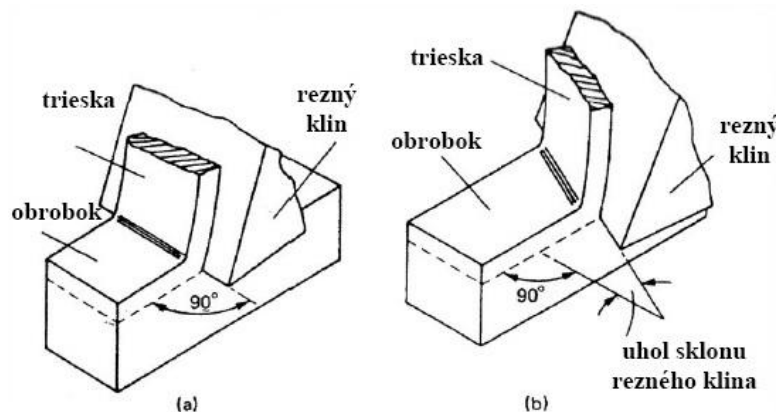
Hlavný uhol nastavenia H – ovplyvňuje tvar prierezu triesky a tým aj zložky rezných síl.

Vedľajší uhol nastavenia H' - ovplyvňuje drsnosť obrobeného povrchu a tvar hrotu nástroja.

Uhol hrotu ϵ – ovplyvňuje množstvo tepla, ktoré sa odvedie nástrojom z miesta rezu a pevnosť nástroja.

1.3 Mechanika tvorenia triesky

Fyzikálne modely rezania – rozlišujeme voľné a kosohlé (šikmé) rezanie.



Trieska vzniká v oblasti rezania, kde rezný klin deformuje a oddeľuje obrábaný materiál od obrobku vo forme triesky – **zóna rezania**.

Proces rezania delíme:

1. Nukleácia triesky – začiatok porušovania kryštalickej mriežky materiálu
2. Oddeľovanie triesky – ukončenie procesu plastickej deformácie
3. Utváranie oddelenej triesky – vplyv na tvar výslednej triesky má obrábaný materiál

Druhy triesok pri sústružení a vŕtaní – stuhovité, rúrkové, špirálové, skrutkovicové podložkové, skrutkovicové kuželové, elementárne, ihlové

Nárastok – vrstva materiálu prichytená na čelnej ploche nástroja, ktorá je taká tvrdá, že dokáže rezať. Tvorba nárastku je väčšinou nepriaznivý jav a eliminujeme ho zvýšením otáčok (so súčasným zvýšením chladenia), znížením otáčok alebo dostatočným použitím chladenia a rezných mazív.

1.4 Presnosť obrábania

Presnosť obrábania ovplyvňuje viacero faktorov:

1. Tuhosť sústavy
2. Nepresnosť polotovaru
3. Teplotné deformácie
4. Opatrebenie nástroja
5. Deformácia nástroja upínacím zariadením

Opatrebenie – vzniká najmä na čele a chrbte nástroja

Trvanlivosť nástroja – doba medzi dvoma ostreniami. Možno ju zvýšiť použitím rezných kvapalín a voľbou vhodných rezných podmienok.

Životnosť nástroja – doba prevádzky nástroja až po jeho vyradenie

Rezné kvapalina – chemicky aktívna látka, ktorá svojimi účinkami ovplyvňuje proces rezania. Jej funkciou je nástroj i obrobok chladiť, mazať, čistiť a vyplachovať.

Medzi hlavné úlohy reznej kvapaliny zaradíme:

1. Zvýšiť ekonomickosť využitia nástrojov a tým zvýšiť výkon nástrojov
2. Zvýšiť trvanlivosť nástroja
3. Obmedziť tvorenie nárastku
4. Kladne pôsobiť na integritu povrchu
5. Chladiť nástroj a obrobok
6. Odvádzať triesku
7. Pri brúsení zabrániť zanášaniu brúsneho kotúča (aj pri honovaní a superfinišovaní)

Rezné kvapaliny delíme: a) plyny (vzduch), b) hmla, c) kvapaliny (roztoky vo vode, emulzie, oleje), d) pevné látky

1.5 Tepelné javy pri obrábání

Celá práca rezania sa premieňa na teplo, kde $Q_c = F_c \cdot v_c \cdot t$ (F_c - rezná zložka sily obrábania, v_c - rezná rýchlosť, t - čas rezania).

Teplo sa šíri kondukciou a konvekciou z miest strojov do triesky, obrobku, nástroja a okolitého prostredia - vznik teplotného pola ustáleného až po istom čase rezania, v závislosti na:

1. fyz. vlastnostiach mater. nástroja i obrobku,
2. rezných podmienkach,
3. spôsobe obrábania,
4. reznom prostredí.

Zdroje tepla

Q_1 - teplo uvoľnené v oblasti primárnej plastickej deformácie,

Q_2 - pri prechode triesky s čelom nástroja,

Q_3 - pri kontakte chrbta nástroja s reznou plochou.

Šírenie tepla

Q_1 - do triesky a obrobku,

Q_2 - triesky a nástroja,

Q_3 - nástroja a obrobku.

Rovnica tep. bilancie

$Q_c = Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_t + Q_n + Q_o + Q_p$, pričom $Q_t > Q_n > Q_o > Q_p$

1.6 Sústruženie

Sústruženie je technológia používaná predovšetkým na obrábanie valcových tvarov pri odoberaní materiálu obrobku jednoklinovým nástrojom pohybujúcim sa rovnobežne s osou otáčania obrobku upnutého v sklučovadle, medzi hrotmi a pod. Na sústruhu je však možné rezať závit, sústružiť kužele, guľové plochy, rovinné čelné plochy, vŕtať, vyvítavať, kopírovať tvary podľa šablóny, vytvárať všeobecné tvary, prípadne frézovať a brúsiť.

Kinematika sústruženia:

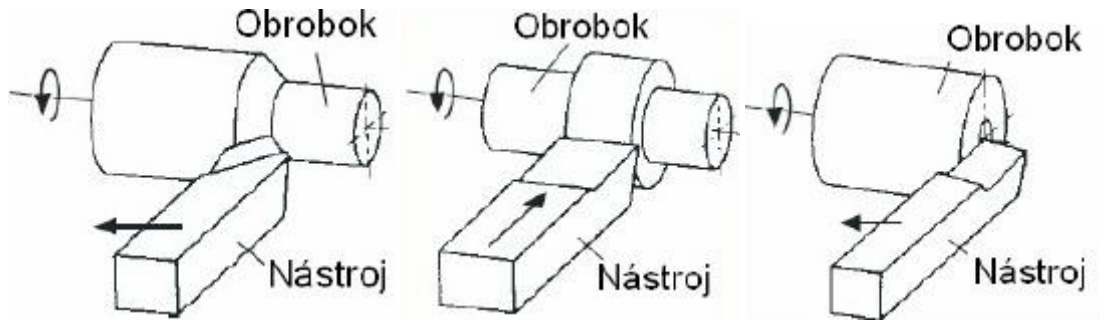
Hlavný rezný pohyb – rotačný, koná ho obrobok

Vedľajší pohyb – posuv (pozdĺžny, priečny, kombinovaný), vykonáva ho nástroj

Prísuv – pohyb nástroja v smere kolmom na sústruženú plochu, nastavujeme ním hĺbku rezu

Metódy sústruženia

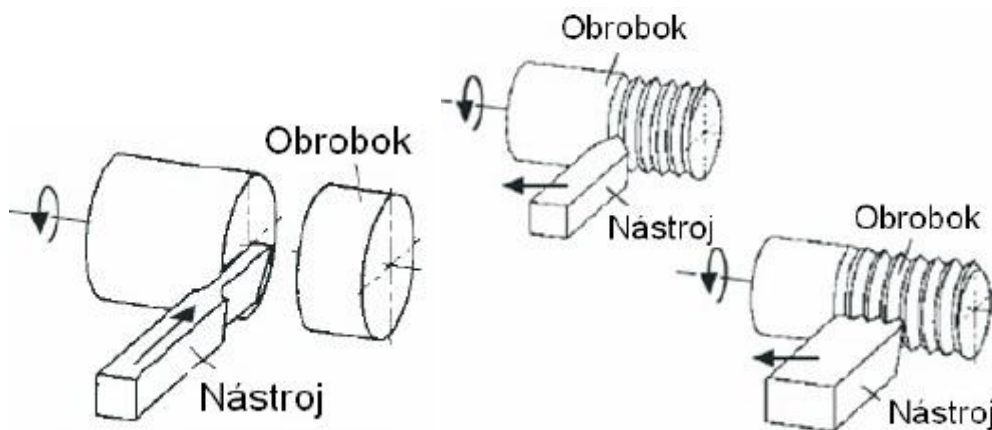
1. Pozdĺžne (axiálne) sústruženie – smer pohybu noža je rovnobežný s osou rotácie obrobku
2. Priečne (radiálne) sústruženie – smer pohybu noža je kolmý na os rotácie obrobku
3. Pozdĺžne sústruženie čelnej plochy – nôž zarovnáva čelo obrobku v smere osi rotácie
4. Priečne upichovanie – nôž sústruží čelo obrobku v smere kolmom na rotáciu
5. Tvarové sústruženie (kopírovanie) – okamžitý smer pohybu noža je rovnobežný s osou obrobku



a) pozdĺžne sústruženie

b) priečne sústruženie

c) pozdĺžne sústruž. čelnej plochy



d) Priečne upichovanie

e) Tvarové sústruženie (závitov)

Podľa hrúbky triesky delíme sústruženie:

- a) **hrubovanie** – prvotná operácia, súčiastka dostane svoj tvar, nie rozmery
- b) **hladenie** – súčiastka dostáva presný tvar, rozmery a drsnosť
- c) **jemné sústruženie** – dosahujeme presné geometrické rozmery s úzkym polom tolerancie, používa sa na miesto brúsenia napr. diamantovými nástrojmi.

Rezná rýchlosť pri sústružení

$$v_c = \frac{\pi D n}{1000} [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}],$$

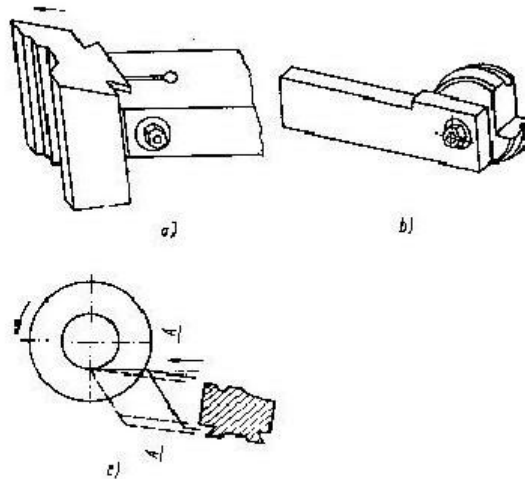
v_c – rezná rýchlosť, D – priemer obrábanej plochy v mm, n – otáčky obrobku v min^{-1}

Sústružnícky nôž má tieto charakteristické prvky:

1. Tvar rezného klina
2. Materiál reznej hrany
3. Prierez telesa noža

Podľa tvaru noža (rezného klina) delíme sústružnícke nože:

1. Radiálne
2. Prizmatické
3. Kotúčové
4. Tangenciálne



Obr. 6 Sústružnícke nože: a – prizmatické, b – kotúčové, c - tangenciálne

Podľa celistvosti:

1. Celistvé (monolitické) nože
2. Držiak s reznou časťou pripevnenou spájkovaním alebo mechanicky

Podľa materiálu reznej časti:

1. S reznými platničkami – z rýchloreznej nástrojovej ocele, zo spekaných karbidov, z keramických materiálov, zo synteticky veľmi tvrdých materiálov (diamant..)
2. Celistvé z nástrojovej ocele

Podľa smeru posuvu delíme nože: pravé a ľavé.

Uberacie nože - hlavne na hrubovanie

Priamy uberač - obrábanie valcových plôch

Stranové uberače - obrábanie valcovej i čelnej plochy

Bočné uberače - čelne sústruženie

Hladiace nože - 1. úzke - obrábanie štíhlych súčiastok, 2. široké - obrábanie dlhých súčiastok.

Zapichovacie nože - výroba zápichov a na upichovanie

Vnútorne nože - obrábanie priechodných otvorov na hrubo aj čisto

Nože s vymeniteľnou doštičkou - pripevňujú sa pomocou upínačov.

Tvarové nože - výroba tvarových rotačných plôch.

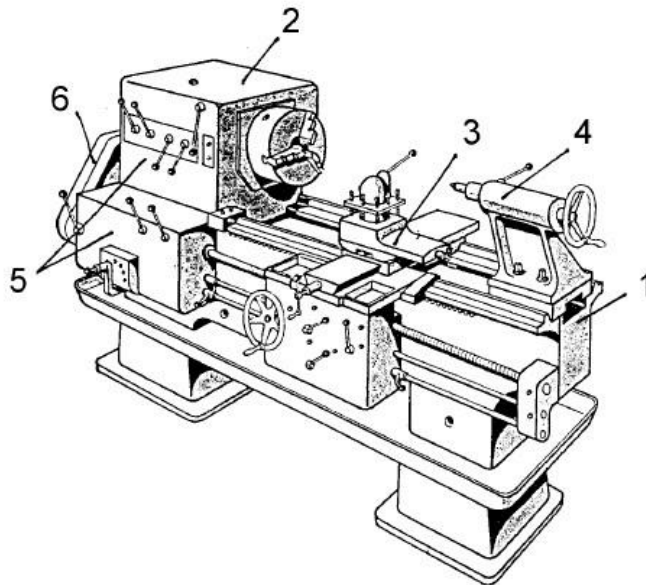
Stroje na sústruženie

Podľa konštrukčno-technologického hľadiska ich delíme:

1. Hrotové
2. Čelné
3. Revolverové
4. Zvislé
5. Špeciálne

Podľa stupňa automatizácie na:

1. Ručne riadené
2. Poloautomaty
3. Automaty
4. Riadené programovo (číslícovo, narážkovo)



Univerzálny hrotový sústruh

1 – lôžko, 2 – vreteník, 3 – suport, 4 – koník, 5 – prevody, 6 - elektromotor

2 Hrubovanie rovinných plôch

2.1 Hobľovanie a obrážanie

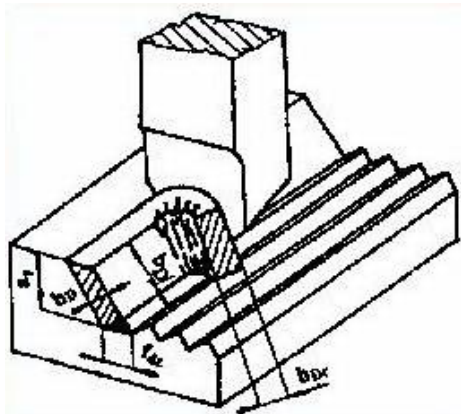
Hobľovanie a obrážanie sa používa pre obrábanie plochých povrchov jednoklinovým rezným nástrojom. Využívajú sa v kusovej a malosériovej výrobe.

Hlavný pohyb - priamočiary vratný vykonávaný obrobkom

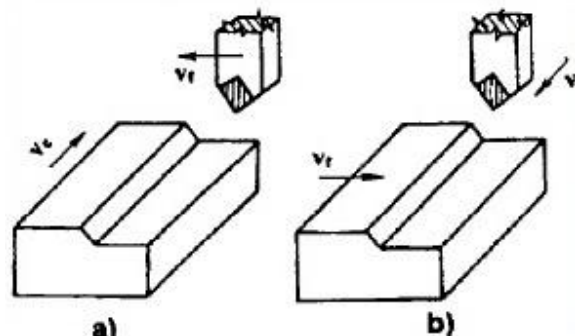
Posuvný pohyb - prerušovaný, vždy na konci pracovného dvojzdvihu, je kolmý na smer hlavného pohybu.

Menovitý prierez triesky

$A_D = a_p \cdot f_{dz} = h_D \cdot b_D$ [mm^2] (a_p - šírka záberu rezného klina, f_{dz} - posuv na dvojzdvih, h_D - menovitá dĺžka triesky, b_D - menovitá šírka triesky)



Menovitý prierez triesky pri hobľovaní a obrážaní



Kinematika rezného procesu: a) hobľovanie b) obrážanie

Hobľovačky – jednostranové a dvostranové

Obrážačky – vodorovné a zvislé

Základné časti hobľovačky – stôl, lože, stojany, priečnik a superty

Základné časti obrážačky – stôl, šmýkadlo, nástroj

Typy hobľovacích a obrážacích nožov – uberací, uberací stranový, na šikmé plochy, drážkovací, hladiaci, prehnutý, obrážací

2.2 Frézovanie

Materiál obrobku je odoberaný reznými klinmi otáčajúceho sa nástroja. Hlavný rezný pohyb vykonáva nástroj (rotačný) a vedľajší pohyb vykonáva obrobok prevažne v kolmom smere k nástroju.

Rozdelenie frézovania: a) čelné, b) valcové

1. Valcové frézovanie – zuby frézy sú vytvorené len po obvode nástroja, obrobena plocha je rovnobežná s osou rotácie frézy. Poznáme protibežné a súbežné valcové frézovanie.

a) Protibežné frézovanie – zmysel rotácie nástroja je proti smeru posuvu obrobku. Obrobok sa posúva pod frézu proti jej otáčaniu, obrobena plocha vzniká pri vníkaní nástroja do obrobku.

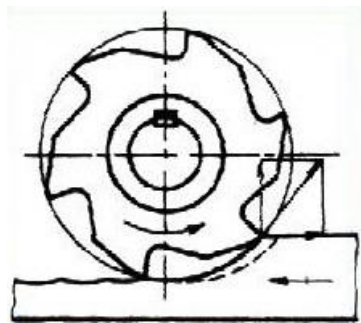


Schéma protibežného frézovania

Výhody: plynulejší záber zubov, trvanlivosť nástroja nezávisí na povrchu, záber zubov nezávisí na hĺbke rezu, priaznivejšie mechanické namáhanie.

Nevedy: podklzovanie obrábaného materiálu, zvýšenie opotrebenia rezných klinov, väčšia drsnosť obrobenej plochy, výslednica síl smeruje nahor.

b) Súbežné frézovanie – zmysel rotácie nástroja je v smere posuvu obrobku. Obrobok sa posúva pod frézu v smere jej otáčania. Rezné sily pôsobia zvyčajne smerom dolu.

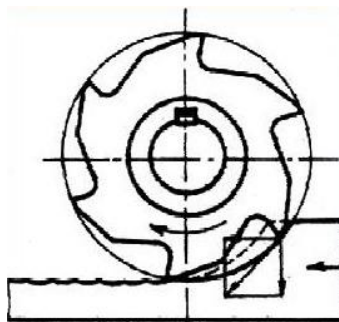


Schéma súbežného frézovania

Výhody: výslednica rezných síl pretláča obrobok do zariadenia, vyššia trvanlivosť, menšia drsnosť obrobenej plochy, menší potrebný rezný výkon.

2. Čelné frézovanie

Používame čelné frézy, rezné klíny sú vytvorené na obvode i čele nástroja. Os nástroja je kolmá na obrábanú plochu, hĺbka sa nastavuje v smere osi. Záber zuba sa mení a tiež aj hrúbka a priemer triesky v pomere prierezu frezy D k šírke frézovanej plochy. Podľa nastavenia nástroja na obrobku rozlišujeme frézovanie na symetrické a nesymetrické

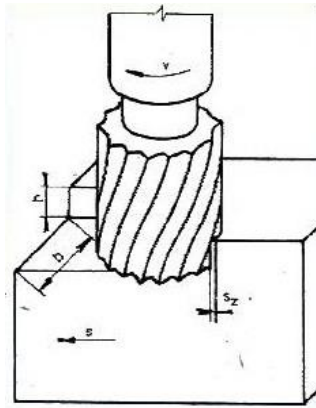


Schéma čelného frézovania

Základné druhy fréz:

a – valcová, b – uhlová, c – kotúčová, d – čelná, e – frézovacia hlava, f – tvarová, g – čelná valcová, h – kopírovacia, i – drážkovacia

Rozdelenie frézovačiek:

- a) konzolové (majú jedno vreteno) – vodorovné, zvislé, univerzálne
- b) rovinné (majú viac vretien) – jedno stojanové, dvoj stojanové, portálové, s otočným stolom
- c) špeciálne (viacvretenové) – na závit, ozubenie, drážkovanie, kopírovacie

Upínanie nástroja – prevádza sa pomocou upínacieho kužela frézovacích tŕnov. Frézy môžu mať upínanie časť vyhotovenú: s kužeľovou stopkou, s valcovou stopkou, malá fréza z jedného kusa, fréza so skrutkovicovými zubmi

Upínanie obrobku – zveráky, upínacie uholníky, podložky, klíny, podperky, upínky, prípravky

Charakteristiky frézovaných povrchov – pri valcovom frézovaní odoberajú jednotlivé rezné klíny materiál charakteristického objemu a hranice záberu každého zuba po cykloide. Prekrytím dráh týchto zubov vzniká základná drsnosť povrchu. Pri čelnom frézovaní zanechávajú stopy na obrobenom povrchu čelné zuby.

Na drsnosť povrchu má vplyv: rezné podmienky, parametre nástroja, spôsob frézovania

3 Obrábanie otvorov

3.1 Vrtanie

Vrtanie je druh obrábania, pri ktorom sa nástroj voči obrobku otáča a súčasne sa do neho v smere osi rotácie posúva tak, aby jeho rezné hrany odoberali z materiálu triesku. Dosahujeme presnosť IT11 až IT14 s drsnosťou povrchu Ra 12,5 až 6,3. Zvyčajne hlavný a posuvný pohyb vykonáva nástroj.

Hlavný rezný pohyb – pohyb vrtáka alebo obrobku, určuje sa reznou rýchlosťou. Je rotačný, na vrtačkách ho vykonáva nástroj, na sústruhoch obrobok.

Posuv – zložka výsledného rezného pohybu, daná pohybom nástroja alebo obrobku. Spolu s hlavným rezným pohybom umožňuje obrábanie.

Rezná rýchlosť v_c

$$v_c = \frac{\pi D n}{1000}$$

v_c – rezná rýchlosť

D – priemer vrtáka

n – otáčky

Vrtacie nástroje sa delia:

- Vrtáky
- Výhrubníky
- Výstružníky
- Záhlbníky
- Vrtacie hlavy
- Vyvrtavacie tyče
- Špeciálne vrtacie nástroje

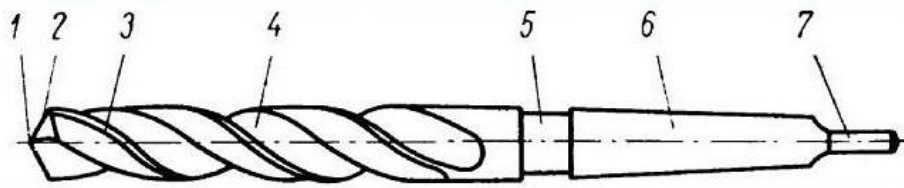
Rozdelenie vrtania:

1. Bežné vrtanie – pomer priemeru diery D ku dĺžke otvoru l je menší ako 1:10
2. Vrtanie kratších dier – pri predliatych, predkovaných a vystrihnutých dierach
3. Vrtanie hlbokých dier – pomer D:l je väčší ako 1:15, používajú sa špeciálne vrtáky
4. Vrtanie spôsobom medzikružia – pre otvory s väčším priemerom

Vrtačky delíme:

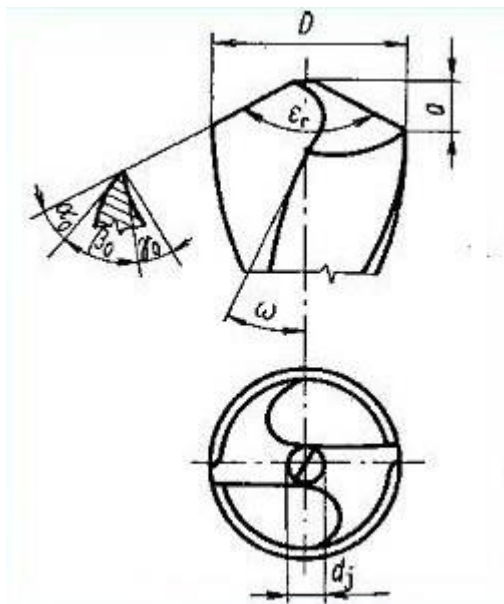
- a) stolová
- b) stĺpová
- c) stojanová
- d) otočná

Vrták – nástroj, ktorý sa používa na vyhotovenie slepých alebo priebežných otvorov do plného materiálu alebo do predvrtaného otvoru tam, kde sa nepožaduje vysoká rozmerová a tvarová presnosť, ani malá drsnosť povrchu.



Skrutkový vrták

1 – hrot, 2 – rezná hrana, 3 – fazetka na rebre, 4 – skrutková drážka, 5 – kříčik, 6 – stopka, 7 – vyrážač



Geometria skrutkového vrtáka

D – priemer vrtáka

a – výška hrotu

ω – uhol sklonu skrutkovice

ϵ_r – uhol hrotu

α_0 – uhol chrpta

γ_0 – uhol čela

d_0 – priemer jadra vrtáka

Druhy vrtákov:

Strediacie vrtáky – na vrtanie strediacich otvorov v súčiastkach

Ploché vrtáky (kopijovitý vrták) – zlý odvod triesky, malá presnosť

Skrutkové vrtáky – najvýkonnejší, najčastejšie používaný

Tie delíme:

- s valcovou alebo kužeľovou stopkou
- krátke a dlhé
- pravorezné a ľavorezné
- s veľkým, stredným a malým uhlom sklonu skrutkovice (žliabku)
- špeciálne vrtáky (automaty, pre revolverové sústruhy...)

3.2 Vyhrubovanie

Vyhrubovaním zväčšujeme predvŕtané, predliate alebo predlisované diery, pričom dosahujeme stupeň presnosti IT11 až IT12. Nástroj má 3 až 4 zuby, takže sa v diere dobre vedie. Výhrubníkmi sa zhotovujú diery od priemeru 10 mm.

Podľa konštrukcie poznáme výhrubníky:

1. S kužeľovou stopkou
2. Nástrčné
3. Špeciálne

3.3 Vystružovanie

Vystružovanie je dokončovací spôsob obrábania, ktorým predvŕtané alebo vyhrubované diery dostávajú presnejšie rozmery, geometrický tvar a menšiu drsnosť povrchu. Dosahujeme presnosť IT7 až IT8 a drsnosť obrobených plôch Ra 0,8 až 1,6.

Výstružníky sú viacklinové rezné nástroje (4 až 12) a môžu byť:

- a) strojové so stopkou a nástrčné
- b) ručné

Vystružovaním nie je možné dosiahnuť presnú polohu osi diery, preto túto požiadavku treba splniť už pri predvrtaní diery.

3.4 Zahlbovanie

Zahlbovanie slúži na vytvorenie odstupňovaných dier – zapustenie valcových a kužeľových hláv skrutiek, zrazenie hrán a pod. Nástroje pre zahlbovanie nazývame záhlbníky – viacklinové rezné nástroje s reznou časťou z RO alebo SK. Môžu byť vyhotovené pre valcové alebo kužeľové hlavy skrutiek. Zahlbovanie dier veľkých priemerov sa robí zahlbovacími a zarovnávacími nožmi.

3.5 Vyvŕtavanie

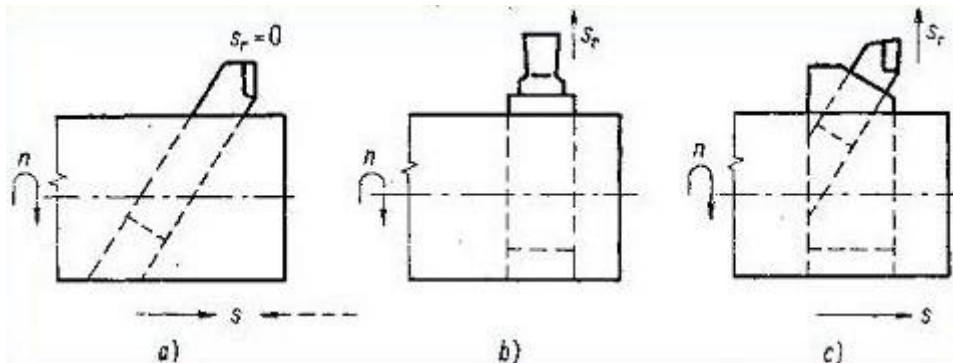
Vyvŕtavanie je metóda obrábania, ktorou sa rozširujú predliate, predkované, predlisované, predvŕtané alebo inými spôsobmi vopred zhotovené otvory. Obrába sa vyvŕtavacími nožmi, alebo nožmi upevnenými vo vyvŕtavacích tyčiach alebo hlavách. Obrábané plochy majú tvar valcový, kužeľový, čelneho medzikružia, alebo rotačnej tvarovej plochy.

Vyvŕtavanie je podobné sústruženiu v kinematike, charaktere aj hlavných rezných podmienkach i druhu rezného nástroja.

Rozdiely sú: vyvrtávajú sa vnútorné plochy, tvarové aj čelné, horšie utváranie a odvod triesky, väčšie spevnenie obrobenej plochy

Rozdelenie vyvrtavania podľa kynematiky:

1. hlavný pohyb - nástroj, posuv - obrobok, prísuv - nulový
2. hlavný pohyb - nástroj, posuv - nulový, prísuv - nástroj vysúvací sa z tyče / hlavy
3. hlavný pohyb – nástroj alebo obrobok, posuv – nástroj alebo obrobok, prísuv – nástroj vysúvací sa v radiálnom smere



Kinematika vyvrtavania

- a – pozdĺžny posuv nástroja
b – s priečnym posuvom nástroja
c – s pozdĺžnym i priečnym posuvom nástroja

Vyvrtavacie nástroje - vyvrtavacie tyče, vyvrtavacie hlavy.

Spôsoby vyvrtavania

1. jednostranný vyvrtavací nôž kruhového prierezu
2. nôž upnutý vo vyvrtavacej tyči
3. nôž upnutý vo vyvrtavacej hlave

4 Brúsne obrábacie pochody

4.1 Brúsenie

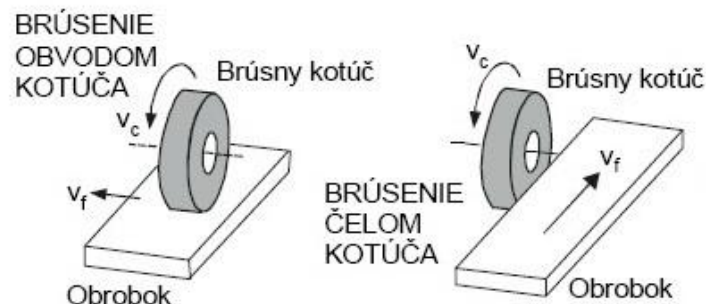
Brúsenie je obrábanie dielcov s požiadavkami na presnosť tvarov, rozmerov a kvalitu povrchu. Pri brúsení odoberá materiál obrobku zrna brusiva brúsiaceho kotúča, ktoré má nepravidelný tvar, veľkú tvrdosť a odolnosť voči teplote. Brúsenie sa využíva sa aj pri obrábaní materiálov, ktoré nie je možné alebo hospodárne obrábať inak.

Rozdelenie brúsenia podľa tvaru obrábanej plochy:

- rovinné brúsenie (rovinná plocha)
- brúsenie do guľata (rotačný povrch)
- brúsenie na otáčavom stole (brúsenie s rotačným posuvom)
- tvarové brúsenie (brúsenie závitov, ozubených kolies...)
- kopírovacie brúsenie (NC stroje)
- brúsenie tvarovými brús. kotúčmi (profil kotúča určuje výsledný obrábaný profil)

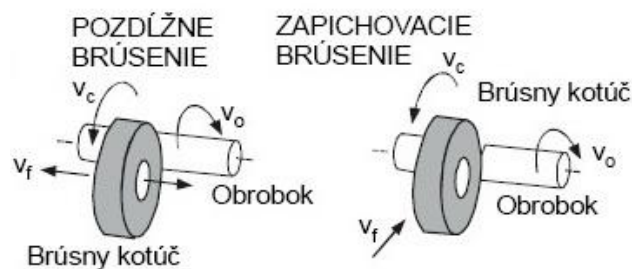
Rozdelenie brúsenia podľa aktívnej časti kotúča:

- obvodové
- čelné



Podľa hlavného pohybu posuvu stola vzhľadom na kotúč:

- axiálne
- radiálne
- tangenciálne
- obvodové zapichovacie
- čelné zapichovacie



Podľa vzájomnej polohy kotúča a obrobku: a) vonkajšie, b) vnútorné

Brúsiace nástroje – sú zložené z brúsiacich zŕn spojených spojivom do tuhého telesa vhodného tvaru, tvrdosti a štruktúry. Podľa geometrického tvaru rozlišujeme brúsne kotúče, brúsne segmenty a brúsne kamene.

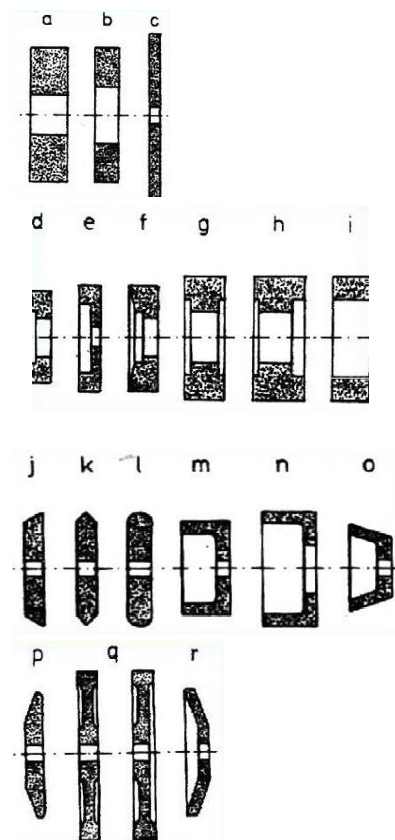
Brusivo – vysoká tvrdosť, dostatočne ostré zrná, primeraná pevnosť, dostatočná krehkosť. Druh brusiva sa volí podľa brúsneho materiálu. Zrnitosť je normalizovaná, volí sa podľa brúsneho materiálu, drsnosti povrchu a množstva odoberaného materiálu.

Spojivo – viaže brúsne zrná tak, aby nástroj mal žiadaný tvar, rozmer a mechanickú pevnosť. Spojivo môže byť organické (šelakové, gumové, umelá živica) alebo anorganické (keramické, silikátové, magnezitové).

Diamant – je najtvrdším prírodným materiálom, s odolnosťou voči oteru, s vysokou pevnosťou, dobrou tepelnou vodivosťou a malou tepelnou rozťažnosťou. Je nevhodný na obrábanie zliatin uhlíka, železa, niklu, kobaltu, ocelí a zliatin železa pri teplote nad 700 °C.

Kubický nitrid bóru (KNB) – druhá najtvrdšia látka, s dobrou vodivosťou, malou tepelnou rozťažnosťou a vysokou tepelnou odolnosťou. Zrná KNB sú extrémne ostré (oproti diamantu) s možnosťou obrábania veľmi tvrdých materiálov. Využívajú sa z dôvodu chladnejšieho brúsenia, malého opotrebenia a vhodnosti obrábania ocelí.

Tvary brúsnych kotúčov



- a) plochý kotúč
- b) plochý kotúč s veľkým otvorom
- c) rezací a drážkovací
- d) s jednostranným vybraním
- e) na ostrenie vrtákov
- f) so skoseným vybraním
- g) s obojstranným vybraním
- h) podávací kotúč pre bezhrotové brúsky
- i) prstencový
- j) jednostranne skosený
- k) obojstranne skosený
- l) zaoblený
- m) hrncovitý
- n) hrncovitý s veľkým otvorom
- o) miskovitý
- p) kužeľový
- q) na strmeňové kalibre
- r) tanierový

Upnutie

1. upnutie plochého brúsneho kotúča,
2. čelných kotúčov - a) špeciálnym tmelom, b) lepením a súčasne prírubou
3. princíp upínania - čap, prírubu, kotúč.

Vyvažovanie – aby pri otáčaní nedochádzalo ku chveniu (nepresnosť obrábanej plochy), môže byť statické alebo dynamické.

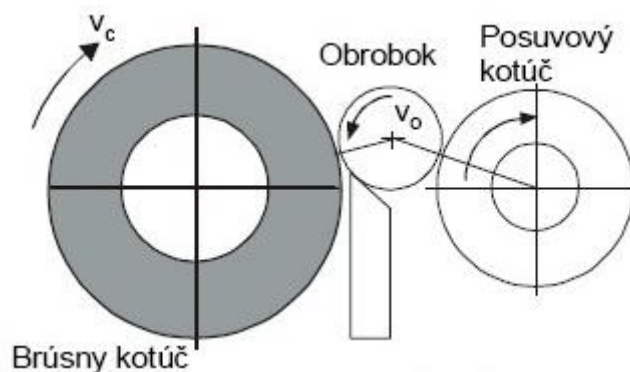
Orovnávanie – vytvorenie alebo obnovenie požadovaného tvaru kotúča a obnovenie rezivosti (pri zanesení rezného povrchu alebo pri otupení zrn).

1. Vonkajšie brúsenie do guľata - slúži na obrábanie valcových, kužeľových a rotačných tvarových plôch. Hlavný pohyb vykonáva brúsny kotúč a môže byť hrotové a bezhrotové.

Hrotové brúsenie - delí sa na:

- a) s pozdĺžnym posuvom
- b) hĺbkové brúsenie
- c) zapichovacie brúsenie
- d) tvarové brúsenie
- e) čelné brúsenie valcových plôch

Bezhrotové brúsenie – vykonáva sa bez upnutia obrobku, medzi dvoma kotúčmi. Môže byť priebežné a zapichovacie.



Princíp bezhrotového brúsenia

Použitie: v sériovej, hromadnej výrobe pre možnosť automatizácie

2. Vnútorne brúsenie – slúži na presné obrábanie valcových a kužeľových plôch. Delí sa na klasické s otáčajúcim sa obrobkom a planétové.

3. Rovinné brúsenie – slúži na brúsenie plôch na čisto. Delí sa na brúsenie obvodom (pre menšie plochy) a brúsenie čelom kotúča (menej presné).

4. Tvarové brúsenie – robí sa tvarovými kotúčmi alebo kopírovaním.

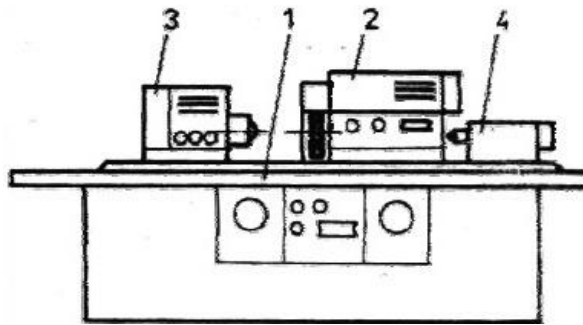
5. Elektrochemické brúsenie – anodické rozpúšťanie pôsobením jednosmerného prúdu + mechanický úber materiálu = vysoká produktivita a trvanlivosť nástroja.

Brúsiace stroje – delíme ich na:

1. Brúsky do guľata

- a) hrotové brúsky (univerzálna, produkčná)
- b) bezhrotové brúsky
- c) brúsky na otvory

2. Rovinné brúsky – vodorovné a zvislé.



Hrotová brúska

1 – lôžko a stôl, 2 – brúsny vreteník, 3 – pracovný vreteník, 4 – prestaviteľný koník

Charakteristika brúsených povrchov – brúsne zrná nedovoľujú tvorbu jednoduchých klasických triesok. Drsnosť povrchu je tvorená stopami jednotlivých brúsnych zrn.

Na drsnosť pri brúsení vplýva najmä:

- Zrornosť brúsneho kotúča
- Priečny, pozdĺžny a kruhový posuv
- Hĺbka rezu
- Chladenie
- Druh brusiva
- Tvrdosť a štruktúra kotúča
- Orovnávanie kotúča

5 Dokočovacie spôsoby obrábania

5.1 Honovanie

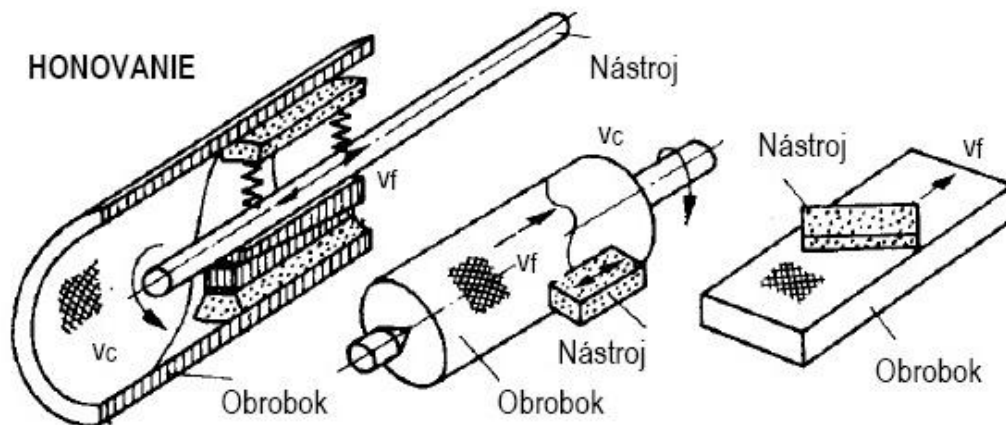
Honovanie je dokončovacia metóda obrábania, kvalita povrchu sa zvyšuje rezným účinkom jemného brusiva. Je to najčastejšie dokončovanie vnútorných valcových plôch. Menej často sa robí honovanie vonkajších valcových plôch.

Podstata: jemné rezanie malou rýchlosťou jemným brusivom viazaným v honovacích kameňoch upevnených v honovacej hlave, s intenzívnym použitím rezných kvapalín.

Použitie: valce, bubny, puzdra, ložiská vretien.

Materiál: kalené i nekalené ocele, liatiny, hliníkové zliatiny, spekané karbidy...

Pohyb: zložený skrutkovitý - kombinácia rotačného pohybu hlavy s posuvným vratným pohybom v smere osi honovania.



a) Vnútorná valcová plocha , b) Vonkajšia valcová plocha , c) Rovinná plocha

Rozdelenie:

1. Podľa tvaru a polohy obrábanej plochy : a) vonkajšie, b) vnútorné, c) rovinné
2. Podľa pracovných režimov: a) klasické, b) elektrolitické, c) vibračné, d) kvapalinové
3. Podľa zámerov obrábania - hrubovacie, jednostupňové
4. Podľa použitého nástroja - honovanie abrazívnymi materiálmi, diamantovými, grafitovými, BC a BN kameňmi.
5. Podľa štíhlostného pohybu súčiastok - krátke, stredné, dlhé.

Výhody – možnosť odstránenia kuželovitosti, nekruhovitosti otvorov, vyššia produktivita práce, vyššia kvalita povrchu, väčšia presnosť rozmerov a tvaru

Nevýhody – nemožnosť zmeny osy otvoru po predchádzajúcom obrábaní, pri obrábaní húževnatých materiálov sa póry zanášajú trieskami

5.2 Lapovanie

Lapovanie je dokončovacia metóda obrábania, dosahuje sa najväčšia rozmerová presnosť a najmenšia drsnosť povrchu. Používa sa na dokončovanie rovinných, valcových a tvarových vonkajších aj vnútorných plôch napr. funkčné plochy meradiel – koncové mierky, kalibre, dôležité závitové spojenia, ozubenia, časti automobilov.

Podstata: ide o zvláštny druh brúsenia, k úberu materiálu dochádza voľným brusivom, ktoré privádza kvapalina do priestoru medzi nástroj a obrobok

Rozdelenie: hrubovacie (odrezávanie nerovností), jemné a veľmi jemné lapovanie

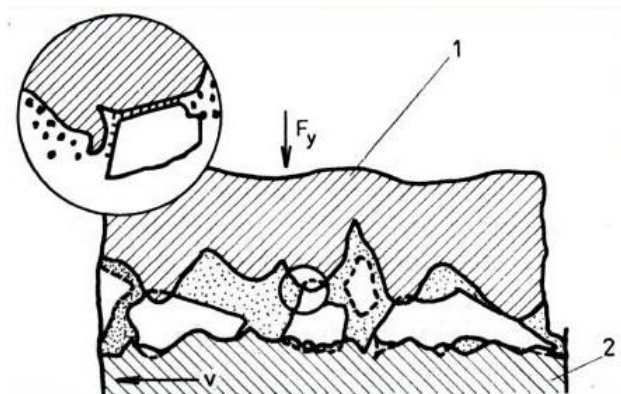


Schéma rezného procesu lapovania

1 – lapovaná súčiastka

2 – lapovací kotúč

v – rezná rýchlosť

F_y – prítlačná sila pri lapovaní

Nevýhody – pracnosť, nízka produktivita, vysoké náklady v porovnaní s ostatnými dokončovacími metódami

Lapovacie nástroje delíme:

1. na otvory

- pevný trň
- rozpínací trň na väčšie a menšie priemery
- pevný trň na vnútorné závit
- rozpínací lapovací trň na vnútorné závit

2. na vonkajšie rotačné plochy

Lapovacie stroje

- univerzálne (rovinné i valcové plochy)
- špeciálne – pre určitý druh plôch (zuby kolies, čapy kľukových hriadeľov...)
- dvojkotúčové lapovacie stroje

5.3 Superfinašovanie

Superfinašovanie je spôsob jemného dokončovania povrchov jemnozrnnými kameňmi pri nízkej reznej rýchlosti v_c a malom tlaku nástroja na plochu. Patrí k najdokonalejším spôsobom dokončovania s úberom.

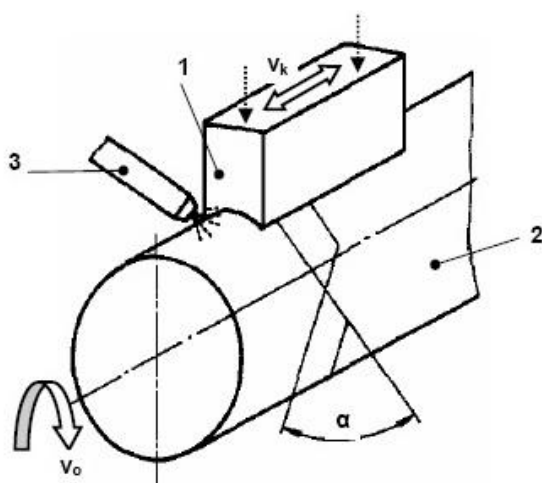
Pohyb: je zložený z otáčavého, posuvného a rýchleho kmitania.

Použitie: rovinné, rotačné valcové plochy, hriadele, otvory, guľové plochy, ventily.

Materiál: všetky.

Rezná kvapľina: petrolej, olej s aditívami

Priebeh: hrubovacia a leštiaca fáza



1 – brúsny kameň

2 – obrobok

3 – mazanie

V_K – rýchlosť kmitavého pohybu
brúsnych kameňov

V_O – obvodová rýchlosť obrobku

$\alpha/2$ – uhol sklonu smeru reznej rýchlosti
k osi súčastky

Superfinašovacie nástroje:

- kamene s brusivom z umelého korundu s keramickou alebo bakelitovou väzbou
- Si C pre liatinu a ocele nižších pevností
- KNB v keramickej väzbe
- diamant v organickej väzbe pr SK.

Superfinašovacie stroje:

- jednovretenové a viacvretenové
- v kusovej a malosériovej výrobe prídavné zariadenia

5.4 Leštenie

Leštenie je dokončovanie povrchu rôznych materiálov, ktorého účelom je hlavne zlepšenie povrchovej čistoty, hladkosti a dosiahnutie vysokého lesku obrobenej plochy. Ako nástroje sa na leštenie používajú rôzne kotúče alebo pásy vyrobené z plsti, plastu, gummy alebo aj kože, na ktoré sa nanášajú leštiace prostriedky. Na mechanické leštenie sa v súčasnosti používa široká škála rôznych tkanín a textílií. Najčastejšie používanými sú bavlnené textílie, flanel, hodváb,

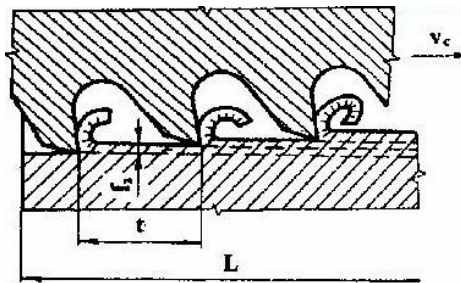
zamat, nylon a rayon. Leštenie sa často používa ako predchádzajúca operácia pred povrchovou úpravou kovu ako pochrómovanie, poniklovanie, nátery a pod.

5.5 Pret'ahovanie a pretláčanie

Patria k dokončovacím obrábacím procesom, ide o vysoko produktívne obrábanie tvarovej diery (vnútorné pret'ahovanie a pretláčanie) alebo vonkajších plôch (vonkajšie).

Rozdiely medzi pret'ahovaním a pretláčaním: konštrukcia nástroja, spôsob jeho upnutia, veľkosť úberu materiálu na jeden zdvih

Podstata: postupný záber jednotlivých po sebe nasledujúcich zubov pret'ahovacieho trna do materiálu pri relatívnom pohybe nástroja voči obrobku. Obrobok spravidla stojí, nástroj sa pohybuje.



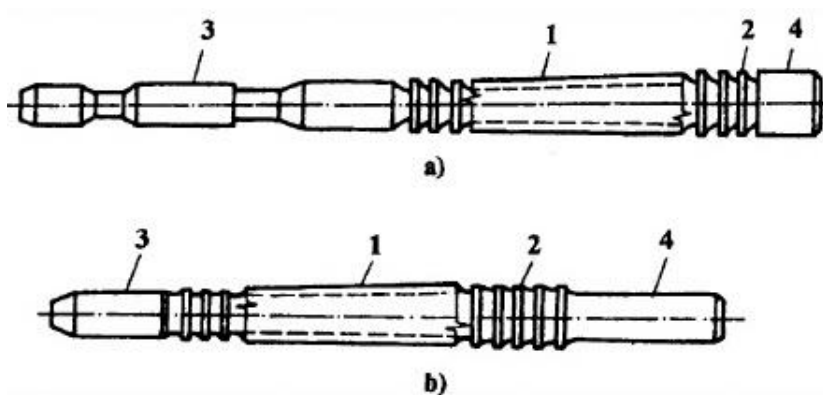
Princíp pret'ahovania

Nástroj pre pret'ahovanie: pret'ahovací trn (rezacie, kalibrovacie, hladiace zuby) - dĺžka až 2 000 mm

Nástroj pre pretláčanie: pretláčací trn (kratšie do 500 mm), majú väčší počet trnov, menšia produktivita

Stroje pre pret'ahovanie a pretláčanie: vodorovné, zvislé.

Pret'ahovacie prace: hospodárne najmä v hromadnej výrobe.



a) pret'ahovací trn b) pretláčací trn

1 – rezacia časť, 2 – kalibrovacia časť, 3 – zavádzacia časť, 4 – zadná časť

6 Špeciálne a nekonvečné technológie obrábania

6.1 Výroba závitov

Závity sa vyrábajú pomocou závitníkov, závitových čeľustí a závitových hláv, sústružením, frézovaním, presne sa brúsia a lapujú.

Rezanie závitov delíme na:

1. Rezanie vonkajších závitov

- a) závitové čeľuste – pre ručné aj strojové rezanie. Závitové čeľuste sa otáčajú okolo osi a posúvajú v smere osi. Postupným odoberaním triesky vytvárajú závit presného rozmeru.
- b) automatové závitové čeľuste – pre strojové rezanie závitov na sústruhoch.
- c) automatické závitové hlavy – vysoko produktívne rezanie na sústruhoch

2. Rezanie vnútorných závitov

- a) závitníky – skrutky, na ktorých sú rezné klíny vytvorené jednou alebo až ôsmimi priamymi alebo skrutkovitými drážkami. Rezanie môže byť ručné alebo strojové.
- b) maticové závitníky – ručná aj strojová výroba matíc.

Sústruženie závitov – závit sa vytvára závitovými nožmi, ktorých profil je odvodený od vytváraného závitú. Závitový nôž sa posúva s smere osi rotácie obrobku o jedno stúpanie závitú na otáčku.

Spôsoby sústruženia: a) na jeden záber (jednoprofilové nože), b) postupne na niekoľko záberov (hrebeňové nože)

Na rezanie vnútorných závitov sa používajú: radiálny, kotúčový radiálny, kotúčový hrebeňový

Frézovanie závitov

1. Vonkajšie závitov

- a) závitové kotúčové frézy – jednoprofilový nástroj, vhodný na frézovanie dlhých závitov
- b) závitové hrebeňové frézy – nástrčné alebo s kuželovou stopkou, vhodné na frézovanie kratších závitov
- c) okružné frézovacie hlavy – produktívne frézovanie dlhších závitov, posuv na otáčku = stúpanie závitú.

2. Vnútorné závitov

Vytvárajú sa podobne ako vonkajšie, najčastejšie sa používa hrebeňová fréza

Brúsenie závitov – na výrobu veľmi presných závitov. Zvyčajne sa brúsia závitov pohybových a meracích skrutiek a závitorezných nástrojov. Rozlišujeme brúsenie jednoprofilovým kotúčom a brúsenie závitov hrebeňovým kotúčom.

6.2 Výroba ozubených kolies

Patrí k najnáročnejším odvetviám strojárskej výroby. Presnosť ovplyvňuje kinematika obrábania, nástroj, technologické základne, spôsob upnutia obrobku a rezné prostredie.

1. Čelné ozubené kolesá

- a) frézovanie deliacim spôsobom
- b) frézovanie odvaľovacím spôsobom
- c) obrážanie hrebeňovým nožom
- d) obrážanie kotúčovým nožom
- e) preťahovanie
- f) ševingovanie
- g) brúsenie
- h) lapovanie

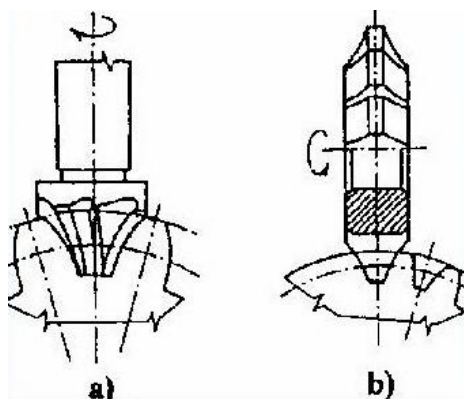
2. Kužeľové ozubené kolesá s priamymi a šikmými zubami

- a) frézovanie tvarovou frézou
- b) obrážanie podľa šablóny
- c) obrážanie dvoma nožmi
- d) frézovanie dvoma kotúčovými nožovými hlavami
- e) preťahovanie

3. Kužeľové kolesá so zakrivenými zubami

- a) spôsob Gleason
- b) spôsob Oerlikon
- c) spôsob Klingenberg

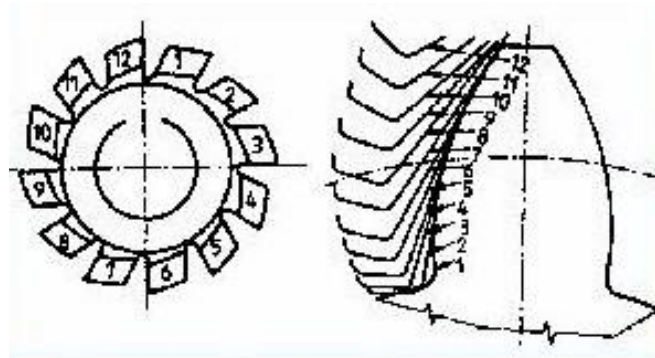
Frézovanie deliacim spôsobom – profil zuba sa vytvára postupne tvarovou frézou, treba použiť deliaci prístroj, ktorý po vyfrézovaní jednej zubovej medzery pootočí obrobok o jeden rozstup.



Frézovanie čelného ozubenia deliacim spôsobom

- a) čapovou modulovou frézou
- b) kotúčovou modulovou frézou

Frézovanie odvaľovacím spôsobom – zubové medzery sa vytvárajú plynule odvaľovaním profilu nástroja po valivej kružnici ozubeného kolesa. Fréza a obrobok vzájomne zaberajú ako skrutkové súkolesie.



Princíp vytvorenia evolventy pri odvaľovacom frézovaní

6.3 Elektrochemické obrábanie

Ide o metódu beztrieskového obrábania elektricky vodivých materiálov. K úberu materiálu dochádza riadenou elektrolýzou – anodickým rozpúšťaním, pri ktorom sa prechodom jednosmerného prúdu elektrolytom obrábaná plocha (anóda) rozpúšťa a tvar nástroja (katódy) sa kopíruje na obrobok.

Spôsoby EC obrábania:

1. EC obrábanie s núteným odstraňovaním produktov pasivácie

a) EC obrábanie s prúdiacim elektrolytom

- EC hĺbenie tvarov a dutín
- EC hĺbenie malých otvorov
- EC odstraňovanie ostrín
- EC delenie materiálov

b) EC obrábanie s mechanickým odstraňovaním produktov reakcie

- EC brúsenie a lapovanie
- EC honovanie

2. EC povrchové obrábanie s núteným odstraňovaním produktov reakcie

- EC leštenie
- EC povrchové značenie

Chemické obrábanie (leptanie) – riadené odleptávanie vrstiev materiálu s hrúbkou niekoľko stotín mm až niekoľko mm z povrchu, založené na chemickej reakcii

Ultrazvukové obrábanie - riadené rozrušovanie materiálu účinkom úderu abrazívnych zŕn nachádzajúcich sa medzi obrábaným povrchom a nástrojom, ktorý je v pozdĺžnom smere rozkmitávaný na UZ frekvenciu. Abrazívne zrná rozkmitané na vysokú frekvenciu prenikajú do povrchu materiálu a v prípade riadeného pritlačania nástroja k obrobku kopírujú tvar

pracovnej časti nástroja do obrobku. Pracovným prostredím je kvapalina unášajúca zrná a tlmiaca kmitanie. Toto obrábanie je vhodné na tvrdé a krehké materiály (sklo, keramika, grafit).

Aplikácia UZ obrábania:

- a) rezanie (delenie) materiálu
- b) hĺbenie tvarov a priebežných otvorov
- c) brúsenie rovinných plôch

Nekonvenčné spôsoby trieskového obrábania – podstata je založená na ohreve materiálu, čím sa zníži jeho pevnosť a tým odolnosť voči vnikaniu nástroja, čo zníži potrebné množstvo práce pri obrábaní.

Úplný ohrev – vhodný pre vŕtanie alebo frézovanie hlbokých otvorov alebo drážok

Miestny ohrev – zohrieva sa oblasť vytvárania triesky a to plynovým horákom, elektrickým oblúkom, plazmou, laserom, indukčne alebo trením.

7 Rozmerová a geometrická nepresnosť strojových častí

7.1 Odchýlky menovitého rozmeru

Lícovanie

Pri výrobe súčiastok nie je možné dosiahnuť predpísané rozmery úplne presne. Skutočné rozmery sa preto líšia od rozmerov udaných na výkrese.

Aby bolo možné správne určiť, ako veľké môžu byť nepresnosti jednotlivých rozmerov, rozlišujú sa podľa dôležitosti a podľa účelu nasledovne:

- Funkčné – rozhodujúce pre funkciu súčiastok
- Montážne – dôležité pri montáži a opravách
- Technologické – potrebné pri výrobe (upevnenie časti do prípravku)
- Netolerované – majú význam iba pre výrobu

Lícovanie je teda označenie presnosti obrábania navzájom spájaných súčiastok a pre ich vzájomný vzťah daný vôľou alebo presahom.

Tolerovanie

Tolerancie rozmerov nám udáva dovolená nepresnosť predpísaná na výkrese, ktorá môže byť rôzne veľká a môže mať rôznu polohu s ohľadom na nulovú čiaru. Presnosť výroby závisí od predpísanej tolerancie, ktorú ovplyvňuje spôsob výroby, rozmery súčiastok a od ich funkcie.

Všetky tieto závislosti zohľadňuje sústava tolerancií, ktorú popisuje sústava medzných hodnôt a uložení ISO:

- a) 20 stupňov presnosti označených IT01, IT0, IT1 ... IT18 pre rozmery do 500 mm
- b) 18 stupňov presnosti označených IT1 až IT18 pre rozmery od 500 mm až 3150 mm

Podľa použitia a kvality môžeme stupne presnosti rozdeliť:

- a) stupne presnosti IT01 a IT0 sa považujú za výnimočné
- b) stupne presnosti IT1 až IT5 sú najpresnejšie a používajú sa pre výrobu meracích zariadení vyžadujúcich presnosť
- c) stupne presnosti IT6 až IT12 sa používajú pre uloženie bežných zariadení
- d) stupne presnosti IT13 až IT18 sa používajú pre rozmery, na ktoré sa nekladie rozmerová presnosť

Vo vzájomnom vzťahu dvoch plôch súčiastok rozlišujeme uloženia:

a) uloženie s vôľou – umožňuje vzájomné otáčanie alebo posuv súčiastok, priemer diery musí byť väčší ako priemer hriadeľa (v sústave jednotnej diery A až H)

b) prechodné uloženie – môže sa vyskytnúť vôľa alebo presah (J až N)

c) uloženie s presahom – umožňuje nehybnosť spojenia, priemer diery je menší ako priemer hriadeľa (P až Z)

Základné pojmy

Medzný rozmer (MR) – je rozmer súčiastky, ktorý je predpísaný na výkrese.

Horný medzný rozmer (Hmr) – najväčší dovolený rozmer

Dolný medzný rozmer (Dmr) – najmenší dovolený rozmer

Skutočný rozmer – je skutočne nameraný rozmer súčiastky. Ak má byť súčiastka dobrá, musí byť skutočný rozmer vždy medzi obidvoma medznými rozmermi.

Tolerancia (T) – je rozdiel medzi horným a dolným medzným rozmerom.

Odchýlka - je rozdiel medzi skutočným rozmerom a medzným rozmerom.

Medzná odchýlka– je rozdiel medzi medzným rozmerom a menovitým rozmerom; môže byť horná alebo dolná.

Horná odchýlka (Uh) - je rozdiel medzi horným medzným rozmerom a menovitým rozmerom.

Dolná odchýlka (Ud) - je rozdiel medzi dolným medzným rozmerom a menovitým rozmerom.

Lícovacie sústavy

Lícovacia sústava je rad uložení s rôznymi vôlami alebo presahmi zostavený podľa jednotného hľadiska. Všetky druhy uložení pre ten istý medzný rozmer hriadeľa (každý vonkajší rozmer súčiastky) a diery (každý vnútorný rozmer súčiastky) je možné uskutočniť pomocou dvoch typov sústav:

1. Sústava jednotnej diery – znamená pre všetky uloženia toho istého medzného rozmeru a stupňa presnosti rovnaký priemer diery a podľa uloženia sa mení priemer hriadeľa (diery označujeme veľkými písmenami).

2. Sústava jednotného hriadeľa - znamená pre všetky uloženia toho istého medzného rozmeru a stupňa presnosti rovnaký priemer hriadeľa a podľa uloženia sa mení priemer diery (hriadele označujeme malými písmenami).

Sústava jednotnej diery sa používa častejšie, pretože je technologicky jednoduchšie prispôbiť vonkajší rozmer ako vnútorný.

7.2 Drsnosť povrchov

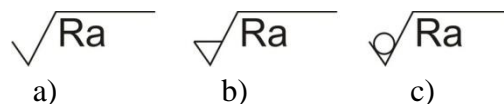
Drsnosť povrchu – je stopa po nástroji, resp. po predchádzajúcej technologickej operácii prejavovaná pravidelnou alebo nepravidelnou nerovnosťou povrchu. Je geometrickou vlastnosťou povrchu a neexistujú metódy a prostriedky na jej priame meranie. Merajú sa vhodné charakteristiky a parametre, ktoré sa považujú za kritéria drsnosti povrchu.

Hodnotiace charakteristiky

Drsnosť sa predpisuje značkou **Ra** – stredná aritmetická hodnota absolútnych odchýlok profilu. Jej číselná hodnota sa udáva v mikrometroch [μ]. Na výkresoch sa jednotka nepíše. Drsnosti povrchu sú normalizované podľa medzných rozmerov a stupňa presnosti.

Rz – je stredná hodnota z absolútnych výšok piatich najväčších výstupkov profilu a hĺbok piatich najnižších priehlbín profilu v rozsahu základnej dĺžky.

Značka drsnosti môže byť predpísaná v troch významoch:



- a) predpisujeme stav povrchu dosiahnutý rôznymi výrobnými postupmi
- b) len obrábaním (odoberaním triesky)
- c) bez obrábania (valcovaním, kovaním, zlievaním)

Kontrola drsnosti povrchov

Drsnosť povrchu nie je vo všetkých smeroch rovnaká a preto rozlišujeme pozdĺžnu (v smere rezu) a priečnu (kolmú na smer rezu). Najčastejšie zisťujeme priečnu drsnosť, ktorá závisí predovšetkým od tvaru rezného klina nástroja a od jeho posuvu.

Drsnosť obrábanej plochy môžeme určovať:

- a) kvalitatívne – porovnaním plôch opracovaného povrchu a povrchu vzorky drsnosti
- b) priamym meraním a číselným vyjadrením hodnôt drsnosti (R_{MAX} , Ra, Rz)

Optický mikroskop - pracuje metódou svetelného rezu. Pri tejto metóde je súčiastka v pásme svetelených lúčov pod uhlom 45° . Prienik lúčov s obrobeným povrchom vytvorí svetlený rez (osvetlený pásik), ktorého okraj je podľa drsnosti rôzne zvlnený. Svetelný rez sa pozoruje mikroskopom, ktorý je umiestnený kolmo na optickú os osvetlovacieho zariadenia. Nevýhodou je, že nerovnosti menšie ako 1 mikrometer sa nedajú zistiť.

Profilomer – dotykový prístroj zo snímacím hrotom, ktorý pri pohybe po obrobenej ploche kopíruje nerovnosti povrchu. Pohyby snímacieho hrotu sa mnohonásobne zväčšujú a vyznačujú sa na ukazovacom prístroji.

Drsnosť veľkých súčiastok alebo neprístupných plôch sa meria nepriamou metódou tak, že pomocou vhodného materiálu zosnímame otláčok meraného povrchu, ktorý sa potom zmeria. Na otláčky sa používajú syntetické živice, dentakryl alebo termoplast.

Voľba drsnosti

Stupeň drsnosti sa volí podľa funkcie obrobenej plochy v závislosti od rozmerovej a tvarovej tolerancie. Medzi osobitné požiadavky patrí tesnosť uloženia. Drsnosť povrchu v závislosti od rozmerovej prípadne tvarovej tolerancie volíme tým menšiu, čím je presnosť vyrábaných súčiastok väčšia. Podľa skúseností nemá byť výška nerovnosti Rz väčšia ako 0,1 až 0,5 rozmerovej tolerancie T.

7.3 Dĺžkové a súradnicové merania

Meradlá

Meradlá môžeme rozdeliť podľa viacerých hľadísk:

- a) podľa metódy – priame (posuvným meradlom), nepriame (meranie iného rozmeru a následný výpočet požadovaného rozmeru)
- b) podľa spôsobu snímania – dotykové a bezdotykové
- c) podľa spôsobu zistenia meranej veličiny – absolútne, komparačné
- d) podľa stupňa automatizácie – manuálne, automatické
- e) podľa úrovne spracovania signálu – pasívne, aktívne
- f) podľa meracieho rozsahu – jednohodnotové, spojité

Meradlá dĺžky

Posuvné meradlá - používajú sa najčastejšie, sú jednoduché a ľahko ovládateľné, ich presnosť stačí pre väčšinu rozmerov. Sú to dĺžkové meradlá s rovnobežnými rovinnými plochami. Jedno rameno tvorí časť hlavného (nenastaviteľného) meradla s metrickou stupnicou, druhé s nastaviteľnou časťou meradla – nóniom. Presnosť posuvných meradiel je 0,1 až 0,05.

Mikrometre - používajú sa na meranie vonkajších a vnútorných rozmerov a na meranie hĺbok, kde sa vyžaduje väčšia presnosť merania ako pri meraní posuvným meradlom. Presnosť ich merania je 0,01 mm, odhadom na tisícinu.

Druhy mikrometrických meradiel: strmeňové mikrometre na meranie vonkajších rozmerov, dutinové mikrometre na meranie malých otvorov, mikrometrické odpichy na meranie veľkých otvorov, mikrometrické hĺbkomery na meranie hĺbok, strmeňové mikrometre na plech, mikrometre na drôt a na steny rúrok, mikrometre na meranie ozubených kolies (tanierikové), mikrometre na meranie závitov

Meranie uhlov

Hlavnou jednotkou rovinného uhla je radián (rad) no častejšie sa používa stupeň (°).

Rozlišujeme 3 princípy merania uhlov:

- a) porovnávacía metóda (uhoľníky, uhlové mierky)
- b) goniometrické metódy (uhlomery – univerzálne, digitálne)
- c) trigonometrické metódy (sínusové pravítko)

Špeciálnym prípadom merania uhlov je meranie zvislej alebo vodorovnej polohy, na čo používame vodováhy – pozdĺžna, krížová, rámová, hadicová, škatuľová.

Meranie závitov

Každý závit je daný veľkosťou (menovitým priemerom), stúpaním a tvarom (závitovým profilom). Pri kontrole závitov kontrolujeme najmä stredný priemer. Kontrolujú sa aj ostatné parametre.

Kontrola skrutiek

- stredný priemer – nastaviteľným hraničným strmeňovým kladičkovým kalibrom alebo závitovými krúžkami
- veľký priemer závitú – hraničným strmeňovým kalibrom alebo mikrometrom s plochými dotykmi
- malý priemer – kontroluje sa bežnými meradlami s nožovými dotykmi alebo strmeňovým kalibrom

Kontrola matic

- stredný priemer – hraničným závitovým kalibrom
- veľký a malý priemer – špeciálnymi meradlami len výnimočne

Stúpanie závitú sa kontroluje orientačne závitovými šablónami na priesvit, alebo presnejšie príslušným odchýlkomerom.

Závitový profil sa najlepšie kontroluje opticky profilovým projektorom. Presné závity sa kontrolujú mechanicky alebo opticky.

Meranie ozubených kolies

Tanierikový mikrometer - na kontrolu miery cez zuby (rozstup)

Posuvný zubomer – na kontrolu hrúbky zuba

8 Technológie liatia kovov a zliatin

Zlievarenské technológie – výrobné postupy, pri ktorých liatim roztaveného kovu do vopred pripravenej formy získame odliatok žiadaného tvaru a rozmerov

Výrobu odliatku môžeme zhrnúť:

1. Zhotovenie modelu a pomôcok
2. Príprava formovacích zmesí
3. Výroba formy
4. Tavenie zliatiny a odlievanie do formy
5. Vyberanie odliatku z formy, čistenie, odstraňovanie chýb
6. Tepelné spracovanie
7. Kontrola odliatkov, expedícia

Zlievarenské kovy a zliatiny

A. Zliatiny železa na odliatky

1. Oceľ na odliatky

- a) uhlíková
- b) legovaná /nízko-stredne-vysoko/

2. Liatiny

- a) sivá liatina
- b) liatina s prechod. tvarmi grafitu
- c) tvárna
- d) tvrdená

e) temperovaná

B. Zliatiny neželezných kovov

1. Zliatiny medi
2. Zinku
3. Niklu
4. Olova
5. Hliníka
6. Horčíka

Zlievarenské vlastnosti kovov a zliatin

Tavitel'nosť – schopnosť kovov a ich zliatin prechádzať zo skupenstva tuhého do kvapálneho

Tekutosť – je vyvolaná vzájomnou pohyblivosťou jednotlivých čiastočiek taveniny

Zabíhavosť – schopnosť kovu alebo zliatiny vyplňať formu

Vtiahnutiny – Sú dôsledkom zmrašťovania pri tuhnutí. Sú to povrchové alebo vnútorné dutiny v stene odliatku s drsným až hrubým kryštalickým povrchom.

Lineárne (rozmerové) zmrašťovanie – zmena rozmerov v tuhom stave, ktorá nastáva po stuhnutí dostatočne hrubej a pevnej vrstvy materiálu vo forme. Dôsledkom je vznik napätia, ktoré vyústi do vzniku trhlín alebo prasklín.

Odmiešavanie – je oddeľovanie jednotlivých zložiek zliatiny pri tuhnutí. Príčinou je nemiesiteľnosť zložiek zliatiny.

Zdravosť odliatku – vyžaduje správne volené hrúbky stien a spájanie rôznych hrúbok stien, aby sa forma celkom naplnila

Rozmerová presnosť – je ovplyvnená presnosťou modelu, technológiou formovania a zmraštením.

Forma – je dutina vytvorená vo formovacej zmesy, zodpovedá tvaru budúceho odliatku

Netrvalé formy – jednorázové, slúžia na výrobu jedného odliatku

Polotrvalé – zhotovené väčšinou z keramických hmôt, na zhotovenie menšej série odliatkov

Trvalé – slúžia na opakované liatie celej série odliatkov a bývajú najčastejšie kovové (kokily)

Jadro – zabezpečuje vytvorenie potrebných dutín a otvorov v odliatku (pravé jadrá) alebo vytvorenie vybrání, drážok (nepravé jadrá)

Modelové zariadenie – súprava špeciálnych pomôcok na výrobu foriem. Je to vlastne model, jadrovníky, model vtokovej sústavy a náliatkov. Materiály na výrobu modelových zariadení môžu byť: drevo, kovové materiály (sivá liatina, zliatiny hliníka, mosadze), živice

Formovacie zmesy - zhotovujú sa z nich netrvalé a polotrvalé formy, jadrá. Trvalé formy bývajú spravidla kovové. Môžu byť prírodné formovacie piesky alebo syntetické zmesy.

Výroba netrvalých foriem

Ručná výroba foriem a jadier – formovacia zmes sa zhutňuje ľudskou silou a pomocou pneumatických ubíjačiek. Na výrobu foriem sa najčastejšie používa model (delený, nedelený, delený uložený na modelových doskách)

Strojná výroba foriem a jadier – robí sa lisovaním, striasaním, metaním a vstreľovaním

Spôsoby výroby:

1. Výroba foriem na automatickom formovacom stroji DISAMATIC
2. Vytvrdzovanie jadier pomocou príložiek a ihlíc
3. Metódou škrupín
4. Vstreľovaním do elektricky vyhrievaných jadrovníkov (Hot-box)
5. Cold-box
6. Vákuové formovanie (V-proces)

Vtoková sústava - sústava kanálov, ktorými preteká roztavený tekutý kov. Má zabezpečovať:

- dokonalé naplnenie formy, bez nasávania vzduchu a plynov, bez poškodenia stien vtokovej sústavy
- odlúčenie nekovových vtrúsenín (trosky, časti piesku)
- naplnenie formy v stanovenej dobe, aby nebola naplnená skôr ako začne tavenina tuhnúť

Formy sa plnia roztaveným kovom alebo zliatinou:

- **voľným prúdom** – prúd kovu padá do formy priamo z lejacej panvy
- **odlievaním vtokovými kanálmi** – najobvyklejší spôsob

Vtokovú sústavu tvorí:

Vtoková jamka – zachytáva prvý náraz kovu z panvy a usmerňuje prúd kovu z panvy do vtokového kanála

Vtokový kanál – privádza tekutý kov k ďalším častiam vtokovej sústavy

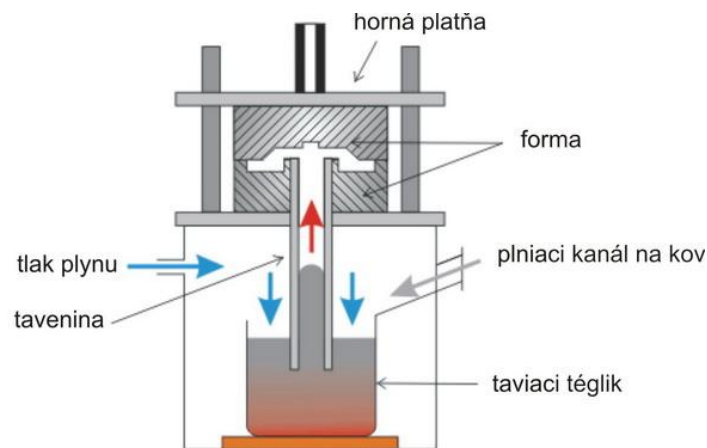
Troskový kanál – zabezpečuje odstránenie triesky a vtrúsenín

Rozvádzač kanál – rozvádza tekutý kov vo forme k miestam, kde vyúsťuje do dutiny formy

Zárezy – sú poslednou časťou vtokovej sústavy a zavádzajú tekutý kov do dutiny formy tvaru budúceho odliatku

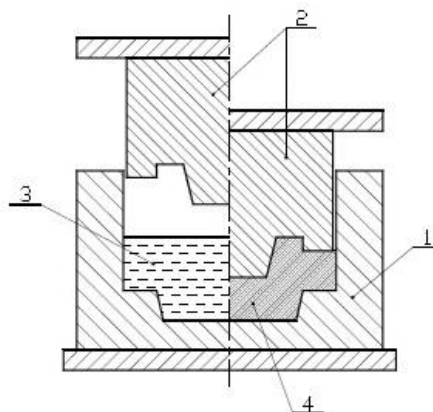
8.1 Liatie pod tlakom

Na liatie pod tlakom používame prevažne kovové formy. Tlak môže byť na roztavený kov vyvolaný piestom alebo plynom. Formy na tlakové liatie sú charakterizované životnosťou. Pri tlakovom liatí sa používajú stroje s teplou komotou a so studenou komorou.



8.2 Liatie – lisovanie

Naliatý tekutý kov sa vo forme stláča tvarovaným piestom, a pôsobením jeho tlaku zaplňuje dutiny formy a následne tuhne. Odliatky sú prevažne rotačného charakteru.



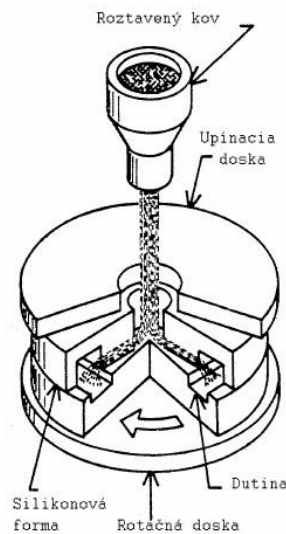
1 – forma, 2 – lisovací piest, 3 – lisovaný tekutý kov, 4 – odliatok

8.3 Liatie odstredivé

Odliatky sa vyrábajú odlievaním:

- a) do rotujúcej formy (odstredivé liatie)
- b) do formy, kde os rotácie nie je totožná s osou odliatku (poloodstredivé)
- c) do formy, ktorá sa pootočí až po naplnení tekutým kovom (odstredovanie)

Odstredivá sila pri liatí spôsobí, že kov je vytlačaný k stenám formy a dosiahne tesný kontakt medzi odlievaným kovom a formou. Na odstredivé liatie sa používajú stroje so zvislou osou otáčania a stroje s horizontálnou osou otáčania.



8.4 Liatie vo vákuu a v pretlakovej atmosfére

Používa sa zriedka pre vysoké náklady len pri výrobe špeciálnych odliatkov. Zariadenie takéhoto liatie je tvorené tlakovou nádobou, v ktorej sa nachádza indukčná pec s formou. Hlavným cieľom je znížiť počet bublín v odliatku na minimum. Pri použití pretlakovej atmosféry umelo zvyšujeme rozpustnosť plynov v tavenine na takú hodnotu, aby sa pri tuhnutí taveniny netvorili bubliny.

8.5 Sklopné liatie

Tavenina sa ohrieva pomocou elektrického oblúka. Po natavení sa materiál preleje preklopením do formy, pripevnenej na hornej časti pece. Sklopné liatie sa používa pre tavenie a odlievanie drahých materiálov.

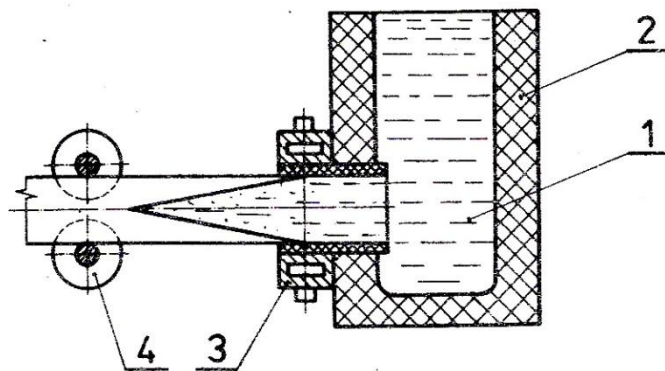
8.6 Liatie presné

Hlavným cieľom je zvýšenie presnosti odliatku. Používajú sa voskové modely, ktoré sa spájajú s vtokovou sústavou a tvoria komplikovaný celok. Vzniknutý tvar sa zaleje

formovacou zmesou a tá sa po chemicko-tepelnom spracovaní mení na keramický blok. Dutina, ktorá vznikne vytavením modelu sa vyplní tekutým kovom. Po stiahnutí a rozbití keramickej formy dostávame odliatok. Výhody tejto metódy sú: presnosť rozmerov odliatku, minimálne opracovanie, možnosť výroby zložitých odliatkov a odliatkov z ťažko opracovateľných materiálov.

8.7 Kontinuálne (nepretržité liatie)

Základnou požiadavkou je časové zladenie rýchlosti tuhnutia a rýchlosti posuvu stuhnutého odliatku. Tekutý kov po naliatí do zásobníka zaplní vodou chladený kryštalizátor. Tam tavenina tuhne na odliatok, ktorý má charakter tyče. Stuhnutá tyč je vyťahovaná z kryštalizátora rýchlosťou, ktorá zabezpečuje plynulú postupnú kryštalizáciu.



1 – tavenina, 2 – zásobník, 3 – kryštalizátor, 4 - odliatok

Chyby odliatkov:

1. Chyby tvaru, rozmerov a hmotnosti
2. Chyby povrchu
3. Prerušenie súvislosti
4. Dutiny
5. Vtrúseniny
6. Chyby štruktúry
7. Chyby chemického zloženia

Kontrola akosti odliatkov:

1. Vizuálna kontrola (tvar odliatku, povrchové chyby)
2. Rozmerová kontrola (podľa technického výkresu či normy)
3. Kontrola vnútornej akosti (deštruktívnymi alebo nedeštruktívnymi metódami)
4. Kontrola vlastností (to isté)

9 Technologické tvárnenia kovov

Tvárnenie - je druh strojárkej výroby, pri ktorej materiál mení svoj tvar a vlastnosti pôsobením vonkajších síl, vzniká trvalá plastická deformácia.

Tvárnosť - schopnosť materiálu prijať požadovaný tvar vplyvom vonkajších síl.

Prednosti tvárnenia:

- nižšia prácnosť výroby,
- úspora materiálu,
- zlepšenie vlastností materiálu,
- zvýšenie stupňa mechanizácie a automatizácie výrobných postupov

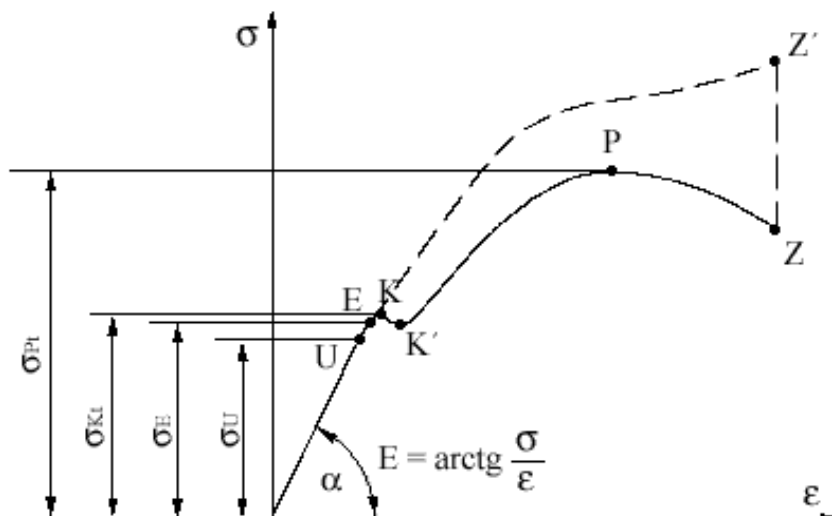
Tečenie kovov - časový nárast trvalej deformácie pri stálom napätí. Výraznosť tečenia je silne závislá na teplote.

Deformočná schopnosť - je schopnosť tuhých telies meniť tvar

9.1 Fyzikálna podstata plastickej deformácie

Ak prekročí napätie medzu, pri ktorej platí Hookov zákon, zostane i po odľahčení teleso deformované. Táto deformácia sa nazýva trvalá (plastická).

Pri niektorých technologických pochodoch sa spracovávaný polotovar predlžuje aj niekoľkonásobne - veľké vzájomné posuvy jednotlivých častí materiálu. Uvažujeme najprv deformáciu monokryštálu a predpokladajme, že trvalá deformácia vznikne súčasným presunom všetkých atómov. V rovnovážnej polohe je sila v hornej časti kryštálu nulová. Sklz neprebíha súčasným presunom všetkých atómov ale postupným premiestňovaním malého počtu atómov, akému dôjde pri pohybe dislokácie.



U – medza úmernosti
E – medza pružnosti
K – horná medza klzu
K' – dolná medza klzu
P – medza pevnosti v ťahu
Z – konečné porušenie
 ϵ – pomerné predĺženie

Hookov zákon:

$$R = E \cdot \epsilon$$

R – napätie po zaťažení

E – konštanta úmernosti

Základným mechanizmom plastickej deformácie je teda **sklz**, ktorý sa realizuje sklzovým pohybom dislokácií. Ak prebehne dislokácia kryštálov, posunie sa časť kryštálu nad rovinou sklzu dislokácie proti časti pod touto rovinou o vzdialenosť rovnú Burgensovmu vektoru. Ďalším mechanizmom môže byť **dvojčatenie**. Tu sa atómy presunú o časť medziatómovej vzdialenosti tak, že vznikne oblasť mriežky, súmerná s neposunutou mriežkou – dvojča.

9.2 Spevňovanie kovov plasticou deformáciou

Z materiálových charakteristík majú pre technológiu tvárnenia význam zvlášť tieto:

- napätie zodpovedajúce začiatku plastickej deformácie - medza sklzu σ_K
- najvyššie napätie, ktorého sa dosiahne - medza pevnosti σ_P
- pomerné trvalé predĺženie po pretrhnutí – ťažnosť δ

Teplota deformácie: Z tvárnenia kovov je známe, že pri rovnakej rýchlosti deformácie pretvárný odpor pri vyššej teplote klesá. Rovnako kritické šmykové napätie pre deformáciu monokryštálu klesá s rastúcou teplotou.

Rýchlosť deformácie: Existencia plyvu času pôsobenia sily na plasticú deformáciu za vyššej teploty súvisí s tým, do akej miery stačia v uvažovanej dobe prebehnúť pochody odstraňujúce spevnenie.

Rozdelenie technológie tvárnenia

Tvárnenie rozdelujeme podľa teploty, za ktorej tvárnenie prebieha:

1. Tvárnenie za studena,
2. Tvárnenie za tepla.

Tvárnenie môžeme rozdeliť i z hľadiska tvaru polotovaru:

1. Tvárnenie plošné (tvarovanie) - kedy sa spracováva plošný polotovar ako napr. plechy.
2. Tvárnenie objemové - pri ktorom sa spracováva objemný polotovar. Dochádza požadovanej zmene tvaru materiálu, pričom dochádza podstatnej zmene prierezu.

Podľa elementárnych úkonov rozoznávame:

- Strihanie
- Kovanie
- Valcovanie
- Pretlačovanie
- Razenie
- Kalibrovanie
- Tlačenie
- Ohýbanie
- Ťahanie

9.3 Tvárnenie za studena

Teplota materiálu leží pod teplotou rekryštalizácie, spevnenie materiálu vyvolané tvárnením zostáva prevažne zachované.

U väčšiny kovov sa rekryštalizačná teplota vypočíta: $T_r = 0,4 T_t$

Z ekonomického hľadiska sú výhodné, použitie obmedzené: potrebujeme väčšie sily a drahšie stroje, v dôsledku spevnenia dochádza k níženiu plasticity materiálu, preto je treba materiál rekryštalizačne žihať.

Použitie:

1. lesklí a hladký povrch - valcovanie plechov, pásov,
2. Presné rozmery výrobku - pretlačovanie, ťahanie drôtu,
3. Zvýšenie pevnosti a tvrdosti tvárneného mat.,
4. U zliatin, ktoré nie sú schopné rekryštalizácie,
5. Ak tvárnenie za tepla nie je možné,
6. Lacná a rýchla výroba.

Tvárnením za studena sa jednotlivé zrná predlžujú v smere tečenia mat. Vzniká tak deformačná textúra.

9.4 Tvárnenie za tepla

Je tvárnenie pri takých teplotách, za ktorých prebieha rekryštalizácia tak rýchlo, že spevnenie vyvolané tvárnením sa znižuje v priebehu tvárnenia a bezprostredne po ňom.

Prebieha pri vyšších teplotách ako je rekryštalizácia $> 0,7 T_t$. Pre optimálne podmienky tvárnenia musíme tvárniť v určitom tepelnom intervale. Je ohraničený hornou a dolnou hranicou tvárnenia.

HTT – horná teplota tvárnenia, určujeme ju preto, aby nedošlo k prehriatiu a tým zhrubnutiu zrna materiálu.

DTT – dolná teplota tvárnenia, je to teplota dokovacia, určuje nám náchylnosť materiálu na vznik vnútorného pnutia a trhlín.

Materiál začneme tvárniť pri HTT a snažíme sa ukončiť tvárnenie nad hranicou DTT. Najvýhodnejšie teploty pre tvárnenie ocele za tepla sú v oblasti austenitu.

Mechanizmus zjemňovania zrná má dve fázy:

1. veľké premiestnenie kovu pri podkritických deformáciách
2. malé premiestnenie kovu pri nadkritických deformáciách

Výhody: dochádza k zvareniu trhlín, bublín a roztriedeniu zrnových obálok.

Nevýhoda: nákladný a pomerne zdĺhavý ohrev.

9.5 Technológie tvárnenia

Strihanie

Je postupné alebo súčasné oddeľovanie častí materiálu pôsobením protiľahlých strižných hrán pozdĺž čiary strihu. Tvar strižnej čiary je buď priamkový (otvorená krivka) alebo uzavrená krivka.

Technológia strihania zahŕňa tieto operácie:

- jednoduché strihanie
- dierovanie
- vystrihovanie
- ostrihovanie
- pristrihovanie
- nastrihovanie
- prestrihovanie
- pretrhávanie
- vysekávanie
- presné strihanie
- strihanie profilov

Strižná medzera - je vzdialenosť medzi protiľahlými strižnými hranami, meraná v rovine strihaného plechu.

Strižná vôľa - je súčet strižných medzier.

Strižná pevnosť - šmykové napätie, pri ktorom dochádza k oddeleniu materiálu namáhaného na strih.

Strižný odpor - je napätie, ktoré je potrebné prekonať pri namáhaní materiálu na strih, aby došlo k oddeleniu tohoto strihom.

Strižná sila: $F_s = S \cdot k_s$ [N]

Technologický postup pri vystrihovaní

Techn. postup pri vystrihovaní ovplyvňuje predovšetkým:

- počet vyrábaných výstrižkov
- veľkosť a tvar výstrižkov
- hrúbka polotovaru
- druh strihaného plechu
- požadovaná presnosť a kvalita strižnej plochy výstrižkov

Technologické požiadavky pri výstrižkoch:

- čo najjednoduchší tvar
- nepožadovať ostré hrany
- vyhýbať sa strihaniu dlhých a úzkych súčiastok
- najmenšie priemery dier voliť s ohľadom na hrúbku a vlastnosti materiálu
- maximálna vzdialenosť diery od kraja má byť aspoň rovná hrúbka plechu s
- minimálna vzdialenosť diery od polomeru zaoblenia má byť 1 až 1,5 s

Presné strihanie

Je to metóda zlúčeného strihania (vonkajší aj vnútorný tvar sa vystrihujú súčasne). Spoločným pôsobením nástroja a lisu sa zamedzí tvoreniu thrln v pásme strihania. Materiál z vnútornej aj vonkajšej strany krivky je pevne stlačený. Vtlačením nátláčnej hrany do materiálu okolo obvodu strižných hrán sa zabráni tečeniu materiálu z miesta strihu.

Pri presnom strihaní sa snažíme rozšíriť pásma tzv. plastického strihu cez celú hrúbku materiálu. Pri presnom strihaní sú v pruhu materiálu tri oblasti, v ktorých je možné rozlíšiť rôzne napätosti. Najvýhodnejšie rozloženie hlavných napätí je práve v oblasti strihu, kde vzniká trojosová tlaková napätosť, ktorá vylučuje vznik trhliniek a podporuje priebeh čistého plastického strihu.

Kovanie

Je tvárnenie kovu údermi kladiva (pri ručnom kovaní) alebo kovadla, prípadne zápustky, pri strojnóm kovaní pod bucharom a tlakom pri kovaní pod lisom.

1. Voľné kovanie - rozlišujeme nasledovné operácie voľného kovania:

Pechovanie - zväčšuje priečny prierez polotovaru na úkor jeho výšky,

Predlžovanie - zväčšovanie dĺžky za súčasného zmenšenia pričného prierezu,

Predlžovanie na trní - kovanie dutých telies na trní, **Rozkovanie na trní** - kovanie krúžkov na trní, **Osadzovanie** - predlžovanie vymedzených častí kovaného polotovaru,

Odsadzovanie - zvláštny prípad osadzovania medzi dvoma výstupkami,

Presadzovanie - priečne presúvanie dvoch susedných častí kovaného polotovaru pri zachovaní rovnobežnosti,

Dierovanie - zhotovenie diery v kovanom polotovare dierovacím trňom,

Sekanie - rozdeľovanie východiskového mat. sekáčom,

Odsekávanie - oddeľovanie koncového odpadu.

Ručné kovanie - základné nástroje sú: kladivá, kovadliny a kliešte.

Strojné kovanie - umožňuje vyrábať výkovky o hmotnosti od niekoľko kg až do niekoľkých ton.

2. Zápustkové kovanie - je tečenie tvárneného kovu obmedzené dutinou nástroja zápustky. Zápustky sa vyrábajú z kvalitných ocelí, tak aby boli húževnaté s oteruvzdorným povrchom.

Kovacie stroje

Buchary - Výkovok sa kladie na spodné nepohyblivé kovadlo. Horné kovadlo je upevnené v barane, ktorý je zdvíhaný do výšky a stlačovaný dole buď klukovým mechanicky alebo pneumaticky.

Pružinový buchar - baran 30 až 100 kg pohyb na stojane.

Pneumatický buchar - je modernejší typ stroja pre voľné kovanie i pre kovanie v zápuskách. Hnacím elementom buchara je stlačený vzduch, v stojane buchara je kompresor ktorého piest je poháňaný elektromotorom. Stlačený vzduch z kompresoru sa vháňa cez rotačné ventily do pracovného valca ktorého piest je spojený s baranom. Ak je otvorený horný ventil je baran tlačný smerom dolu, pri otvorení spodného ventilu je baran nadvihovaný.

Lisy - rozdeľujeme na hydraulické a mechanické. Hydraulické pracujú malou rýchlosťou pohybu barana, pre kovanie ťažkých výkovkov. Hydraulické lisy - pracovným médium je kvapalina (voda alebo olej).

Poznáme ešte: vretenový lis, kľukový lis, kolenový lis, kolenový lis, vodorovné koliace stroje

Valcovanie

Je tvárnenie za tepla, polovýrobok je tvárnený dvoma valcami otáčajúcimi sa smerom opačným. Deformácia sa prejaví veľkým vzrastom dĺžky a menším vzrastom šírky.

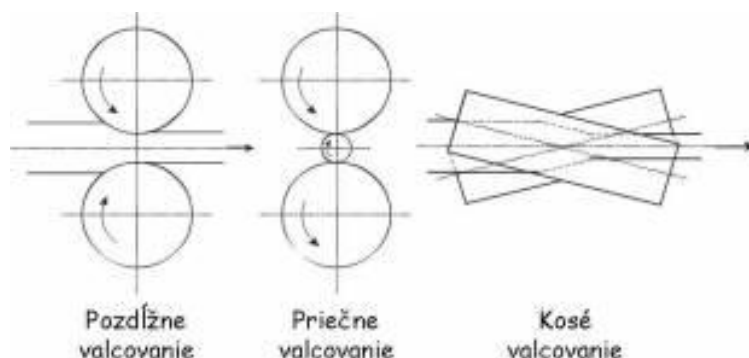
1. Pozdĺžne valcovanie - valce sa otáčajú smerom opačným. Používa sa sústavy dvoch, troch, štyroch alebo väčšieho počtu valcov.

Duo stolica môže byť jednosmerná alebo vratná.

Trio stolica je sústava troch valcov, kde vývalok prechádza striedavo vo vodorovnej rovine medzi valcom spodným a stredným a v rovine medzi stredným a horným.

Kvarto je sústava štyroch valcov, kde dva vnútorné majú menší priemer a dva vonkajšie oporné majú väčší priemer.

2. Priechne valcovanie – zhotovujú sa ním výrobky rotačného tvaru, plné alebo duté, požíva sa i k valcovaniu závitov.



Valcovanie závitov – zvyšuje pevnosť závitov

Vrúbkovanie – vytváranie nových rýh na povrchu rotačného polotovaru

Rozvalcovanie – je tvarovanie vydierovaného polotovaru na požadovaný priemer prítlačnými valcami

Valcovanie rúr

Najdôležitejším spôsobom výroby patrí bezošvových rúr valcovaním.

Výroba ocelových bezošvových rúr má dva základné úkony:

- a) výrobu dutého predvalku alebo výlisku
- b) vlastné valcovanie alebo ťahanie rúr.

Po týchto operáciách nasledujú ďalšie operácie pre úpravu rúr, existujú tri metódy:

Mannesman - je založená na princípe dierovania medzi kuželovými valcami a pozdĺžnym prerušovaným valcovaním na pútnickej stolici.

Stiefel - na princípe dierovania medzi dierovacími kotúčmi a pozdĺžnym valcovaním na automatiku.

Erhardt - na princípe výroby dutého výlisku zo štvorcového sochoru dierovaním na lise a ťahaním alebo valcovaním týchto výliskov za tepla.

Pretlačovanie

Je proces tvárnenia, pri ktorom sa materiál pôsobením tlaku pretláča cez zúžený prierez lisovacieho nástroja. Zúžený prierez môže byť vytvorený buď v pevnej časti nástroja ako kruhový, pravouhlý.

Pretlačovaním sa vyhotovujú menšie výrobky, a to z mäkkých kovov, hliníka, farebných kovov, mäkkých ocelí.

Výrobok vyhotovený pretlačovaním nazývame **pretlačok**.

Hlavnými prednosťami pretlačovania za studena sú:

- vysoká produktivita,
- značná úspora materiálu,
- veľký stupeň pretvorenia na jednu operáciu,
- zlepšenie mechanických vlastností materiálu jeho spevnením,
- vysoká presnosť a hladkosť povrchu.

Rozoznávame pretlačovanie: spätné (protismerné), dopredné (súsmerné).

Razenie

Je to objemové tvárnenie za studena. V procese razenia sa mení hrúbka polotovaru a pretváraný materiál vyplňa priestor vymedzený tvarovým razníkom a raznicou.

Základná práca razenia sa člení na tieto operácie:

1. **Jednoduché razenie** - vytváranie vypuklých znakov, napr. mincí
2. **Ryhovanie** - vytváranie rýh na rovinatej ploche
3. **Značkovanie** - vytváranie plytkého vydutého reliéfu a jamky na povrchu súčiastky.

Nástroje na razenie sa nazývajú **razidlá** a používajú sa v zásade v dvoch prevedeniach:

- a) razidlo s otvorenou tvárniacou dutinou,
- b) razidlo s uzavretou tvárniacou dutinou.

Kalibrovanie

Ohýbanie, ťahanie, prípadne kovanie nedávajú dostatočne presné výrobky, je potrebné spresniť ich tvar kalibrovaním. Kalibruje sa buď celý výrobok alebo iba tie jeho časti, ktoré si vyžadujú zvýšenú rozmerovú presnosť.

Cieľ: dosiahnutie geometrického tvaru, rozmerov a skvalitnenia funkčných plôch.

Rozoznávame dva druhy kalibrovania:

1. **Plošné kalibrovanie** - kalibrujú sa iba niektoré plochy a rozmery súčiastky,
2. **Objemové kalibrovanie** - kalibrujú sa všetky plochy a všetky rozmery súčiastky, prebytočný materiál pritom vyteká do výronku, ktorý sa po tom očisťuje a odstrihuje.

Kalibrovanie môžeme deliť na tieto operácie:

- kalibrovanie hladením,
- rovinné kalibrovanie,
- tvarové kalibrovanie,
- kalibrovanie po ťahaní (plošnom, objemovom),
- kalibrovanie otvorov,
- kalibrovanie valcovaním

Tlačenie

Tlačením je možné vyrábať duté rotačné súčiastky z plechov oceľových a hliníkových.

Princíp: Na rotujúci nástroj je upnutý rotačný polotovár, ktorý je potom naň prítlačaný rôznymi nástrojmi.

Tlačenie zahŕňa tieto operácie:

Tlačenie tvaru - je tlačenie rôzneho profilového tvaru z rovinného prístrihu.

Rotačné obrubovanie - je vystuženie okraja rotačného telesa.

Rotačné lemovanie - je ohýbanie okraja rotačného telesa.

Rotačné rozširovanie - je zväčšovanie obvodu časti rotačného výťazku tým, že sa mat. tvárni zvnútra.

Rotačné zužovanie - je znižovanie obvodu rotačného výťazku tým, že sa mat. tvárni tlačením zvonku.

Rotačné žliabkovanie - je vytlačovanie plytkého žliabku po obvode rotačného výťazku pre zvýšenie tuhosti.

Rotačné driapkovanie - je spojovanie dvoch plechovch dutých rotačných polotovarov.

Osadzovanie - je zmeňovanie priemeru pri okraji.

Tlačenie so stenšením steny - je tvárnenie rotačnej dutej plochy kladkami s stenšením hrúbky steny.

Ohýbanie

Tvárnenie materiálu pri pôsobení ohybového momentu od ohybovej sily vyvolávame trvalú deformáciu. Cieľom je získať požadovné zakrivenie - zmeniť os. Ohybová čiara má byť kolmá na smer vlákien, lebo tvorí zlomenie. Minimálny polomer ohybu pri ktorom nenastane praskanie. $r_{\min} = k \cdot s$ - minimálny polomer ohybu.

Jednoduché ohýbanie: je tvárn. plochy rovinatej na plochy rôzne vytvár. ostrých a. oblých hrán.

Ohýbanie zahŕňa tieto operácie:

Ohraňovanie: je ohýbanie plechu.

Rovnanie: je dodatočné rovanie plechu,

Zakružovanie: tvárnenie na plochu valcovú kuželovú,

Lemovanie: ohýbanie okraja rovnej alebo priestorovej plochy,

Obrubovanie: vystužovanie okraja(zvýšenie akosti okraja)

Osadzovanie: ohnutie pretlačením na okraji alebo vo vnútri rovinatej plochy,

Driapkovanie: pevné spojenie predhnutých okrajov,

Skrúcanie: natáčanie o urči. uhol, preťahovanie,rozširovanie,zužovanie.

Ťahanie

Ťahanie tyčí a drôtu: Ťahaním za studena a za tepla sa tvární východiskový materiál v prievlaku resp. ťažnom krúžku, kde sa zmeňuje jeho pričný prierez a zväčšuje dĺžka.

Pri ťahaní materiálu za studena nastáva štruktúrna zmena, ktorá sa vyznačuje pretiahnutím jednotlivých kryštálov v smere dĺžky. Táto zmena má za následok zníženie tvárnosti a húževnatosti, zvýšenie tvrdosti a pevnosti.

Ťahanie tyčí a profilov: sa robí buď z ocele alebo z neželezných kovov a zliatin. Ťahanie oceľových tyčí kruhových, šesthranných, štvorhranných a plochých sa robí väčšinou v jednom ťahu.

Ťahanie drôtu: sa robí z valcovaneho polotovaru - drôtu najčastejšies kruhovým prierezom, štvorcovým, oválnym.

Nástroje pre ťahanie sa používajú k redukcii prierezu ťahaného materiálu a rozdeľujú sa na:

- prievlaky
- ťažné krúžky

Ťahanie plechu

Ťahanie plechu je veľmi rošíreným spôsobom spracovania plechu, ktorým je možné celkom jednoducho vytvoriť súčiastky veľmi tuhé pri absolútne najmenej hmotnosti. Je to náročnejšia technológia, lebo ide o pretvorenie, pri ktorom majú hlavnú úlohu napätia v ťahu. Týmto napätiam sú kovy schpné odolávať len po určitú hranicu.

Ťahanie plechu má tieto operácie:

Jednoduché ťahanie - tvárnenie rovinného polotovaru na duté teleso.

Ťahanie so stenšením steny - zmena rozmerov dutého polotovaru zmenšením priečného prierezu.

Spätné ťahanie – je druhá operácia vykonávaná v obrátenom smere k pôvodnému ťahaniu

Žliabkovanie - vytlačovanie plytkých prelisov

Pretáhovanie - vytvorenie kolmej valcovej plochy

Rozširovanie - zväčšovanie priemeru

Zužovanie - zmeňovanie priemeru

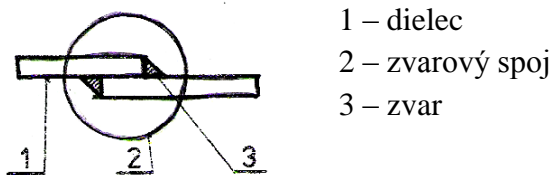
10 Zváranie kovov

Zváranie – nerozoberateľné spájanie materiálov pomocou sústredeného tepelného zdroja alebo tlaku, s použitím alebo bez použitia prídavného materiálu zvyčajne podobného zloženia ako sú spájané materiály. Tieto materiály v mieste vytváraného spoja pôsobením energie premeníme do tekutého alebo tvárneho stavu a po vychladnutí dôjde k ich spojeniu.

Zváranie delíme na:

- Zváranie tavné** – spojenie materiálov sa dosiahne roztavením spájaných materiálov za pomoci tepelného zdroja (plameň, elektrický oblúk, roztavený kov...)
- Zváranie za pôsobenia tepla a tlaku** – spojenie materiálov sa dosiahne roztavením materiálu za pomoci tepla a tlaku alebo ohriatím materiálu do plastického stavu a jeho spojenie tlakom. Ako zdroj tepla môže byť Joulovo odporové teplo, indukčný ohrev, teplo vzniknuté trením...
- Zváranie tlakom** – spojenie sa dosiahne veľkým tlakom na stykové plochy súčiastok za teploty okolia

Základné pojmy zvárania

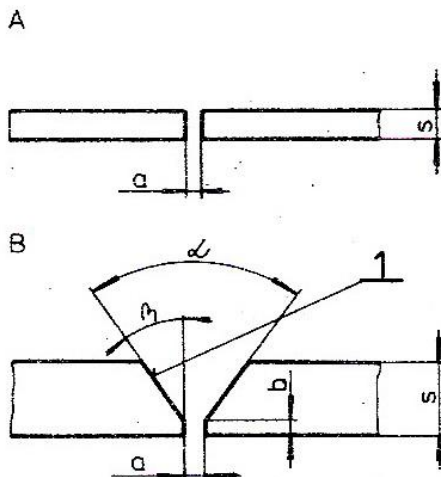


Zvarok – zváraná súčiastka, ktorá vznikne zvarením dielcov

Dielec – môže byť plech, výlisok, výkovok alebo odliatok

Zvarový spoj – spoj dvoch alebo viacerých dielcov, môže byť vytvorený jedným alebo viacerými zvarmi

Zvarový kov – vytvára zvar, je tvorený kovom základného materiálu a kovom prídavného materiálu



A – Zvarové plochy bez úpravy

a – zvarová medzera

s – hrúbka materiálu

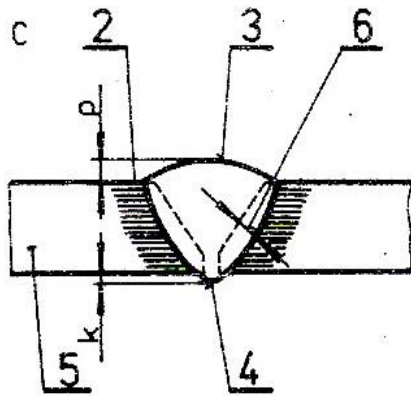
B – Úprava zvarovej plochy

a – koreňová medzera

b – otupenie koreňa

α – uhol rozovretia

β – uhol úkosu

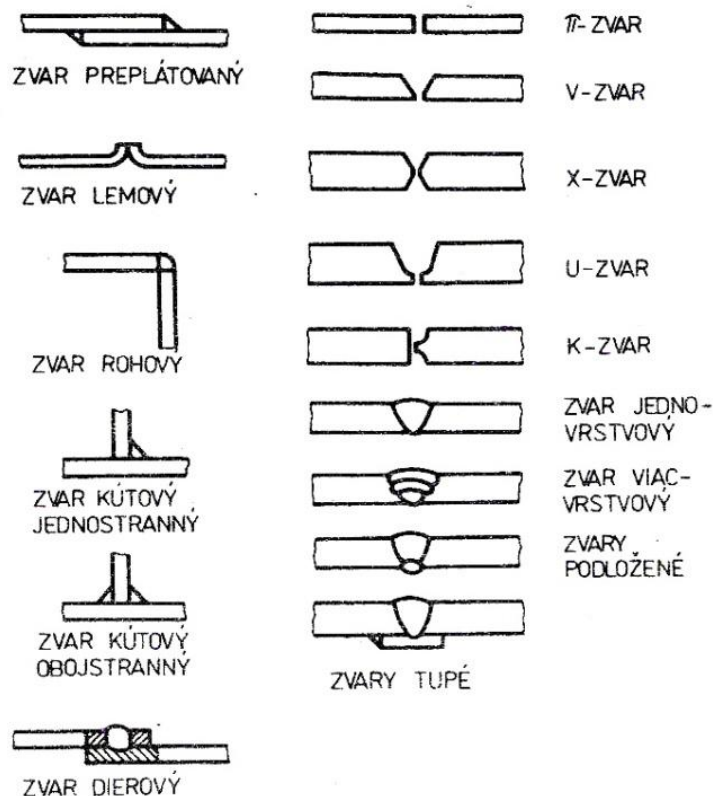


C – Zvarový spoj

- 1 – zvarová plocha
- 2 – ovplyvnené pásmo
- 3 – povrch zvaru
- 4 – koreň zvaru
- 5 – základný materiál
- 6 – hĺbka zvaru
- p – prevýšenie zvaru
- k – prevýšenie koreňa

Zvarové spoje delíme:

- a) Podľa účelu: *nosné, tesniace, spínacie, stehové, nánosové*
- b) Podľa usporiadania zvarových okrajov dielcov: *tupé (stykové), preplátované, rohové, krížové, tvaru T*
- c) Podľa prierezu zvaru: *lemové, tupé, kútové, dierové a žliabkové*
- d) Podľa súvislosti: *priebežné, prerušované*
- e) Podľa polohy vyhotovenia: *vodorovné zhora, vodorovné na zvislej stene, zvislé, nad hlavou*
- f) Podľa postupnosti zvráania: *jednovrstvové, viacvrstvové, podložené*



Tavné zváranie

10.1 Zváranie plameňom

Ide o tavné zváranie, tavný kúpeľ je vytváraný teplom ktoré vzniká horením zmesi vhodného horľavého plynu s kyslíkom, použiteľnosť horľavého plynu je daná rýchlosťou spaľovania v prvej fáze horenia, ktorá určuje najvyššiu dosažiteľnú teplotu v redukčnej oblasti plameňa a množstvo tepla uvoľneného v tejto fáze horenia (zváracia výhrevnosť plameňa). Najväčšia tep. zväracieho plameňa sa dosiahne pri horení kyslíkovo – acetylénovej zmesi.

Rozdelenie plameňov:

- a) podľa horľavého plynu v zmesi s kyslíkom
- b) podľa intenzity
- c) podľa pomeru kyslíka a acetylénu v zmesi

Horľavé plyny: acetylén, vodík, zmes propán butánu, sviatiplyn, metán.

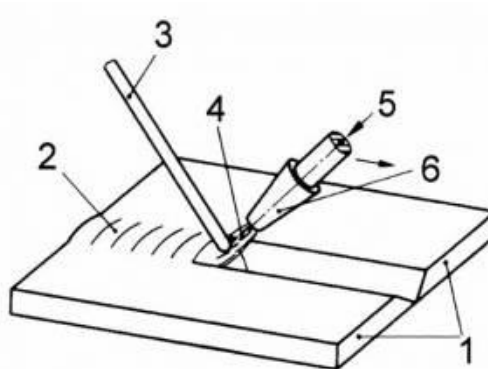
Podľa intenzity - rýchlosť ktorou vystupuje zmes plynov z hubice horáku, môže byť plameň mäkký, stredný, plameň ostrý.

Podľa pomeru kyslíka a acetylénu v zmesi:

1. Plameň neutrálny: proces spaľovania sa uskutočňuje v dvoch fázach. Dokonalo zmiešaná kyslík – acetylénová zmes je po výstupe z ústia zväracieho. horáku ohrievaná na zápalnú teplotu vo vnútornom kuželi plameňa.

2. Plameň oxidačný: zvärací kužeľ je kratší, modrofialová. obsahuje voľný kyslík v oblasti okolo zvarovacieho kužeľa. zvärať mosadze, niektoré. bronzy a výnimočne oceľ.

3. Plameň redukčný: zvarovací kužeľ je prekrytý belavo svietiacou hmlovinou kužeľovitého tvaru. Pre zváranie i spájkovanie zliatin hliníka a horčíka, naváranie tvrdých kobaltových zliatin.



- 1 - Zvarený dielec, 2 - Zvar, 3 - Prídavný materiál, 4 - Plynový plameň, 5 - Palivový plyn a kyslík, 6 - Zvärací horák

Spôsoby zvárania: dopredu a dozadu.

Zvárať plameňom je možné vo všetkých polohách, je použiteľné pre všetky zvariteľné materiály. Vzhľadom k efektívnejšej náhrade tejto technológie má táto svoje opodstatnenie v opravárstve či servisných prevádzkach.

10.2 Zváranie elektrickým oblúkom

Elektrický oblúk je výboj v plynách. Pri zváraní vzniká obvykle medzi elektródou a základným materiálom. Jeho výkon, geometrický tvar, teplotu je možné meniť.

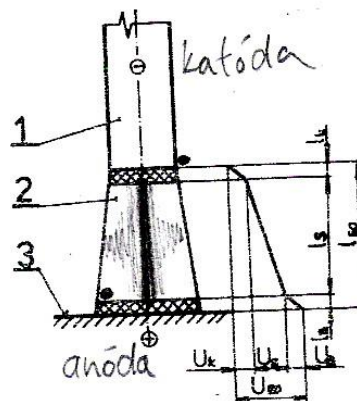
Spôsoby zvárania:

- ručné zváranie obalenými elektródami
- zváranie pod tavivom
- zváranie v ochranných atmosférach.

Fyzikálne a metalurgické deje sú ovplyvnené:

- geometrickým usporiadaním katóda – anóda
- chemickým zložením plazmy
- tepelnou vodivosťou plazmy

Stĺpec elektrického oblúka - má tvar mierne sa rozširujúceho kužeľa smerom od katódy k anóde. Elektrická vodivosť stĺpca je spôsobená prítomnosťou elektrónov a iónov. Max. teploty oblúku, stĺpca sú v strede oblúku.



1 – elektróda, 2 – oblúkový stĺpec, 3 – základný materiál

Prídavný materiál pre zváranie elektrickým oblúkom

1. Uhlíková elektróda – neodtavuje sa

2. Kovová elektróda – (elektródy upravené – ťahaný drôt na ktorý sa nanáša tenká vrstva prevažne vápenatých látok ktoré podporujú pokojnejšie horenie oblúku, obalené – stabilizačné, rutilové, kyslé, bázické, špeciálne – výťažkové, hlbokozávarové, kontaktné, elektródy na neželezné kovy)

Tlakové zváranie

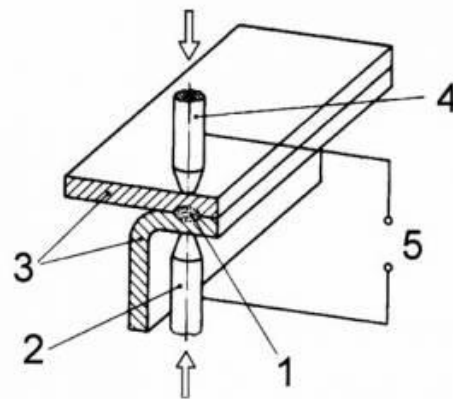
10.3 Odporové zváranie

Ide o spôsob zvárania , pri ktorom sa vytvára zvar bez prídavného materiálu krátkodobým prechodom prúdu vysokej intenzity cez miesto zvaru, pri súčasnom pôsobení tlaku.

Zvárací proces - na dosiahnutie zváracej teploty sa využíva teplo, vyvinuté zváracím prúdom. Prednosťou je vysoká produktivita.

Spôsoby odporového zvárania:

Bodové zváranie - zvárané predmety navzájom preplátujú a stlačia silou F medzi medenými tyčovými elektródami. Existuje tzv. mäkký a tvrdý režim zvárania.



1 - Bodový zvar, 2 - Bodová zváracia elektróda, 3 - Zvarený dielce, 4 - Bodová zváracia elektróda, 5 - Zdroj prúdu

Švové zváranie - tyčové elektródy sú nahradené medenými kotúčmi. Kotúče stláčajú predplátované plechy. Ak by sa kotúče neotáčali vznikol by prechodom prúdu opäť bodový zvar. Otáčaním kotúčov sa vytvorí zvarový šev. Použitie: výroba oceľových radiátorov, palivové nádrže.

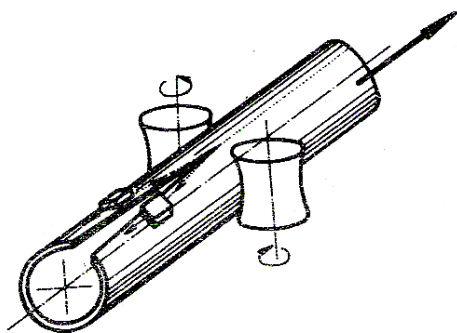
Výstupkové zváranie - spoje sa vytvárajú na miestach vopred pripravených výstupkov.

Stykové stláčacie zváranie - zvárané dielce sú pritlačené v styčných plochách a zvárajú sa v celej styčnej ploche.

Stykové odtavovacie zváranie - pri doterajších spôsoboch prúd prechádza až po stlačení dielcov. Pri tomto spôsobe prúd prechádza pri veľmi nedokonalom kontakte, keď stláčacia sila je takmer nulová.

10.4 Vysokofrekvenčné odporové zváranie

Je tlakové zváranie, pri ktorom sa k ohrevu na zváraciu teplotu používa vysokofrekvenčný prúd. Prúd prechádza medzi dvoma vodou chladenými elektródami, ktoré sa posúvajú po zváranom predmete. Používa sa hlavne na zváranie trubiek, zvlášť malých priemerov, tenkostenných trubiek krútených z pásov a na zváranie pásov. Zvárajú sa ľahké zliatiny, meď, zliatiny medi, nízkouhlíkové, vysokouhlíkové, nehrdzavejúce a rýchlorezné ocele, zliatiny s vysokým obsahom niklu a zirkónu.

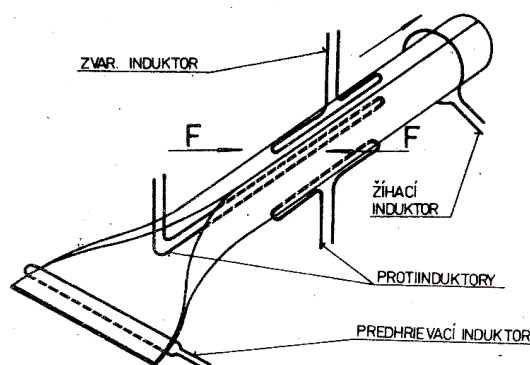


Vysokofrekvenčné odporové zváranie švových trubiek

10.5 Indukčné zváranie

Pri indukčnom zváraní sa na ohrev na zváraciu teplotu asi 150 °C pod taviacou teplotou, používa tepelného účinku indukovaného striedavého prúdu. Vhodne konštruovaná ohrievacia cievka umožňuje potrebný miestny ohrev. Induktor sa nedotýka zváraných dielov a tie nemusia mať zvlášť obrobený povrch.

Metóda sa vyznačuje veľkou rýchlosťou zvárania a veľmi úzkym tepelne ovplyvneným pásom, a to tým užším čím vyššia je frekvencia použitého striedavého prúdu.



Používa sa zvlášť pri výrobe zváraných trubiek švových trubiek. Robia sa pozdĺžne a priečne zvary. Zvárací cyklus je obyčajne automatizovaný. Pevnosť zvaru odpovedá základnému materiálu. Prednosťou metódy je možnosť bezpečne zvärať ocele s vyšším obsahom uhlíka a iné mat. ako ľahké zliatiny, farebné kovy a pod.

10.6 Zdroje zväracieho prúdu

Delíme ich podľa druhu zväracieho prúdu na:

- a) zdroje jednosmerného prúdu: točivé (agregáty) a netočivé (usmerňovače)
- b) zdroje striedavého prúdu (transformátory)

Zvärací agregát – skladá sa zo zväracieho dynama, ktoré vyrába prúd pre oblúk a z motora, ktorý dynamo poháňa, obidva stroje majú spoločnú os, a ako celok sú najčastejšie pojazdné. Na nastavenie potrebného zväracieho prúdu slúži regulátor s prúdovou stupnicou.

Zvärací transformátor – je jednoduchším a lacnejším zdrojom ako agregát. Konštrukcia nemá točivé časti. Skladá sa zo železného jadra a dvoch druhov vinutých cievok.

Zväracie usmerňovače – sú zdroje bez točivých častí, ktoré usmerňujú striedavý prúd odobraný zo siete cez trojfázový, alebo jednofázový transformátor. Používajú sa na ľahké zväračské práce obalenými elektródami.

Druhy prenosu zvarového kovu elektrickým oblúkom:

- a) kvapkový, skratový
- b) sprchový prenos
- c) máčavý proces, ponorený oblúk
- d) impulzný proces

Na zdroje zväracieho prúdu pre ručné zváranie kladieme tieto požiadavky:

1. Napätie a prúd sa musí rýchlo prispôbiť zmenám dĺžky elektrického oblúka
2. Pri skrate, teda pri zapaľovaní oblúka sa nemá prúd podstatnejšie odlišovať od hodnoty zväracieho prúdu

10.7 Zvariteľnosť kovov

Pod pojmom zvariteľnosť rozumieme spôsobilosť materiálu, ktorá umožňuje zhotoviť zváraním za určitých podmienok zvarové spoje požadovaných vlastností. Zvariteľnosť závisí predovšetkým na chemickom zložení zliatiny.

Zvariteľnosť delíme do štyroch základných skupín:

- a) **Problémy metalurgickej zvariteľnosti** - sem patria otázky fyzikálnych, chemických, metalurgických a metalografických zmien, vyvolaním tepelným cyklom.
- b) **Problémy technologickej zvariteľnosti** - sem patria otázky riešenia vplyvu konkrétnej zväračskej technológie.
- c) **Problémy konštrukčnej zvariteľnosti** - sem patria otázky riešenia tvaru zvaru, veľkosti, umiestnenia.

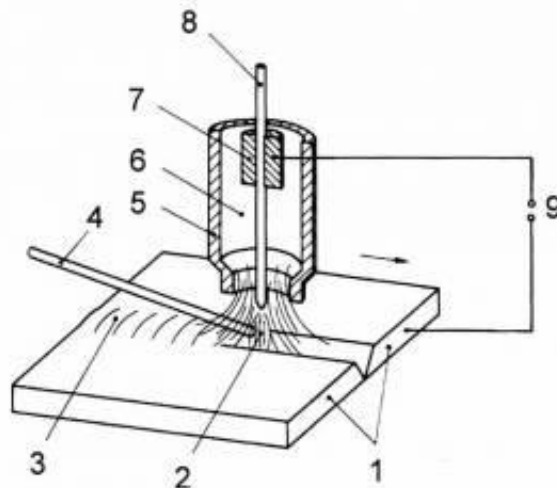
11 Zváranie el. oblúkom v ochranných atmosférach

Rozdelenie zvárania v ochranných atmosférach:

1. **Netaviacou sa elektródou WIG (TIG):** ručné, automatické
2. **Taviacou sa elektródou MIG:** MIG (argón, héliu), MAG (CO₂, zmesi plynov), môžu byť poloautomatické a automatické

11.1 Zváranie v ochrannej atmosfére netaviacou sa elektródou WIG

Zváranie elektrickým oblúkom v ochrannom plyne je charakterizované horením oblúka medzi netaviacou sa elektródou (s použitím netaviacej sa elektródy z čistého alebo aktivovaného volfrámu) a zváraným materiálom, pri ktorom je oblúk a tavný kúpeľ chránený prívodom inertného plynu (Ar, He). Pri zváraní väčších hrúbok (cca 3 mm) a naváraní sa do oblúka pridáva prídavný materiál vo forme tyčky, drôtu, prípadne plnenej elektródy.



- 1 - Zvarený dielec, 2 - Oblúk, 3 - Zvar, 4 - Prídavný materiál, 5 - Dýza, 6 - Ochranný plyn, 7 - Elektrický kontakt (kontaktná špička), 8 - Volfrámová elektróda, 9 - Zdroj prúdu

Výhody:

- vysoká kvalita zvarových spojov a návarov
- vhodnosť na zváranie tenkých materiálov a materiálov obtiažne zvariteľných
- vhodnosť na zváranie v nútených polohách, napr. pri zváraní potrubia
- možnosť automatizácie a robotizácie

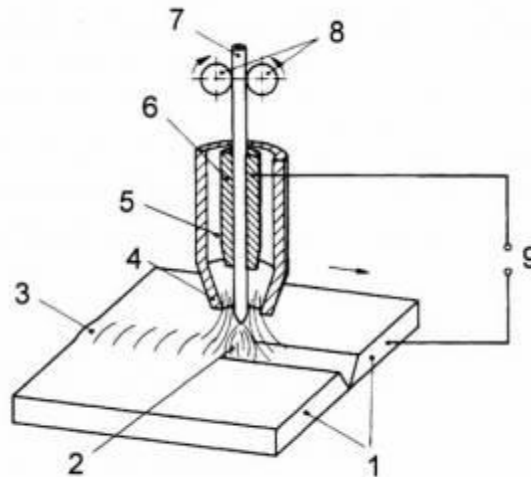
Nevýhody:

- nižšia produktivita práce v dôsledku nižšieho výkonu odtavenia pri zváraní hrubších materiálov v porovnaní so zváraním odtavujúcou sa elektródou

Príklady použitia: energetika, chemickom priemysle, letectve, v kozmickom priemysle, hlavne pri zváraní potrubí a nádob z nehrdzavejúcich ocelí, hliníkových zliatin, medených a nikelových zliatin, pri zváraní titánu a zirkónu.

11.2 Zváranie taviacou sa elektródou MAG-MIG

Tento spôsob zvárania sa nazýva MAG (Metal Aktiv Gas), pri použití aktívnych plynov - CO₂, zmesi plynov a MIG (Metal Inert Gas) pri použití inertných plynov - argón, hélium. Elektrický oblúk horí medzi holým prídavným drôtom a základným zváraním materiálom



1 - Zvarený dielec, 2 - Oblúk, 3 - Zvar, 4 - Dýza, 5 - Ochranný plyn, 6 - Kontaktná špička, 7 - Drôtová elektróda, 8 - Kladky podávania drôtu, 9 - Zdroj prúdu

Výhody:

- vyššia produktivita
- adaptabilnosť procesu
- zlepšenie hygieny prostredia
- možnosť zvärať vo všetkých polohách
- možnosť automatizácie a robotizácie

Nevýhody:

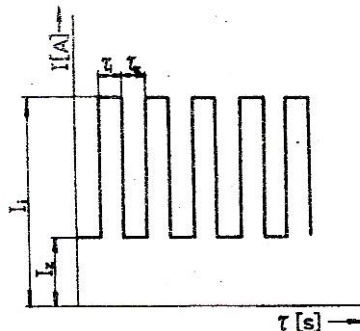
- potreba zabezpečenia neustáleho prívodu atmosféry (zvýšená pozornosť aby nedošlo k odfúknutiu atmosféry vplyvom napr. poveternostných podmienok alebo prievanu)
- náchylnosť ku tvorbe chýb ako sú napr. studené spoje a neprievary
- možné problémy vzniknuté s požiadavkami na automatizáciu a sériovosť

Príklady použitia: široké uplatnenie v priemysle, kde je požadovaná vysoká produktivita práce, vysoká efektivita a pre svoju finančnú dostupnosť a možnosť širokého výberu prídavných materiálov pre zváranie patrí k technológiám, ktoré prekonávajú najväčší rozvoj v strojárnských podnikoch.

11.3 Zváranie impulzným prúdom

Zváranie impulzným prúdom je založené na tom, že oblúk sa udržuje v stave kvapkového prenosu a pomocou pulzov prechádza do sprchového prenosu kovu. Potom je možné pri nízkych a stredných hodnotách zvaracieho prúdu zvarať spôsobom zodpovedajúcim vysokým hodnotám prúdu. Klesá spotreba tepla a znižuje sa tenzotermický účinok, zlepšujú sa operatívne vlastnosti zvárania a vzhľad zvaru.

Zvárať je možné len v argóne alebo v zmesi s obsahom argónu vyšším ako 80 %. Pri zváraní v CO₂ oblúk nie je stabilný.



Impulzné zváranie WIG

I_z – základný prúd, I_i – impulzný prúd ($3 \times I_z$), T_i - trvanie impultu, T_z - trvanie výdrže na I_z

Impulzné zváranie sa používa hlavne pre zváranie malých hrúbok materiálu. Dá sa však použiť aj v prípade väčších hrúbok, kde sa vyžaduje nižší rozstrek, lepší povrchový vzhľad zvaru a dokonalý prievar. Vzhľadom k tomu, že je možné meniť parametre I_z , I_i , T_z a T_i , rozširujú sa možnosti voľby zvaracích parametrov, zvlášť pre zváranie v polohách a vytvárajú sa predpoklady pre optimalizáciu zvaracích pochodov na základe kontinuálneho vyhodnocovania parametrov počítačom.

Impulzné zváranie sa používa pre ručné a pre automatické zváranie. Nachádza uplatnenie pri zváraní vysokolegovaných ocelí, zliatin hliníka a ďalších neželezných kovov.

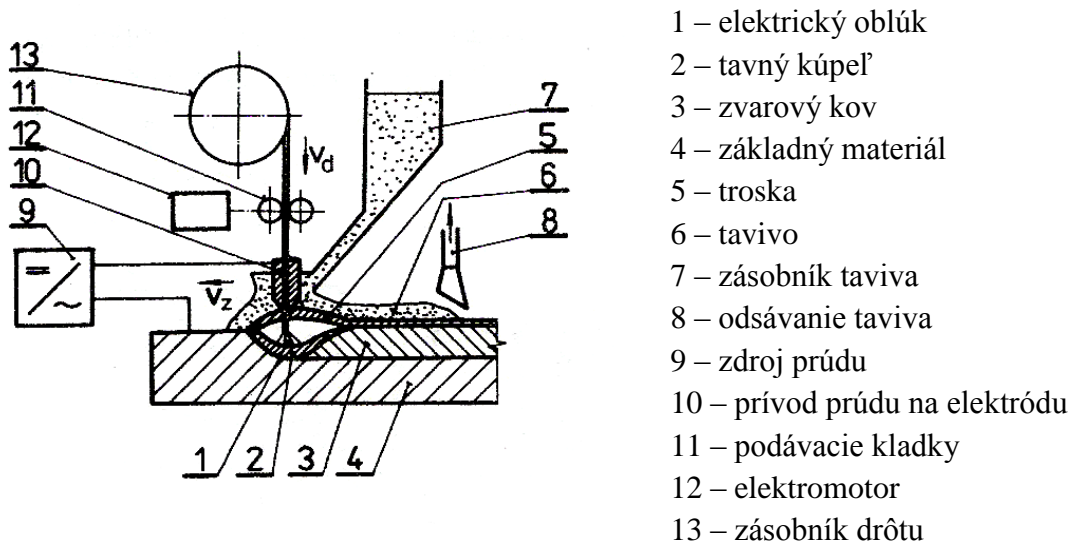
11.4 Elektroplynové zváranie

Elektroplynové zváranie vzniklo z elektrotroskového zvárania a pripomína ho z hľadiska usporiadania a využitia. Namiesto trosky sa elektróda taví oblúkom horiacim v ochrannom plyne, rovnako ako pri zváraní MIG/MAG. Táto metóda sa používa na zváranie hrúbok 12-100 mm, pri hrubších materiáloch sa používa rozkyv. Spoj je väčšinou jednoduchý I-zvar s medzerou. V-zvary sa tiež používajú.

Ako pri všetkých ostatných spôsoboch zvárania v ochranných atmosférach, používajú sa plné aj rúrkové drôty a rovnaké ochranné plyny. Oproti elektrotroskovému zváraníu je teplota ovplyvnená zóna menšia a rázová húževnatosť je o niečo lepšia. Výhodné môže byť použitie väčšieho výletu drôtu, pričom sa dosiahne vyššia zvaracia rýchlosť, menšie natavenie základného materiálu a vnesené teplo.

11.5 Automatické zváranie pod tavivom

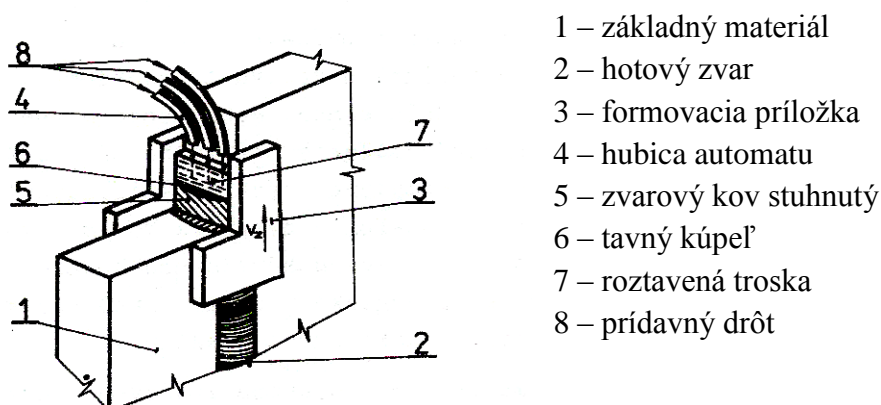
Elektrický oblúk horí medzi elektródou (holý drôt) a základným materiálom v dutine, ktorá sa vytvorí pod roztavenou vrstvou taviva. Tekutý kúpeľ a celý priestor oblúka sú dokonale chránené pred účinkami a atmosféry. Podávanie drôtu taviva a dodržiavanie zváracích parametrov zaisťuje zvárací automat.



Zváranie pod tavivom zvyšuje produktivitu 2 až 5 – krát oproti ručnému zváraniu, zlepšuje hygienu práce a zaisťuje kvalitu zvaru. Kvalitný zvar - správne voliť zváracie parametre, zvýšená presnosť lícovania dielov.

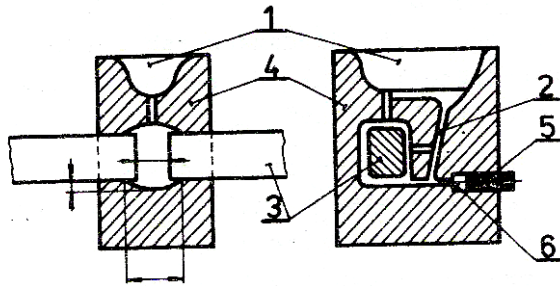
11.6 Elektrotroskové zváranie

Pri elektrotroskovom zváraní sa zvara vo zvislej polohe zdola nahor a na jeden priechod zváracieho automatu formovaním zvaru z oboch strán základného materiálu sa zavarí celá hrúbka zváraného plechu. Je vhodné pre spájanie veľkých hrúbok materiálu (50 mm a viac).



Pri štarte tohto procesu sa medzi elektródou a zvarcom zapáli oblúk. Keď sa tavivo nasýpané

Postup zvarovania je nasledovný: príprava zvaracích plôch, zhotovenie modelu zvarového spoja, zaformovanie zvaraného miesta, predohriatie zvaraného miesta, zapálenie a reakcia termitovej zmesi, odliatie a úprava povrchu zvaru.



- 1 – liaca (trosková) jamka
- 2 – vtoková sústava
- 3 – zvarané časti
- 4 – forma
- 5 – zátka
- 6 – ohrievací otvor

Plochy majú byť čisté, bez okovín a hrdze. Pred zvaraním formu predohrejeme. Predohrev má za účel vysušiť formu a predohriať zvarané miesto asi na 900 °C. 2 spôsoby zvarovania termitom: Tavné zvaranie, tlakové zvaranie za tepla.

12 Špeciálne spôsoby zvarania

Medzi špeciálne spôsoby zvarania patria tieto technológie:

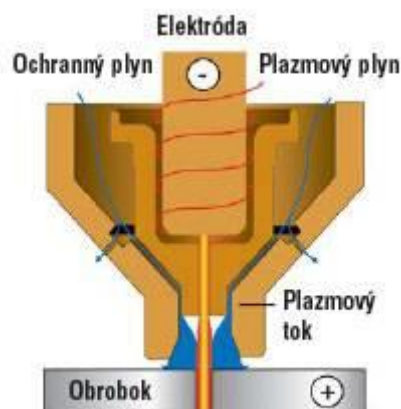
- Plazmou
- Elektrónovým lúčom
- Laserom
- Oblúkom v magnetickom poli a tlakového zvarania
- Trením
- Ultrazvukom
- Difúziou
- Výbuchom
- Tlakom za studena

12.1 Plazmové zvaranie

K zvaraniu sa využívajú tepelné a dynamické účinky plazmového lúča. Plazma vzniká v plazmovom horáku prechodom plazmového plynu stabilizovaným elektrickým oblúkom. V dôsledkom vysokej teploty nastáva v plazmovom plyne ionizácia, pri viac atómových plynoch tiež disociácia. Táto ionizačná energia sa v mieste interakcie lúča plazmy s tavným kúpeľom uvoľňuje a technologicky sa využíva k taveniu mat. Plazma vystupuje z trysky plazmového horáka.

Základné typy zapojenia horákov:

- závislé zapojenie
- nezávislé zapojenie
- kombinované zapojenie



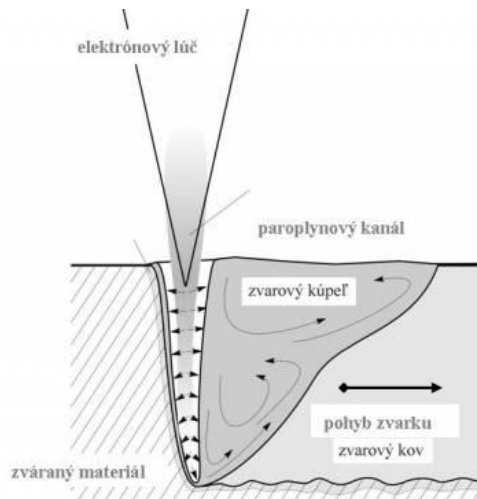
Elektródy sa používajú volfrámové. Rozlišujeme zvaranie mikroplazmové a plazmové.

Výhody: v porovnaní s laserovými a elektrónovými zariadeniami je zariadenie na zvaranie plazmou výrazne lacnejšie, široká oblasť využitia.

Nevýhody: vyššie náklady na zariadenie, vyššie nároky na kvalifikáciu zvaračov.

12.2 Zváranie elektrónovým lúčom

Zdrojom tepla je sústredený zväzok elektrónov vznikajúci v elektrónovej tryske. Zväzok je sústredený pomocou elektrónovej optiky. Elektróny sú emitované katódou, sústredené elektrickým polom vytváraným fokusačnou elektródou. Zváracia rýchlosť je zaisťovaná pohybom zvarenca.



Výhody: možno zvärať hrúbky 50 až 60 mm vertikálne, horizontálne až 350 mm.

Nevýhoda: zváranie prebieha vo vákuovej komore, ktorá rozmerovo obmedzuje tvar súčiastky.

Touto metódou sa zvärajú najnáročnejšie zvary v leteckej výrobe, jadernej energetike, v automobilovom priemysle.

12.3 Zváranie laserom

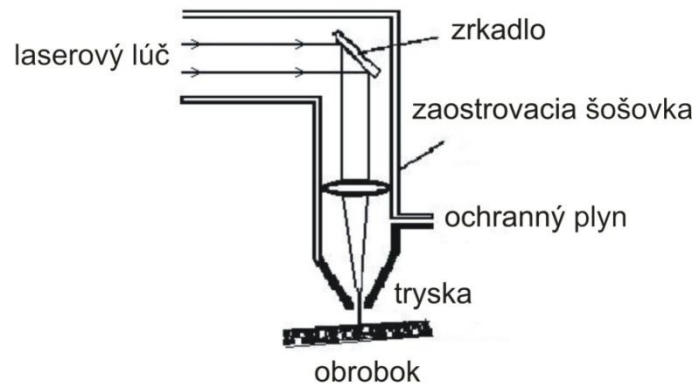
Zdrojom tepla je opticky sústredený zväzok fotónov produkovaný laserom. Laser je zariadenie ktoré mení dodávanú energiu na energiu elektromagnetického žiarenia.

Rozdelenie:

- lasery s tuhou fázou
- plynové lasery
- kvapalinové atď.

Technológie: pulzné a kontinuálne zváranie.

Pulzné zváranie sa využíva na bodové zváranie. Pulzné lasery sa používajú aj na vrtanie otvorov a kontinuálne na delenie mat., perforovanie, gravírovanie a pod. Laserový lúč má všestranné použitie v oblasti priemyselnej výroby. Laserovým lúčom možno zvärať rôzne mat. a ich kombinácie.



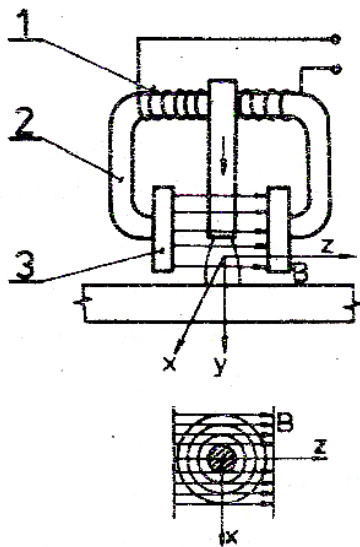
Výhody zvárania: prenos tepelnej energie bez elektrického náboja, veľká pracovná vzdialenosť, laserový lúč možno fókusovať do extrémne malého bodu, možno zvärať bez ochrannej atmosféry, presne možno usmerniť zvar, možno presne dávkovať energiu.

Nevýhodou je veľká nadobúdacia cena laserov.

12.4 Zváranie elektrickým oblúkom v magnetickom poli

Realizuje sa v troch hlavných smeroch:

Zváranie el. oblúkom riadeným priečnym magnetickým poľom: elektrický oblúk horí medzi tyčovou elektródou a základným mat. Magnetické siločiarly sú kolmé na os elektródy. Môže sa použiť pri automatickom zváraní v ochranných atmosférach metódou MIG, MAG a pri zváraní pod tavivom.



- 1 – cievka elektromagnetu
- 2 – magnetický obvod
- 3 – pólové nástavce

Zváranie el. oblúkom riadením pozdĺžnym magnetickým poľom: El. oblúk horí medzi tyčovou elektródou a zákl. mat. Magnetické siločiarly sú rovnobežné s osou elektródy. Využíva sa pri automatickom zváraní v ochr. atmosférach a pri zváraní plazmovým oblúkom.

Zváranie rotujúcim oblúkom v magnetickom poli: Používa sa pre stykové zváranie uzavretých obvodov dutých súčiastok. Základný princíp spočíva v tom, že elektrický oblúk pôsobením vonkajšieho magnetického pola rotuje po zvarových plochách. Existujú

v podstate dve základné metódy: zváranie rotujúcim oblúkom natupo, zváranie rotujúcim oblúkom s pomocnou elektródou.

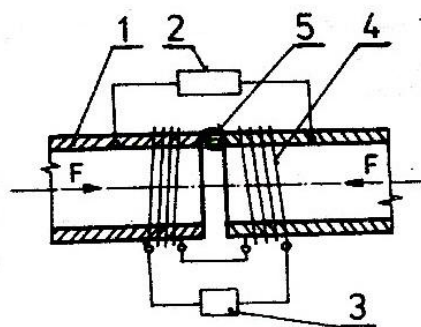


Schéma zvárania rotujúcim oblúkom v magnetickom poli

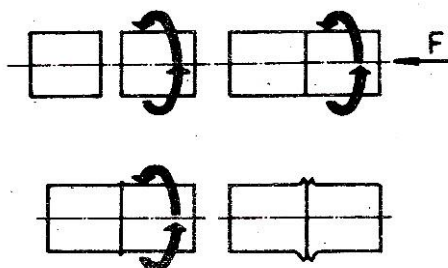
- 1 – zvárané súčiastky
- 2 – zdroj zvaracieho prúdu
- 3 – zdroj budiaceho prúdu magnetickej cievky
- 4 – magnetické cievky
- 5 – rotujúci oblúk
- F – prítlačná sila

12.5 Zváranie trením

Pri zváraní trením je ohrev na zvaraciu teplotu realizovaný priamou premenou mechanickej energie na energiu tepelnú pri vysokej účinnosti, čím sa dosiahnu podstatné energetické úspory. Zvárané dielce sú súso upnuté v čeľustiach zvaracieho stroja, ktoré zaisťuje ich vzájomný otáčavý pohyb. Na jeden z dielcov pôsobí prítlačná sila, ktorá dáva vznik trecím silám.

Proces ohrevu možno rozdeliť na tri fázy:

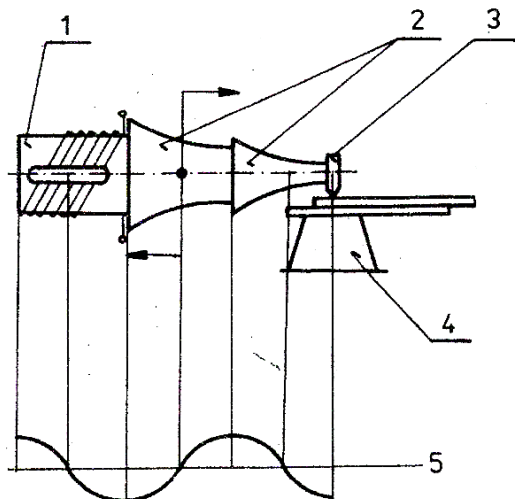
- 1. fáza** - pri ktorej vyvíja 1% tepla, je charakteristická suchým trením a prispôbovaním dotykových plôch.
- 2. fáza** - začína zadieraním a zväčšovaním počtu materiálového vytrhávania. Dochádza k ohrevu tenkej povrchovej vrstvy a v spoji vzniká 12% tepla.
- 3. fáza** - je rozhodujúca pre vytvorenie kvalitného zvaru. Je charakterizovaná rozšírením miest zadieraní a vytrhávania. Pri vývine 87 % tepla ju sprevádza silný ohrev spájaných dielov a ich výrazný dĺžkový úbytok.



Okrem kovových materiálov je možné zvärať plasty, keramiku a sklo. Bez problémov možno zvärať rotačné spoje valcových tyčí a trubiiek z rovnakého materiálu.

12.6 Zváranie ultrazvukom

Proces zvárania je zložitý. Ide o vývin tepla a rozrušovanie povrchových vrstvičiek vplyvom trenia a prítlačnej sily. Ďalej ide o plastickú deformáciu, spevňovanie materiálu za studena a rekryštalizáciu kovu lokálne zohriateho na vyššiu teplotu. Ultrazvuková energia je v mieste budúceho spoja vhodne spracovaná mechanickými vibráciami zváracie nástroja za pôsobenia statickej prítlačnej sily.



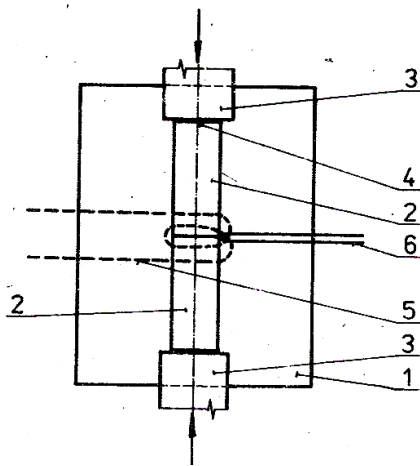
- 1 – magnetostrikčný menič
- 2 – prenosové články
- 3 – zvárací hrot
- 4 – kovadlinka
- 5 – priebeh amplitúdy

Proces zvárania je ovplyvňovaný základnými pracovnými parametrami, ktoré sú na zváracích zariadeniach nastaviteľné. Prítlačná sila zaisťuje prenos ultrazvukových kmitov zváracieho hrotu na zváraný materiál. Zvárací čas volíme čo najkratší. Príliš dlhá doba zvárania môže spôsobiť značné prehriatie miesta spoja a trhliny.

12.7 Difúzne zváranie

Spojenie kovov vzniká pôsobením teploty a nízkeho tlaku vo vákuu alebo atmosfére ochranného plynu. Spoj je tvorený maximálnym priblížením kontaktných plôch v dôsledku lokálnej plastickej deformácie, ktorá zabezpečuje vzájomnú difúziu v povrchových vrstvách spájaných materiálov.

Za hlavné parametre difúzneho zvárania sa považuje teplota, tlak a čas. Teplota zvárania je závislá na teplote tavenia zváraných materiálov a je daná vzťahom: $t_{zv} = (0,53 \text{ až } 0,88) \cdot t_m$. Teplota ovplyvňuje rýchlosť difúzie jednotlivých prvkov v spájaných materiáloch. Zvárací tlak sa volí v závislosti na chemickom zložení zváraného materiálu, výške zváracieho teploty a pod. Veľmi dôležitým faktorom je aj hodnota pracovného vákuua, prípadne druh ochrannej atmosféry. Vyžaduje sa tiež aby zvárané plochy boli kovovo čisté, opracované na požadovanú drsnosť a odmastené.

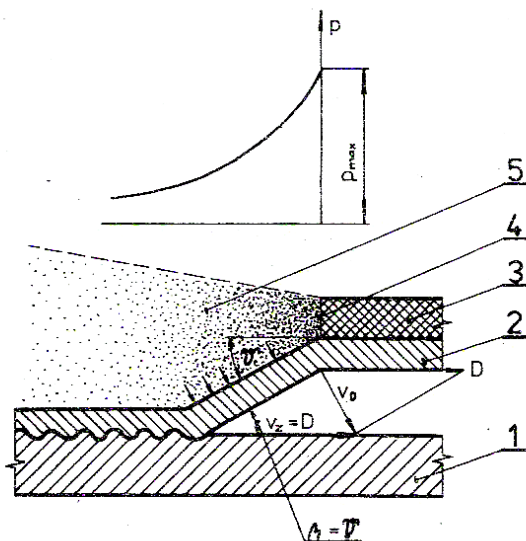


- 1 – vákuová komora
- 2 – zváraný materiál
- 3 – prítlačné čeľuste
- 4 – izolačná podložka
- 5 – induktor
- 6 - termočlánok

Difúzne zváranie sa využíva pre spájanie obtiažne zvariteľných mat. alebo v tých prípadoch kedy nemôžu byť použité bežné metódy tavného zvárania.

12.8 Zváranie výbuchom

Pri tomto druhu zvárania dochádza k nerozoberateľnému spojeniu kovových dielov pôsobením tlaku vzniknutého detonáciou výbušniny vhodne umiestnenej v oblasti spájanej plochy materiálu. Detonačná rýchlosť nesmie prekročiť rýchlosť zvuku v žiadnom z materiálov ktoré spájame. Je preto nutná voľba špeciálnej trhaviny s veľmi nízkou detonačnou rýchlosťou v porovnaní s používanými trhavinami napr. pre tvárnenie. Pre plošné výbuchové zváranie sa používa tzv. paralelné východzie usporiadanie.



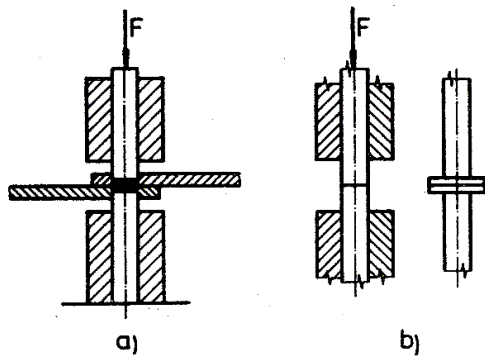
- 1 – základná doska
- 2 – plávajúca doska
- 3 – trhavina
- 4 – čelo detonačnej vlny
- 5 – splodiny detonácie

Výbuchovým zváraním možno pripraviť bodové, švové alebo veľkoplošné zvary vynikajúcich mechanických hodnôt. Je možné vytvoriť pevné spojenie medzi kovmi s výrazne rozdielnou teplotou tavenia (ocel - hliník), alebo medzi kovmi ktoré netvoria tuhé roztoky (ocel - olovo).

12.9 Zváranie tlakom za studena

Je spôsob zvárania plastickou deformáciou bez ohrevu. Aby sa získalo pevné spojenie je treba aby vzájomné stláčanie zvarových plôch spájaných dielov vyvolalo náležitú plastickú deformáciu. Zváranie tlakom umožňuje realizáciu bodového zvárania. Zvára sa deformáciou oboch strán alebo z jednej strany.

Používa sa tiež zváranie švové, kedy sa spoj vykonáva postupným vtlačovaním výstupkov otáčajúcich sa kladiek.



Spôsoby zvárania tlakom za studena:

a – zváranie preplátovaním

b – zváranie stykové

Zváranie tlakom za studena je použiteľné pre spájanie kovov o vysokej plasticite ako je napr. hliník, meď, olovo, striebro a pod. Veľkosť pracovného zvaracieho tlaku závisí na druhu spájaného materiálu, spôsobe zvárania a tvare prípravku. Hodnotovo býva v rozmedzí 300 MPa až 4 GPa.

13 Spájkovanie kovov, delenie materiálov a prášková metalurgia

13.1 Spájkovanie kovov

Spájkovanie je spôsob metalurgického spájania kovových súčiastok roztavenou spájkou, pričom spájané plochy nie sú natavené, ale len zmáčané použitou spájkou.

Spájkované spoje sa používajú tam, kde sa požaduje:

- Tesnosť
- Elektrická vodivosť
- Korozivzdornosť
- Mechanická pevnosť pri statickom alebo dynamickom namáhaní
- Pekný povrchový vzhľad
- Plynulý prechod spoja do základného materiálu

Medzi hlavné prednosti patrí:

- Vysoká produktivita práce
- Možnosť hromadnej výroby spájkovaných spojov
- Vysoká reprodukovateľnosť výsledkov
- Veľká rozmerová presnosť

Fyzikálna podstata spájkovania

Kapilárne spájkovanie – využíva k transportu spájky do miesta spoja kapilárny tlak. Ten núti spájkou, prípadne tavivo vyplniť medzeru všetkými smermi.

Aby k tomu došlo, musia byť splnené tieto fyzikálne predpoklady:

- Základný materiál, spájka a tavivo musia byť zohriate na pracovnú teplotu
- Základný materiál a spájka musia mať dobrú zmáčavosť a vzĺnavosť.

Zmáčavosť – schopnosť tekutej spájky prilnúť k čistému povrchu základného materiálu pri pracovnej teplote

Roztekavosť – schopnosť spájky rozlúpať sa po vodorovnom povrchu základného materiálu

Vzĺnavosť – schopnosť tekutej spájky vyplniť pri pracovnej teplote úzku medzeru spoja pôsobením kapilárnych síl

Podľa teploty tavenia spájky delíme spájkovanie:

- Mäkké spájkovanie (teplota tavenia spájky pod 450°C)
- Tvrde spájkovanie (nad 450°C)

Technológia spájkovania sa dá rozdeliť do týchto úsekov:

- Príprava pre spájkovanie
- Ohrev na prac. teplotu a vytvorenie spájky. spoja
- Ochladzovanie
- Konečná úprava spoja



Prídavné materiály pre spájkovanie:

Mäkké spájky – zliatiny obsahujúce Sn, Pb, Cd a Si. Používajú sa pre spoje s malým mechanickým a tepelným namáhaním.

Tvrde spájky – používajú sa pre spoje vystavené vyššiemu mechanickému a tepelnému namáhaniu. Používajú sa Cu + Zn, Ag, Ni, Pd, Au.

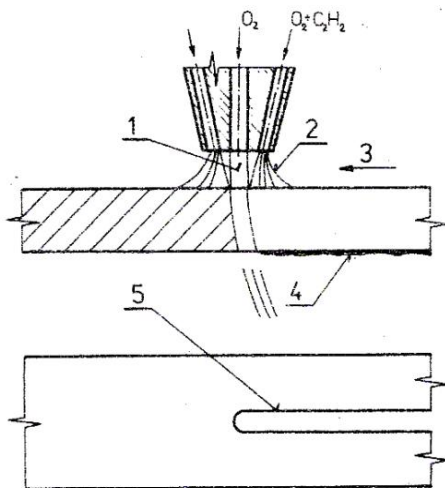
Delenie materiálov

13.2 Rezanie kyslíkom

Je založené na horení kovu v prúde čistého kyslíka. V 1. fáze dochádza vplyvom nahrievacieho plameňa a prúdu rezacieho kyslíka k ohriatiu a k rýchlej oxidácii, a tým ku vzplanutiu kovu. Prúd kyslíka musí mať dostatočnú kinetickú energiu aby bolo zaistené odstraňovanie produktov reakcie z rezu. Táto technológia sa najčastejšie používa pre delenie nízko uhlíkových ocelí.

V reznej oblasti sa nachádzajú 4 zložky:

1. pevný a tekutý materiál (rezný kov)
2. tekutá troska (oxidy kovu)
3. plyny (prúd rezacieho kyslíka)
4. produkty rezacieho kovu a plyny nahrievacieho plameňa).

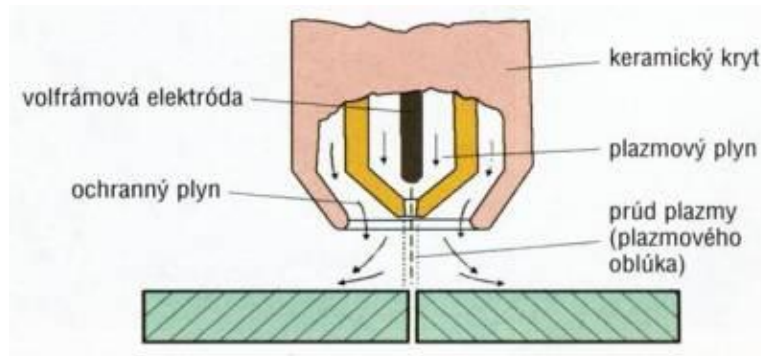


- 1 – prúd rezacieho kyslíka
- 2 – nahrievací plameň
- 3 – smer rezania
- 4 – spálený kov – oxidy
- 5 – rezná škára

13.3 Plazmové rezanie

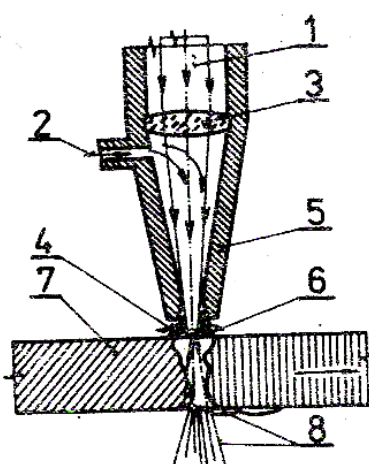
Princíp spočíva v tavení deleného materiálu extrémne vysokou teplotou, ktorá sa tvorí vznikom plazmy pri prechode zmesi vhodných plynov el. oblúkom, horiacim medzi

netaviacou sa elektródou a rezaným materiálom. Uvedený spôsob tepelného delenia je používaný pre ocele kovy a zliatiny, nerezové ocele a zliatiny hliníka. Plazmový plyn sa používa ako zmes argónu, dusíka a vodíka, stlačený vzduch. Pri rezaní je odstraňovaný škodlivý oxid dusík. Pod neodtavujúcou sa elektródou sa ešte bočnými vstupnými otvormi v tryske dodatočne dodáva voda. Splodiny vzniknuté rezaním nitrózne plyny , ozón , výpary kovov, prach. Roztavený kov z reznej škáry vo vode tuhne a vo forme jemného prášku sa usadzuje na dno pracovného stola. Plech a špička rezanej hubice sú umiestnené úplne pod vodou, čo celkom odstráni hluk a nevzniká žiadne žiarenie do okolia.



13.4 Rezanie laserom

Zdrojom energie pre postupné tavenie a odparovanie materiálu v reznej škáre je fokusovaný svetelný papršlek vznikajúci v plynovej komore laseru naplnenej zmesou $\text{CO}_2 + \text{N}_2 + \text{He}$. Rezatelnosť laserom závisí najmä na svetelnej absorpcii materiálu. Nekovové materiál absorbujú zväzok laserového žiarenia pomerne dobre. Materiál so silným odrazom svetelného žiarenia sa laserom rezať nedajú.



- 1 – laserové žiarenie
- 2 – inertný alebo nízko aktívny plyn
- 3 – strediaca optika
- 4 – výstup plynu
- 5 – rezacia tryska
- 6 – ohnisko
- 7 – rezaný materiál
- 8 – vyfukovaná tavenina alebo splynený materiál

Prednosti rezania laserom: vysoká rýchlosť, široký rozsah rezaných materiálov, veľmi malé tepelné ovplyvnenie rezaného materiálu, výborná kvalita rezaných plôch, úspora materiálu, malá hmotnosť laseru, bezhlučnosť prevádzky.

13.5 Rezanie elektrónovým lúčom

Praktické využitie tohto spôsobu je z operatívneho hľadiska obmedzené, pretože proces je podmienený vákuovaním prostredia. Elektrónový lúč umožňuje rezanie extrémne vysokými rýchlosťami, predovšetkým kovových materiálov. Praktické využitie je obmedzené hrúbkou materiálu.

13.6 Rezanie vodným lúčom

Princíp delenia materiálov vodným lúčom je založený na intenzívnom hydroerozívnom účinku úzkeho vodného prúdu s veľkou rýchlosťou prúdenia vodného média, ktoré je stlačené na výstupe z rezacej dýzy na tlak niekoľko tisíc barov. Na zlepšenie účinku rezania, najmä pri rezaní kovových materiálov, sa do vodného média pridáva v práškovej forme abrazívum (korund a pod.).

Výhody: minimálna šírka medzery, vysoká kvalita rezu, rezaný materiál nie je tepelne ovplyvnený, vysoká univerzálnosť metódy.

Nevýhody: vysoká cena zariadenia, nízka rýchlosť rezania, vysoké prevádzkové náklady.

Príklady použitia

- vodným lúčom možno rezať prakticky všetky druhy materiálov
- touto technológiou sa režu všetky druhy železných aj neželezných kovov, keramické hmoty, sklo, mramor - pri rezaní týchto materiálov sa používa médium s abrazívom
- vodným lúčom bez prídavku abrazíva vo vodnom médiu je možné rezať plastické hmoty, papier, gumu, vrstvené materiály, lamináty, drevo, kožu, potraviny (mäso, ryby, čokoláda).

13.7 Prášková metalurgia

Práškové kovy predstavujú dôležitú surovinu v priemyselnom odvetví. Práškové železo sa vo veľkom množstve používa do obalov zvaracích elektród, pri rezaní plameňom a ako katalyzátor.

Veľmi široká aplikačná oblasť je u práškov neželezných kovov: pre výrobu kovových filtrov, pigmenty a plnidlá do farieb.

Výhody technológie: Vysoký stupeň využitia mat., vysoká rozmerová presnosť, vysoká výročnosť procesu, možnosť výroby súčiastok z mat. navzájom v tekutom stave nerozpustných ako z mat. s vysokými teplotami tavenia: volfrám, molybdén, titán, vanád, možnosť vyrábať súčiastky z odlišných mat.

Nevýhody: pomerne vysoké náklady na kovový prášok a lisovacie stroje.

Technológia výroby:

1. Výroba práškového kovu
2. úprava práškov (žíhanie, odstraňovanie oxidačných povlakov)
3. príprava zmesi na lisovanie
4. dávkovanie práškov
5. lisovanie za studena
6. spekanie
7. dokončovacie operácie

Spekanie - prebieha v priebežných peciach v ochrannej atmosfére pri predpísaných teplotách. Pri spekaní dochádza k pevnému kovovému spojeniu jednotlivých práškových častíc. Výsledkom je pevná súdržná súčiastka. Spekanie je dej veľmi zložitý. Na začiatku spekania dôjde k zmene absorbovaných vodných pár, plynov z povrchu zŕn, dochádza k redukcii oxidov, k rôznym formám difúzie, migrácie atómov, k zmrašteniu alebo rastu objemu výlisku atď. Teplota spekania je rozmedzí 0,65 – 0,75 teploty tavenia. Pri náročnejších požiadavkách na rozmerovú presnosť sa súčiastky po spekaní rozmerovo kalibrujú v kalibračných formách, ktoré majú podobnú konštrukciu ako pri lisovaní. Výlisky po spekaní napúšťajú konzervačným olejom pokiaľ sa na súčiastky nekladú špeciálne požiadavky.

Tvar častíc práškového kovu: guľičkový tvar, členitý tvar, šupinkový, hubovitý. K lisovaniu práškových kovov používame lisy mechanické a hydraulické.

14 Povrchové úpravy kovov

Technológie povrchových úprav možno rozdeliť:

1. **Nekovové povlaky anorganické** (chromátovanie, fosfátovanie, oxidácia a farbenie povrchov kovov, smaltovanie)
2. **Kovové povlaky** (bezprúdové pokovovanie, elektrolytické pokovovanie, pokovovanie ponorom do roztavených kovov, difúzne pokovovanie, vákuové pokovovanie, striekanie kovov, pokovovanie plastických hmôt, chemické a sorbčné pokovovanie)
3. **Nátery** (povlaky organické)
4. **Povlaky z plastických hmôt**

14.1 Príprava povrchov

Podľa spôsobu rozdeľujeme prípravu povrchu na:

- **Mechanickú** - účelom je zmenšenie vlnitosti a drsnosti. Pre čistenie a zdrsňovanie sa niekedy používa otryskávanie
- **Elektrolytickú a chemické leštenie** – využívajú sa základné zákony elektrolýzy. V dôsledku anodickej polarizácie vzniká viskózna vrstva. Pri chem. leštení pôsobia niektoré kyseliny na kovový povrch ako pri el. leštení ale bez prúdu.
- **Odmasťovanie** - aby sme mohli masťotu odstrániť musíme ju buď rozpustiť alebo priviesť do stavu ktorom sa dá z povrchu spláchnuť.
- **Morenie** – povrch sa zbavuje oxidov, sulfidov, karbonátov a iných nečistôt.

14.2 Nekovové povlaky anorganické

Vrstvy sú tvorené chemickou zlúčeninou vzniknutou na povrchu kovu jeho reakciou s príslušným činidlom.

Fosfátovanie - chem. proces, pri ktorom na kovovom povrchu sa vylučuje kryštalická. vrstva nerozpustných fosforečnanov zinku železa alebo mangánu,

Chromátovanie - chem. úprava povrchu, vznikajú ochranné vrstvy, ktoré zvyšujú odolnosť kovov proti korózii. Oxidácia povrchu - oxid. hliníka získava sa hrubšia vrstva oxidov, vyššia odolnosť proti korózii, menej významná: malá mech. odolnosť.

Oxidácia ocele – oxid. sa vykonáva vzduchom v peci pri teplote 240 – 250 °C,

Farbenie kovov - vznikajú tenké vrstvy oxidov, dekoratívny účinok.

Smaltovanie – vytváranie anorganických sklovitých povlakov, smalty mokré a smalty suché, práškové.

Keramické povlaky - nanášané na kovový povrch striekaním plazmou a vypaľované v peci.

14.3 Kovové povlaky

1. Bezprúdové pokovovanie - je vylučovanie kovového povlaku bez pôsobenia vonkajšieho prívodu elektrického prúdu. Je to elektrochemický proces, pri ktorom sa využíva prúd tvoriaci sa priamo v kúpeli vplyvom rozdielneho potenciálu upravovaného kovu a roztoku soli kovu vylučovaného.

Medzi bezprúdové pokovovanie zaraďujeme:

- **Chemické niklovanie** – pre úpravu predmetov zložitých tvarov, na ochranu voči chemikáliám, na ochranu súčiastok namáhaných na oter
- **Chemické medenie a mosadenie** – na povrchovú úpravu drobných spojovacích súčiastok a oceľových drôtov
- **Chemické cínovanie a zinkovanie** – na úpravu hliníkových piestov spaľovacích motorov a pre úpravu drobných výrobkov v elektrotechnike
- **Chemické zlatenie a striebrenie** – pri výrobe bižutérie, v elektronike pre ochranu kontaktov

2. Elektrolytické pokovovanie - je elektrolýza, pri ktorej jednosmerným prúdom určitého napätie a intenzity sa vylučuje z elektrolytu na katóde z iónového stavu kov alebo vodík a na anóde prebiehajú reakcie.

Medzi elektrolytické pokovovanie patrí:

- **Galvanické cínovanie** – dobré chem. vlastnosti odolnosť proti korózii,
- **Galvanické zinkovanie** - na ochranu oceľových súčiastok proti korózii,
- **Galvanické kadmiovanie** - ochrana oceľí proti korózii v elektrotechnickom a strojárskom priemysle
- **Galvanické medenie** - medzivrstvy pod niklové, chrómové, strieborné, mosadzné ochranné povlaky,
- **Galvanické mosadenie** - konečné pokovovanie chránenie transparentným lakom,
- **Galvanické niklovanie** - antikoročné ozdobné povlaky na oceľových, medených, mosadzných a zinkových súčiastok,
- **Galvanické chrómovanie** - vynikajúce vlastnosti povlakov, odolnosť proti korózii malý koeficient trenia a veľká odrazivosť svetla.

3. Pokovovanie v roztavených kovoch ponorom – nazýva sa aj žiarové pokovovanie a v porovnaní s galvanickým pokovovaním je rýchlejšie a ekonomickejšie. Povlaky vytvorené na povrchu kovu majú väčšiu hrúbku, sú nepórovité, majú však horší vzhľad.

Medzi žiarové pokovovanie patrí:

- **Žiarové zinkovanie** – zinkovanie je najrozšírenejší spôsob povrchovej ochrany ocele. Používa sa najmä u plechov, pásov, rúr drôtov, drobných inštalčných predmetov, skrutiek, matic atď.

- **Žiarové cínovanie** – pre nedostatok cínu je táto technológia nahradzovaná galvanickým pocíňovaním.
- **Žiarové oľovanie** – na ochranu voči špeciálne agresívnemu prostrediu, proti atmosférickej korózii
- **Žiarové hliníkovanie** – vďaka mimoriadne dobrým koróziivzdorným vlastnostiam hliníka je táto technológia veľmi významná

4. Difúzne pokovovanie - spoločným znakom povrchových úprav vytváraných za tepla je difúzny proces medzi povlakom a materiálom.

Medzi difúzne pokovovanie patrí:

- **Difúzne chrómovanie** - je proces povrchového nasycovania ocelí chrómom, vzniká vrstva hrúbky 0,03 až 0,1mm je odolná proti korózii a oxidácii.
- **Difúzne zinkovanie** - sa vytvára priamym stykom oceľových súčiastok so zinkovým prachom zriedeným kremenným pieskom,
- **Difúzne hliníkovanie** - je proces nasycovania ocelí hliníkom ktorým sa zvyšuje žiaruvzdornosť ocelí a korózna odolnosť. Podľa spôsobu sú difúzne vrstvy vytvorené: alitovaním, alumentovaním,
- **Difúzne kremíkovanie** - získa sa ním povlak ktorý je odolný proti koróziám a kyselinami.

14.4 Nátery

Sú najrozšírenejšou povrchovou ochranou proti korózii. Ochranná funkcia je zložitá a súvisí ich membránovými vlastnosťami, so selektívnou priepustnosťou iónov rôznych veľkostí nábojov.

Ochranná činnosť je ovplyvnená:

- akosťou a čistotou základného materiálu,
- antikoróznymi vlastnosťami základných náterov,
- priepustnosťou filmu pre ióny, kyslík a vodu, adhéziou náteru,
- odolnosťou vrchných náterov voči atmosférickým činiteľom.

Náterové hmoty

a) laky - nepigmentované t.j. priehľadné roztoky filmtvorných lúhov vo vhodných rozpúšťadlách

b) emaily - sú pigmentované laky, tvoria lesklé pololesklé a matné povlaky

c) farby - sú tvorené zmesou pigmentov alebo práškov vo filmtvorných látkach a sú obyčajne nepriehľadné

Technológie nanášania náterových hmôt

Nanášanie štetcom - je jednoduchá univerzálna technológia. Nanášanie valčekom - pri nanášaní veľkých hladkých plôch.

Nanášanie striekaním - princíp je vo vytvorení makroskopických častí kvapôčok, ktoré sú vrhané na povrch.

Nanášanie máčaním - výrobky sa ponárajú do nádrže s náterovou hmotou.

Nanášanie polievaním - predmet je polievaný náterovou hmotou, ktorej prebytok steká.

14.5 Pvlaky z plastických hmôt

Plastické hmoty sa používajú väčšinou v kombinácii s kovovými výrobkami, ktoré potom nadobúdajú výhodné vlastnosti kovov aj plastických hmôt.

Podľa charakteru povlaku môžu byť výrobky opatrené:

a) trvalým povlakom – z priesvitnej alebo nepriesvitnej plastickej hmoty, ktorá môže mať rôzne vzory, dezény, farby.

b) snímacím povlakom – o veľmi malej hrúbke, jeho funkciou je dočasná ochrana povrchu pred mechanickým poškodením, účinkami prostredia, nečistotami. Na koniec sa povlak z povrchu odstraňuje.

Technológie nanášania plastických hmôt

Naprašovaním – upravený povrch sa vyhreje a popráši pomocou sít práškovou plastickou hmotou, ktorá sa vplyvom tepla nataví a vytvorí homogénny povlak.

Fluidizáciou – prebieha za studena – na predmet sa pred ponorením do prášku nanesie adhezívna vrstvička a speká sa v ďalšej operácii, bez predhriatia, alebo za tepla – predhriaty výrobok sa ponorí do fluidizovaného prášku, častíčky prilnú na povrch a zatavia sa.

Striekaním v elektrostatickom poli – spočíva vo využití účinkov elektrostatického poľa pri rozprašovaní práškov. Nanášanie sa robí za studena aj za tepla.

Žiarovým striekaním – spôsob podobný žiarovému striekaniu kovov, avšak striekacie pištole sú konštruované tak, že nedovoľujú styk plameňa a striekacích častíc.

15 Viackomponentné difúzne vrstvy

15.1 Iónová nitridácia

Je podmienená prítomnosťou atomárneho dusíku na povrchu kovu. Atomárny dusík je schopný cez povrchovú absorbnú vrstvičku nitridov prenikáť pri zvýšenej teplote do mriežky základného kovu a difundovať ďalej do ocele. Pri iónovej nitridácii sú spracované súčiastky uložené izolovane vo vákuovej nádobe (recipiente) a zapojené ako katóda. Recipient je zapojený ako anóda a udržuje sa v ňom znížený tlak zriedenej zmesi plynov potrebných pre proces nitridácie. Najčastejšie je to zmes dusíku a vodíku.

Deje prebiehajúce na povrchu súčiastky: kladné ióny neustále bombardujú povrch súčiastky. Pri dopade sa časť ich kinetickej energie premení v teplo a súčiastka sa ohrieva. Okrem ohrievania vyrážajú dopadajúce ióny z povrchu ocele atómy železa a ďalších prvkov.

Tento jav nazývaný katódové odprašovanie je najzávažnejším dejom procesu iónovej nitridácie. Odprašovanie oxidov má za následok dokonalú depasiváciu povrchu ocele a tým aj zlepšenie podmienok nitridácie, zvlášť u vysoko legovaných ocelí.

U iónovej nitridácie, ktorá prebieha v silnoprúdovom dútnavom výboji, sa dusík ako nitridačné médium vyskytuje v plynnej fáze ionizovaných atómov – vo forme plazmy.

15.2 Nanášanie povlakov chemickými a fyzikálnymi metódami

Vytváranie tenkých vrstiev predpísaných vlastností môžeme rozdeliť do troch skupín:

- **chemické metódy** - označované ako CVD (Chemical Vapor Deposition). Technológia CVD patrí medzi najstaršie metódy vytvárania tenkých vrstiev a je založená na princípe chemickej syntézy vrstiev z plynnej fázy pri teplote okolo 1 000 °C. Používa sa prevažne na povlakovanie rezných platničiek zo spekaného karbidu.
- **fyzikálne metódy** - označované ako PVD (Physical Vapor Deposition). Technológia PVD umožňuje výrobu kvalitných vrstiev pri teplote cca 5 00 °C a menej. Umožňuje vytváranie vrstiev aj na súčiastkach z hliníka, hliníkových zliatin a plastov, ale aj na veľmi tenkých fóliách z polypropylénu, polyethylénu, polyesteru a ďalších materiáloch. PVD metódy na vytváranie tenkých Ti vrstiev možno ďalej členiť na:
 - reaktívne iónové plátovanie
 - reaktívne naprašovanie
 - reaktívne naparovanie
- **fyzikálno-chemické metódy** - označované ako PACVD (Plasma Asisted CVD) alebo PECVD (Plasma Enhanced CVD). Depozícia tenkých tvrdých vrstiev metódou PACVD využíva aktiváciu pracovnej zmesi vo výboji obklopujúcom povrch substrátu. V plazme tohto výboja dochádza k molekulárnej excitácii jednotlivých zložiek pracovnej zmesi, ktorá indukuje syntézu vrstiev novým nerovnovážnym procesom bez nutnosti ohreву substrátu nad 650 °C.

15.3 Legovanie

Legovanie je zvyšovanie obsahu prímiesových prvkov v oceli, za účelom zlepšenia mechanických vlastností, alebo pre získanie špeciálnych fyzikálnych a chemických vlastností. Prvky, ktorých obsah zvyšujeme sa nazývajú **legúry**.

Legované ocele môžeme rozdeliť podľa percentuálneho obsahu legúr do 3 základných skupín:

- nízkolegované (do 5%)
- strednelegované (5-10%)
- vysokolegované (nad 10%)

Legúry delíme podľa ich vplyvu na oblasť:

Austenitotvorné - rozširujú oblasť γ (nikel, mangán, kobalt, dusík, uhlík ...)

Feritotvorné - uzatvárajú oblasť γ (molybdén, vanád, chróm, bór, tantal, síra...)

Chróm - najčastejšie používanou legúrou. Zlepšuje pevnosť za tepla a zvyšuje odolnosť voči tvorbe okovín, hlavne pri vyšších obsahoch.

Mangán - u konštrukčných ocelí zvyšuje medzu sklzu a pevnosť v ťahu, a tiež znižuje prekryštalizačné teploty a zväčšuje prekaliteľnosť. Mangán vplýva aj na tepelnú a elektrickú vodivosť- znižuje ich.

Molybdén - zvyšuje prekaliteľnosť, medzu sklzu a pevnosť ocele. Robí oceľ odolnejšou za vysokých teplôt, uľahčuje tvorbu jemnozrnej štruktúry. U rýchlorezných ocelí zvyšuje rezivosť. Pozitívne ovplyvňuje odolnosť ocele voči korózii a chemickým vplyvom.

Hliník - znižuje náchylnosť ocele k stárnutiu. Zvyšuje odolnosť ocele voči tvorbe okovín. V malých dávkach podporuje jemnozrnosť.

Bór - zlepšuje prekaliteľnosť a vrubovú húževnatosť ocelí určených k zušľacht'ovaniu a cementovaniu. Zvyšuje pevnosť pri vyšších teplotách, ale nevýhodou je znižovanie odolnosti voči korózii.

Vanád - zjemňuje štruktúru a zlepšuje húževnatosť, zvyšuje odolnosť proti opotrebeniu, rezivosť ocele a pevnosť za tepla.

Nikel - zjemňuje zrno, tým značne zvyšuje medzu sklzu a vrubovú húževnatosť i v pásme nižších teplôt. Zvyšuje odolnosť voči chemikáliám s redukčným účinkom.

Kremík - zlepšuje magnetické vlastnosti ocele, odolnosť voči tvorbe okovín, odolnosť voči opotrebeniu a zvyšuje pevnosť.

Nežiadúce prvky – vodík, dusík, kyslík, fosfor, arzén

15.4 Tepelné spracovanie povrchových vrstiev laserom

Z praktického hľadiska je možné povrchové úpravy kovových materiálov pomocou lasera rozdeliť do dvoch skupín:

a) bez natavenia povrchu materiálu - sem patria tie povrchové úpravy, pri ktorých dochádza k metalurgickej fázovej premene. Hlavnými predstaviteľmi tejto skupiny sú transformačné spevnenie v tuhom stave a žihanie zliatin neželezných kovov.

b) tepelné spracovanie povrchu materiálov s natavením - u tejto technológie býva povrchová vrstva dolegovaná inými materiálmi pre dosiahnutie požadovaných povrchových vlastností spracovávaného materiálu.

Transformačné spevnenie v tuhom stave - je to vlastne proces, pri ktorom lokalizovaným zdrojom tepla (laserom) sa zvýši teplota vybranej oblasti povrchu spracovávaného materiálu nad transformačnú teplotu, ale pod bod tavenia materiálu. Vzniknuté teplo je veľmi rýchlo odvádzané do okolitého materiálu, čo spôsobí vytvorenie tvrdej metastabilnej transformačnej štruktúry v povrchovej vrstve materiálu.

Pri klasickej objemovej kalení je rýchlosť ohrevu povrchu materiálu v porovnaní s rýchlosťou odvodu tepla veľmi malá, čo spôsobí, že sa v materiáli zvýši teplota v celom objeme a po následnom rýchlom ochladení vznikajú vo vnútri materiálu pnutia, ktoré je nutné odstrániť ďalším tepelným spracovaním materiálu. Práve preto má realizácia transformačného spevnenia povrchovej vrstvy laserom svoje výhody, pretože sa uskutoční iba spevnenie povrchu materiálu a pritom vnútro materiálu zostáva pružné, odolné voči rázom.

Najznámejšie spôsoby tepelného spracovania povrchu s natavením sú:

- jednoduché natavenie povrchu kovu s jeho následným prudkým ochladením („glazing“),
- povlakovanie substrátu vrstvou iného kovu (zliatiny), pri ktorom sa substrát nataví do takej miery, aby mohlo dôjsť k difúzii medzi povlakovým materiálom a substrátom („cladding“),
- legovanie povrchu substrátu iným kovom („alloying“).

Ako zvláštnu formu tepelného spracovania povrchu kovu s natavením je možné považovať spevňovanie rázom („shock hardening“), u ktorého dochádza k spevňovaniu povrchu rázovými vlnami, vznikajúcimi pri prudkom odparení vrstvy cudzieho materiálu predom naneseného na povrch spracovávaného materiálu.

15.5 Protikorózna ochrana

Korózia je fyzikálno-chemická reakcia medzi kovom a prostredím. Jej výsledkom je trvalá zmena kovu, ktorý tým výrazne mení svoje chemické, fyzikálne i mechanické vlastnosti. Korózia je jedným z dôležitých faktorov ovplyvňujúcich negatívne životnosť kovových súčiastok.

Základnou podmienkou pre vznik a priebeh korózie v prírodných podmienkach je vlhkosť. Korózia väčšiny kovov prebieha samovoľne. Podľa podmienok v akých sa oxidačno-redukčný dej uskutočňuje, vo vodivom alebo nevodivom prostredí, rozoznávame koróziu:

- **Chemickú** - v nevodivom prostredí, napr. oxidácia kovov pri vysokej teplote,
- **Elektrochemickú** - v elektricky vodivom prostredí (elektrolyty, voda, pôda, atmosféra).

Medzi hlavné úlohy protikoróznej ochrany patrí minimalizácia korózneho rýchlosti. Poznáme viacero druhov spôsobu ochrany. Patria sem:

- **vhodná voľba materiálov a konštrukcie** - výber materiálov vhodných do daných prevádzkových a korózných podmienok, spolupráca projektanta s technológom a materiálovým odborníkom
- **úprava prostredia** - uskutočniteľná v systémoch s možnou kontrolou agresivity prostredia. Zníženie agresivity je možné napr. znížením vlhkosti vzduchu, viazaním agresívnych iónov, inhibíciou - pridávaním látok spomaľujúcich deje korózneho procesu
- **elektrochemická ochrana** - podstata spočíva v tom, že sa kovu vnúti potenciál, pri ktorom sa zníži korózna rýchlosť, t.j. kov sa dostáva do imúnneho alebo pasívneho stavu. Zmena potenciálu k zápornejším hodnotám posúva kov do stavu imunitnej pozície katódy, preto je nazývame katódová ochrana, naopak anódová ochrana sa aplikuje len u kovov, ktoré sú schopné za určitých podmienok prejsť do pasívneho stavu
- **bariérová ochrana** - vytvorením povlaku alebo vrstvy na povrchu kovu sa ochráni kov pred koróznym prostredím tým, že výrazne obmedzí penetráciu agresívnych iónov k povrchu kovu. Ochranné povlaky a vrstvy môžu byť anorganické (kovové, nekovové - keramika, betóny) a organické (nátery, vrstvy a plášte z plastov). Dôležitá je tu predúprava povrchu kovu, ktorá môže byť mechanická (brúsenie, kefovanie, otryskávanie, čistenie vysokotlakovou vodou) alebo chemická (rozpušťadlá, odmasťovače, roztoky).

Do oblasti **pasívnej ochrany** patria nielen izolačné materiály, ale vhodná voľba trasy, spôsob vedenia potrubia, výber rúrového materiálu a pod. Má za úlohu oddeliť agresívny roztok elektrolytu od povrchu potrubia. Pri výbere izolačného materiálu treba rešpektovať aj teplotu dopravovaného materiálu.

Z **aktívnych ochrán** je pri ochrane potrubí uložených v zemi využívaná katódová ochrana s vonkajším zdrojom prúdu, katódová ochrana galvanickými-obetovanými anódami, prípadne ochranou elektrickými drenážami (v oblasti s blúdivými prúdmi), ich kombinácie.

Dočasná ochrana proti korózii – vrstva oleja, náteru alebo vazelíny, ktorá sa používa najmä pre čapy, reťaze, ložiská, laná a pod. Má okrem antikorózných vlastností zabezpečiť aj dobré mazacie schopnosti.

Obsah

| | | |
|----------|--|----|
| 1 | Základné princípy technológií obrábania | 2 |
| 1.1 | Kinematika procesov | 2 |
| 1.2 | Geometria rezného klina..... | 3 |
| 1.3 | Mechanika tvorenia triesky | 3 |
| 1.4 | Presnosť obrábania | 4 |
| 1.5 | Tepelné javy pri obrábaní | 5 |
| 1.6 | Sústruženie..... | 5 |
| 2 | Hrubovanie rovinných plôch | 9 |
| 2.1 | Hobľovanie a obrážanie..... | 9 |
| 2.2 | Frézovanie | 10 |
| 3 | Obrábanie otvorov | 12 |
| 3.1 | Vŕtanie | 12 |
| 3.2 | Vyhrubovanie | 14 |
| 3.3 | Vystružovanie..... | 14 |
| 3.4 | Zahlbovanie | 14 |
| 3.5 | Vyvŕtavanie | 14 |
| 4 | Brúsne obrábacie pochody | 16 |
| 4.1 | Brúsenie | 16 |
| 5 | Dokočovacie spôsoby obrábania | 20 |
| 5.1 | Honovanie..... | 20 |
| 5.2 | Lapovanie | 21 |
| 5.3 | Superfinišovanie | 22 |
| 5.4 | Leštenie..... | 22 |
| 5.5 | Pretáhovanie a pretláčanie | 23 |
| 6 | Špeciálne a nekonvenčné technológie obrábania | 24 |
| 6.1 | Výroba závitov | 24 |
| 6.2 | Výroba ozubených kolies | 25 |
| 6.3 | Elektrochemické obrábanie | 26 |
| 7 | Rozmerová a geometrická nepresnosť strojových častí | 28 |
| 7.1 | Odchýlky menovitého rozmeru | 28 |
| 7.2 | Drsnosť povrchov | 29 |
| 7.3 | Dĺžkové a súradnicové merania..... | 31 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 8 | Technológie liatia kovov a zliatin | 33 |
| 8.1 | Liatie pod tlakom..... | 35 |
| 8.2 | Liatie – lisovanie | 35 |
| 8.3 | Liatie odstredivé | 36 |
| 8.4 | Liatie vo vákuu a v pretlakovej atmosfére..... | 36 |
| 8.5 | Sklopné liatie | 36 |
| 8.6 | Liatie presné | 36 |
| 8.7 | Kontinuálne (nepretržité liatie)..... | 37 |
| 9 | Technológie tvárnenia kovov | 38 |
| 9.1 | Fyzikálna podstata plastickej deformácie..... | 38 |
| 9.2 | Spevňovanie kovov plasticou deformáciou | 39 |
| 9.3 | Tvárenie za studena | 40 |
| 9.4 | Tvárenie za tepla..... | 40 |
| 9.5 | Technológie tvárnenia | 41 |
| 10 | Zváranie kovov | 48 |
| 10.1 | Zváranie plameňom | 50 |
| 10.2 | Zváranie elektrickým oblúkom | 51 |
| 10.3 | Odporové zváranie | 52 |
| 10.4 | Vysokofrekvenčné odporové zváranie..... | 53 |
| 10.5 | Indukčné zváranie | 53 |
| 10.6 | Zdroje zvaracieho prúdu | 54 |
| 10.7 | Zvariteľnosť kovov | 54 |
| 11 | Zváranie el. oblúkom v ochranných atmosférach | 55 |
| 11.1 | Zváranie v ochrannej atmosfére netaviacou sa elektródou WIG..... | 55 |
| 11.2 | Zváranie taviacou sa elektródou MAG-MIG | 56 |
| 11.3 | Zváranie impulzným prúdom..... | 57 |
| 11.4 | Elektroplynové zváranie | 57 |
| 11.5 | Automatické zváranie pod tavivom | 58 |
| 11.6 | Elektrotroskové zváranie..... | 58 |
| 11.7 | Vibračné zváranie | 59 |
| 11.8 | Aluminotermické zváranie..... | 59 |
| 12 | Špeciálne spôsoby zvarovania | 61 |
| 12.1 | Plazmové zváranie | 61 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 12.2 | Zváranie elektrónovým lúčom | 62 |
| 12.3 | Zváranie laserom..... | 62 |
| 12.4 | Zváranie elektrickým oblúkom v magnetickom poli | 63 |
| 12.5 | Zváranie trením | 64 |
| 12.6 | Zváranie ultrazvukom | 65 |
| 12.7 | Difúzne zváranie | 65 |
| 12.8 | Zváranie výbuchom | 66 |
| 12.9 | Zváranie tlakom za studena..... | 67 |
| 13 | Spájkovanie kovov, delenie materiálov a prášková metalurgia..... | 68 |
| 13.1 | Spájkovanie kovov | 68 |
| 13.2 | Rezanie kyslíkom..... | 69 |
| 13.3 | Plazmové rezanie | 69 |
| 13.4 | Rezanie laserom | 70 |
| 13.5 | Rezanie elektrónovým lúčom..... | 71 |
| 13.6 | Rezanie vodným lúčom..... | 71 |
| 13.7 | Prášková metalurgia | 71 |
| 14 | Povrchové úpravy kovov | 73 |
| 14.1 | Príprava povrchov | 73 |
| 14.2 | Nekovové povlaky anorganické..... | 73 |
| 14.3 | Kovové povlaky | 74 |
| 14.4 | Nátery..... | 75 |
| 14.5 | Povlaky z plastických hmôt | 76 |
| 15 | Viackomponentné difúzne vrstvy | 77 |
| 15.1 | Iónová nitridácia | 77 |
| 15.2 | Nanášanie povlakov chemickými a fyzikálnymi metódami | 77 |
| 15.3 | Legovanie..... | 78 |
| 15.4 | Tepelné spracovanie povrchových vrstiev laserom | 79 |
| 15.5 | Protikorózna ochrana | 80 |