**Poznámky k predmetu Technológia zlievarenstva**

**1. Úvod do zlievarenstva**

Technológia zlievarenstva je jednou z výrobných technológií, ktorá umožňuje vytvoriť výrobok z kovového materiálu požadovaného tvaru. Jej hlavnou doménou je sériová výroba, ale má uplatnenie aj v kusovej výrobe veľkých odliatkov. Základom výroby je naliatie roztaveného kovu do dutiny formy, kde stuhne a vytvorí odliatok .

**2. Terminológia**

* **Odliatok**: Výrobok vytvorený technológiou zlievarenstva priamo z roztaveného kovu.
* **Zlievareň**: Továreň na výrobu odliatkov.
* **Zlievarenstvo**: Vedný odbor alebo prax odlievania kovov.
* **Forma**: Žiaruvzdorná nádoba s dutinou v tvare budúceho odliatku. Delíme ich na jednorazové (pieskové) a trvalé .

**3. Proces výroby odliatkov**

Výroba odliatkov zahŕňa:

* Tavenie kovov
* Nalievacie techniky
* Chladenie a tuhnutie kovov v formách
* Dokončovacie operácie .

**4. Rozdelenie zlievarní**

Zlievarne môžeme rozdeliť podľa:

* **Materiálu**: Zlievarne ocele, liatiny, neželezných kovov.
* **Typu formy**: Jednorazové, presné keramické, gravitačné do kokíl, tlakové, odstredivé, kontinuálne.
* **Veľkosti odliatkov**: Malé (do 80 kg), stredne veľké (80–1000 kg), veľké (nad 1 t).
* **Sériovosti výroby**: Kusová, sériová, hromadná.
* **Stupňa mechanizácie**: Ručné formovanie, strojové formovanie, automatizované linky .

**5. Technická príprava výroby**

Táto fáza zahŕňa:

* **Návrh výrobného procesu**: Zahŕňa návrh foriem, vtokových a náliatkových sústav.
* **Materiálové plánovanie**: Výber správneho materiálu na výrobu formy a odliatku.
* **Výrobná dokumentácia**: Vytvorenie technických výkresov a postupov .

**6. Vtoková a náliatková sústava**

Tieto sústavy slúžia na správne nasmerovanie roztaveného kovu do formy a zabezpečenie jeho rovnomerného tuhnutia:

* **Vtoková sústava**: Kanály vedúce roztavený kov do formy.
* **Náliatková sústava**: Slúži na zabezpečenie dodatočného materiálu počas tuhnutia, aby sa zabránilo vzniku dutín v odliatku .

**7. Formovacie zmesi**

Formovacie zmesi sú materiály používané na výrobu foriem. Delíme ich na:

* **Ostrivá**: Základná zložka formovacej zmesi (napr. piesok).
* **Spojivá**: Materiály, ktoré spájajú ostrivá (napr. íly, živice).
* **Prísady**: Pomocné látky na zlepšenie vlastností formovacej zmesi (napr. uhlíkové prísady) .

**8. Výroba foriem a jadier**

Metódy výroby foriem zahŕňajú:

* **Ručné formovanie**: Tradičné metódy ručného tvarovania formy.
* **Strojové formovanie**: Používanie strojov na zhutňovanie formovacej zmesi.
* **Formovanie druhej a tretej generácie**: Moderné metódy zahrňujúce pokročilé technológie a automatizáciu .

**9. Materiály na výrobu odliatkov**

* **Zliatiny železa**: Oceľ, liatina.
* **Neželezné kovy**: Hliník, meď, zliatiny na báze zinku a horčíka.
* **Vlastnosti zliatin**: Závisia od ich chemického zloženia a procesu tuhnutia .

**10. Príprava taveniny**

Kvalitná tavenina je základom pre kvalitný odliatok:

* **Taviace pece**: Elektrické oblúkové pece, indukčné pece.
* **Úprava taveniny**: Odplynenie, dezoxidácia, úprava chemického zloženia.
* **Kontrola kvality**: Analýza chemického zloženia a mechanických vlastností taveniny .

**11. Odlievanie odliatkov**

* **Gravitačné odlievanie**: Jednoduché metódy nalievania kovu do formy.
* **Tlakové odlievanie**: Roztavený kov je vstreknutý do formy pod vysokým tlakom.
* **Kontinuálne odlievanie**: Výroba dlhých profilov alebo pásov nepretržitým odlievaním .

**12. Dokončovacie operácie**

* **Čistenie odliatkov**: Odstraňovanie formovacieho materiálu a zvyškov náliatkov.
* **Strojové opracovanie**: Obrábanie na konečný rozmer a tvar.
* **Kontrola kvality**: Nezničujúce skúšky, vizuálna kontrola, meranie rozmerov .

**1. Základy zlievarenstva**

**1.1 Terminológia**

* **Odliatok**: Výrobok vytvorený technológiou zlievarenstva priamo z roztaveného kovu v jedinom výrobnom kroku. Tento proces vyžaduje dutinu v žiaruvzdornej forme požadovaného tvaru a roztavený kov, ktorý sa do tejto dutiny naleje. Technológia odlievania sa najčastejšie používa na výrobu zložitých tvarov, ktoré by bolo ťažké alebo neekonomické vyrábať inými metódami.
* **Zlievareň**: Továreň na výrobu odliatkov.
* **Zlievarenstvo**: Vedný odbor alebo prax odlievania kovov.
* **Forma**: Žiaruvzdorná nádoba s dutinou v tvare budúceho odliatku. Existujú dva druhy foriem:
  + **Jednorazové formy**: Nepoužiteľné opakovane. Forma, v ktorej kov stuhne, musí byť zničená, aby bolo možné odliatok vybrať. Tieto formy sa vyrábajú pre každý odliatok znova.
  + **Trvalé formy**: Viacnásobne použiteľné formy, vyrobené z kovu alebo žiaruvzdornej keramiky. Tieto formy sa môžu otvárať a zatvárať, čo umožňuje vybratie odliatku. Používajú sa na hromadnú výrobu odliatkov.

**1.2 Formovacie zmesi a formovanie**

* **Formovacia zmes**: Materiál, z ktorého sa vyrábajú jednorazové formy. Zmes sa skladá z:
  + **Ostriva**: Zrnitý žiaruvzdorný materiál, často nazývaný piesok.
  + **Spojiva**: Materiál, ktorý navzájom spája zrná ostriva, aby udržali tvar a kompaktnosť formy. Najčastejšie sa používa íl s prídavkom vody.
  + **Prísad**: Látky na zlepšenie technologických vlastností zmesi alebo na obmedzenie špecifických chýb odliatkov.
* **Formovanie**: Proces výroby jednorazových foriem z formovacej zmesi. Spôsoby zhusťovania formovacej zmesi zahŕňajú ručné formovanie a strojové formovanie.

**1.3 Modely a jadrovníky**

* **Model odliatku**: Replika odliatku používaná na vytvorenie dutiny v netrvalej forme. Modely môžu byť:
  + **Nedelené**: Jeden kus predstavujúci tvar odliatku.
  + **Delené**: Dve samostatné časti, ktoré po zložení tvoria tvar odliatku.
  + **Modelová doska**: Doska, na ktorú sú pripevnené časti modelu a časti vtokovej sústavy a náliatkov.
* **Jadrovník**: Forma na výrobu jadra, ktoré vytvára vnútorné dutiny odliatku. Jadrá môžu byť pravé (pre vnútorné dutiny) alebo nepravé (pre časti s negatívnym úkosom).

**1.4 Vtoková sústava**

* **Vtoková sústava**: Systém kanálikov v forme, ktoré umožňujú vyplniť dutinu formy tekutým kovom. Hlavné časti sú:
  + **Vtoková jamka**: Miesto, kde sa kov nalieva do formy.
  + **Vtokový kanál**: Kanál, ktorým kov prúdi do formy.
  + **Rozvádzací kanál**: Distribuuje kov do rôznych častí formy.
  + **Zárez**: Reguluje rýchlosť prúdenia kovu.
* **Náliatok**: Dutina, ktorá slúži ako zásobník tekutého kovu na kompenzáciu zmrašťovania počas tuhnutia.

**1.5 Prieduchy a výfuky**

* **Prieduchy**: Otvory malého priemeru vytvorené vo forme na uľahčenie unikania vzduchu, pary a plynov.
* **Výfuk**: Kanál umožňujúci vzostup taveniny nad najvyšší bod dutiny odliatku, slúži na zabránenie uzavretia vzduchu alebo plynov v dutine formy.

**1.6 Proces výroby odliatkov**

* **Výroba foriem a jadier**: Príprava formovacej a jadrovej zmesi, výroba foriem a jadier.
* **Príprava tekutého kovu**: Tavenie kovu požadovaného chemického zloženia a čistoty.
* **Odlievanie**: Plnenie dutiny formy tekutým kovom.
* **Uvoľňovanie odliatkov z formy**: Vytĺkanie, čistenie a dokončovanie odliatkov.

**1.7 Dokončovacie operácie**

* **Čistenie odliatkov**: Odstraňovanie zvyškov formovacej zmesi a jadier.
* **Odstránenie prebytočného kovu**: Odstránenie kovu stuhnutého vo vtokovej sústave a náliatkoch.
* **Apretúra**: Odstránenie zvyškov kovu z povrchu odliatku a zvyškov formovacej zmesi. Hlavné metódy sú brúsenie a osekávanie.
* **Dokončovacie operácie**: Tepelné spracovanie, povrchová úprava, kontrola a oprava odliatkov.

**1.8 Rozdelenie zlievarní**

* **Podľa materiálu**: Zlievarne ocele, liatiny, neželezných kovov.
* **Podľa typu formy**: Jednorazové, presné odlievanie do keramických foriem, gravitačné do kokíl, tlakové, odstredivé, kontinuálne.
* **Podľa veľkosti odliatkov**: Malé, stredne veľké, veľké.
* **Podľa sériovosti výroby**: Kusová, sériová, hromadná.
* **Podľa stupňa mechanizácie**: Ručné formovanie, strojové formovanie, automatizované linky.

**1.9 Zlievarenstvo v rámci výrobných technológií**

* **Odlievanie**: Výroba tvarových výrobkov odlievaním tekutého kovu do foriem.
* **Tvárnenie**: Tvarovanie kovu v tuhom stave plastickou deformáciou.
* **Obrábanie**: Výroba výrobkov odoberaním materiálu pomocou rezania.
* **Prášková metalurgia**: Výroba tvarových dielov lisovaním kovových práškov a následným spekaním.
* **Výroba spájaním**: Spájanie menších dielov vyrobených inými technológiami, najčastejšie zváraním.

**1.10 Prednosti a nevýhody odliatkov**

* **Prednosti**:
  + Konštrukčná flexibilita
  + Široký rozsah hmotností a tvarov
  + Výroba z rôznych materiálov
  + Nízka cena výrobných nástrojov
  + Vysoká produktivita
  + Recyklácia kovového šrotu
* **Nevýhody**:
  + Hrubšia liata štruktúra
  + Lokálne rozdiely v štruktúre
  + Obmedzenia hrúbky stien
  + Nižšia rozmerová presnosť a kvalita povrchu

**1.11 Technická príprava výroby**

* **Konštrukčná a výrobná dokumentácia**: Zlievarenský postupový výkres, výrobný postup odliatku.
* **CAD/CAM**: Používanie softvéru na návrh, výrobu a riadenie úloh spojených s výrobou odliatkov.
* **Rapid Prototyping**: Technológie automatického vytvárania fyzických modelov z údajov CAD, skrátenie času prípravy výroby.

**2. Formovacie zmesi**

**2.1 Ostrivá formovacích zmesí**

Ostrivo je zrnitý žiaruvzdorný materiál s veľkosťou častíc nad 0,02 mm, ktorý tvorí materiálový skelet foriem a jadier. Tvorí podstatnú časť objemového a hmotnostného zastúpenia vo formovacej zmesi (86 až 96 %). Častice menšie ako 0,02 mm sa nazývajú vyplaviteľné látky.

Podľa pôvodu rozdeľujeme ostrivá formovacích zmesí na:

* **Prírodné ostrivá**: kremenné piesky, olivínové piesky, zirkónové piesky.
* **Umelé ostrivá**: šamot, magnezit, chrómmagnezit, korund.

**Základné vlastnosti ostriva** Vlastnosti ostriva sú určené chemickým zložením, zrnitosťou, tvarom zŕn a množstvom nečistôt. Kľúčové vlastnosti zahŕňajú:

* **Žiaruvzdornosť**: Schopnosť odolávať vysokým teplotám bez deformácie.
* **Tepelná vodivosť**: Ovlplyvňuje rýchlosť ochladzovania tuhnúceho kovu.
* **Veľkosť zŕn a zrnitosť**: Priedušnosť formy, drsnosť povrchu, tekutosť a pevnostné vlastnosti formovacej zmesi.
* **Tvar zrna**: Ovplyvňuje tekutosť zmesi a pevnosť. Oblé zrná majú lepšiu tekutosť, ale nižšiu pevnosť.

**2.2 Spojivá formovacích zmesí**

Spojivo tvorí tenký obal na povrchu zrna ostriva, čím zabezpečuje ich vzájomnú súdržnosť. Najrozšírenejším spojivom sú íly, ktoré vyžadujú pridanie vody na vytvorenie plasticity a spojivových vlastností.

**Typy spojív**

* **Íly**: Najrozšírenejšie spojivo, vyžaduje pridanie vody.
* **Organické spojivá**: Živice, decht, fenolformaldehydové živice.
* **Anorganické spojivá**: Vodné sklo.

**2.3 Prísady vo formovacích zmesiach**

Prísady sú látky, ktoré sa pridávajú do formovacej zmesi na zlepšenie jej technologických vlastností alebo odolnosti voči chybám odliatku. Môžu to byť:

* **Čiernouhoľná múčka**: Zlepšuje kvalitu povrchu odliatku.
* **Grafit**: Zlepšuje sklznosť formovacej zmesi.
* **Sacharidy**: Znižujú tvorbu plynov pri tuhnutí kovu.

**2.4 Vlastnosti formovacích zmesí**

Formovacie zmesi musia mať nasledujúce vlastnosti:

* **Žiaruvzdornosť**: Schopnosť odolávať vysokým teplotám.
* **Tepelná vodivosť a rozťažnosť**: Ovlplyvňujú tepelné správanie formy.
* **Chemická reaktivita**: Nízka reaktivita s odlievaným materiálom.

**2.5 Príprava a regenerácia formovacích zmesí**

Formovacia zmes sa pripravuje z ostriva, spojiva a vody v miesidlách, ktoré zabezpečujú homogenizáciu a obaľovanie zŕn ostriva spojivom.

**Typy miesidiel**

* **Miesidlá s prerušovaným cyklom**: Pripravujú naraz určité množstvo zmesi.
* **Kontinuálne miesidlá**: Zmes prechádza kontinuálne.

**Regenerácia formovacích zmesí** Použitá formovacia zmes sa recykluje odstránením vytvrdeného spojiva z povrchu zŕn ostriva a odstránením prachových častíc. Existujú tri základné spôsoby regenerácie:

* **Mechanická regenerácia**: Ostrivo sa čistí mechanickým odieraním.
* **Tepelná regenerácia**: Spaľovanie zvyškov spojiva pri vysokých teplotách.
* **Mokrá regenerácia**: Odstránenie spojiva vodou a následné vysušenie ostriva.

**2.6 Typy formovacích zmesí podľa použitia**

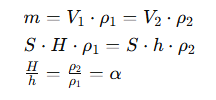
* **Modelová zmes**: Kvalitné materiály na povrch formy, ktorý prichádza do kontaktu s tekutým kovom.
* **Výplňová zmes**: Nižšia kvalita, vypĺňa zvyšný objem formy.
* **Jednotná zmes**: Používaná v strojovom formovaní pre hromadnú výrobu.
* **Jadrová zmes**: Špecifické požiadavky pre mechanickú a tepelnú odolnosť jadier.

**3. Výroba foriem a jadier**

**3.1 Zhusťovanie formovacích zmesí**

Formovacie zmesi sa pri výrobe foriem a jadier zhusťujú pomocou vonkajších síl, aby získali pevnosť potrebnú na odolávanie mechanickému a tepelnému namáhaniu počas odlievania, tuhnutia a chladnutia odliatku.

**Stupeň zhustenia** Zhustenie formovacej zmesi sa meria koeficientom α, ktorý je vypočítaný z pomeru hustôt a výšok zmesi pred a po zhutnení:



Hustota sypkej zmesi ρ1\rho\_1ρ1​ sa môže pohybovať od 600 do 1300 kg/m³ v závislosti od jej zloženia a stupňa zhustenia.

**3.2 Generácie metód formovania**

Formovanie prešlo niekoľkými generáciami technologického vývoja:

**Prvá generácia:**

* **Ručné formovanie**: Zhusťovanie formovacej zmesi pomocou rúk a jednoduchých nástrojov. Využíva sa pre malé série a veľké odliatky.
* **Strojové formovanie**: Používanie strojov na zhutnenie formovacej zmesi, čím sa dosahuje vyššia presnosť a rýchlosť výroby.

**Druhá generácia:**

* **Shell Molding (Škrupinové formy)**: Zmes sa nanáša na zohriatu kovovú modelovú dosku, vytvrdzuje sa teplom a spájajú sa dve škrupiny, aby vytvorili formu.
* **Hot-Box Process**: Výroba jadier z formovacej zmesi s tekutou termoreaktívnou živicou, vytvrdzovanie pri teplote 230 až 260 °C.
* **Cold-Box Process**: Fenol-uretánová metóda, kde spojivo vytvrdzuje pomocou plynného katalyzátora, čo spôsobuje okamžité vytvrdnutie zmesi.
* **No-Bake Metódy**: Spojivo sa vytvrdzuje pri teplote okolia po zmiešaní s tekutým tvrdidlom alebo katalyzátorom.

**Tretia generácia:**

* **Vibrácie a ultrazvukové metódy**: Používanie vibrácií alebo ultrazvuku na zhutnenie formovacej zmesi, čo umožňuje lepšie a rovnomernejšie zhustenie.
* **Automatizované formovacie linky**: Využívanie robotov a automatických systémov na formovanie a zhusťovanie zmesi, čo zvyšuje efektivitu a presnosť.

**3.3 Strojové formovanie**

Strojové formovanie umožňuje rýchlu výrobu foriem a vyššiu presnosť oproti ručnému formovaniu. Používa sa najmä pri sériovej výrobe odliatkov.

**Metódy strojového formovania:**

* **Vibračné zhusťovanie**: Formovacia zmes sa zhutňuje pomocou vibrácií, čo umožňuje rovnomerné rozmiestnenie zmesi v celom objeme formy.
* **Impulzné zhusťovanie**: Používa rázové vlny na zhustenie zmesi. Napríklad metóda Gas-Impact, kde sa rázová vlna vytvára spaľovaním zmesi plynu a vzduchu.
* **Air-Impact**: Rázová vlna sa vytvára rýchlou expanziou natlakovaného vzduchu uvoľneného ventilmi.

**3.4 Výroba jadier**

Jadrá vytvárajú vnútorné dutiny odliatkov a môžu byť vyrobené z rôznych formovacích zmesí, ktoré musia mať dostatočne vysokú pevnosť.

**Metódy výroby jadier:**

* **Ručné formovanie**: Používa sa zriedka, hlavne v špeciálnych prípadoch.
* **Strojové formovanie**:
  + **Croningová metóda**: Výroba jadier s obalenou formovacou zmesou.
  + **Hot-Box Process**: Používanie formovacej zmesi s tekutou termoreaktívnou živicou.
  + **Cold-Box Process**: Fenol-uretánové spojivá vytvrdzované pomocou plynného katalyzátora.

**3.5 Dokončovanie foriem a jadier**

Po vytvorení formy a jadier je potrebné vykonať niekoľko dokončovacích operácií:

* **Nanášanie žiaruvzdorného náteru**: Slúži ako bariéra medzi roztaveným kovom a povrchom formy.
* **Predhrievanie kokily**: Kokily sa pred začiatkom odlievania predhrievajú a následne ochladzujú nútenou cirkuláciou vzduchu alebo vody.
* **Odtiahnutie jadier**: Jadrá sa po stuhnutí kovu vyťahujú z odliatku a formy sa čistia.

**4. Materiály používané na výrobu odliatkov**

**4.1 Zlievarenské vlastnosti kovov a zliatin**

Väčšina komerčných odliatkov je vyrobená zo zliatin a nie z čistých kovov. Zliatiny sa odlievajú ľahšie a majú lepšie vlastnosti výsledného produktu v porovnaní s čistými kovmi. Úspešnosť odlievania závisí od vlastností samotnej zliatiny, návrhu formy a podmienok pri odlievaní formy.

**Zlievarenské vlastnosti zliatiny zahŕňajú:**

* **Teplota odlievania**: Teplota, pri ktorej sa zliatina odlieva.
* **Tekutosť**: Schopnosť zliatiny tecť a vyplniť formu.
* **Zmrašťovanie počas tuhnutia**: Zmenšenie objemu zliatiny pri tuhnutí.
* **Sklon k tvorbe oxidov**: Tendencia zliatiny tvoriť oxidy pri kontakte so vzduchom.

**Viskozita roztavených kovov:**

* Viskozita je vnútorný odpor kvapaliny voči tečeniu. Vyššia viskozita spomaľuje pohyb roztaveného kovu a vyžaduje dlhší čas na úplné zaplnenie formy.

**4.2 Prehľad zliatin na odliatky**

**Liatiny:**

* **Sivá liatina**: Obsahuje grafit vo forme vločiek, má dobré tlmiace vlastnosti.
* **Tvárna liatina**: Obsahuje grafit vo forme guľôčok, lepšie mechanické vlastnosti.
* **Biela liatina**: Uhlík vo forme cementitu, vysoká tvrdosť, krehkosť.
* **Temperovaná liatina**: Výsledok žíhania bielej liatiny, zlepšenie mechanických vlastností.

**Ocele:**

* **Nelegované ocele**: Základné zloženie, rôzne mechanické vlastnosti.
* **Nízkolegované ocele**: Obsahujú malé množstvá legovacích prvkov, lepšie vlastnosti.
* **Vysokolegované ocele**: Obsahujú viac ako 10 % legovacích prvkov, špeciálne vlastnosti ako antikorózne, žiaruvzdorné.

**Neželezné zliatiny:**

* **Hliníkové zliatiny**: Používané pre nízku hustotu, dobré mechanické vlastnosti a odolnosť voči korózii.
  + **Zliatiny Al-Si (Silumín)**: Dobrá odlievateľnosť, široké použitie.
  + **Zliatiny Al-Mg (Magnalium)**: Vysoká pevnosť, dobrá odolnosť voči korózii.
  + **Zliatiny Al-Cu, Al-Zn**: Vysoká pevnosť pri nízkych teplotách.
* **Medené zliatiny**: Dobrá odolnosť voči korózii, elektrická vodivosť.
  + **Mosadze (Cu-Zn)**: Široké použitie, dobrá mechanická odolnosť.
  + **Bronzy (Cu-Sn)**: Vysoká odolnosť voči korózii a opotrebeniu.
* **Zliatiny zinku, horčíka**: Nízka hustota, dobré mechanické vlastnosti.
* **Zliatiny titánu, niklu**: Špeciálne aplikácie, vysoká pevnosť, odolnosť voči korózii a teplu.

**4.3 Liatiny**

**Sivá liatina:**

* Vyznačuje sa grafitovými vločkami, má veľmi dobré tlmiace vlastnosti a schopnosť odolávať vibráciám.
* Používa sa na výrobu blokov motorov, základov strojov.

**Tvárna liatina:**

* Grafit vo forme guľôčok zlepšuje mechanické vlastnosti, ako je pevnosť a ťažnosť.
* Používa sa na výrobu dielov, ktoré vyžadujú vyššiu pevnosť a húževnatosť.

**Biela liatina:**

* Obsahuje uhlík vo forme cementitu, má vysokú tvrdosť a je veľmi krehká.
* Používa sa tam, kde je potrebná vysoká odolnosť voči opotrebeniu.

**Temperovaná liatina:**

* Výsledkom žíhania bielej liatiny, ktoré zlepšuje mechanické vlastnosti.
* Používa sa na výrobu dielov vyžadujúcich kombináciu tvrdosti a húževnatosti.

**5. Príprava taveniny**

**5.1 Taviace pece**

Taviace pece sú zariadenia používané na roztavenie kovov a ich udržiavanie v tekutom stave pred odlievaním. Existuje niekoľko typov taviacich pecí:

* **Kuplové pece**: Tradičné pece, kde sa kov taví pomocou spaľovania koksu.
* **Elektrické oblúkové pece**: Používajú elektrický oblúk na tavenie kovu.
* **Indukčné pece**: Využívajú elektromagnetickú indukciu na ohrev a tavenie kovov.
* **Téglikové pece**: Menšie pece, kde je kov tavený v žiaruvzdornom tégliku ohriatom externým zdrojom tepla, ako je plyn alebo elektrina.

**5.2 Príprava vsádzky**

Vsádzka je zmes kovového šrotu a ďalších materiálov vložených do pece na tavenie. Správna príprava vsádzky je kľúčová pre dosiahnutie požadovaného chemického zloženia a kvality taveniny.

**Postup prípravy vsádzky:**

1. **Skladovanie surovín**: Kovový šrot sa skladá podľa zloženia zliatin. Ak nie je známe chemické zloženie, vykoná sa presná analýza.
2. **Druhovanie**: Suroviny sa triedia a zaraďujú podľa chemického zloženia a požiadaviek na konečný produkt.
3. **Príprava kovu**: Kov sa zbavuje nečistôt a vlhkosti termálnym spôsobom, často predohrevom pomocou horúcich spalín alebo plynu.

**5.3 Metalurgické spracovanie taveniny**

Po roztavení vsádzky sa tavenina podrobuje rôznym úpravám, aby sa dosiahla požadovaná čistota a chemické zloženie.

**Kľúčové operácie:**

* **Odplynenie**: Odstraňovanie plynov z taveniny pomocou prebublávania inertným plynom, ako je argón alebo dusík, aby sa zabránilo vzniku pórovitosti v odliatku.
* **Rafinácia**: Používanie tavív a troskotvorných prísad na odstránenie nečistôt z taveniny. Troska pláva na povrchu kovu a zachytáva nečistoty.
* **Legovanie**: Pridávanie legujúcich prvkov do taveniny na dosiahnutie požadovaného chemického zloženia odliatku. Legúry sa pridávajú vo forme ferozliatin alebo predzliatin.
* **Modifikácia**: Zlepšovanie vlastností zliatin pridaním malého množstva modifikujúcich prvkov.
* **Zjemnenie zrna**: Zlepšovanie mechanických vlastností odliatku ovplyvnením veľkosti zŕn tuhnúceho kovu pomocou chemických očkovadiel.

**5.4 Kontrola kvality taveniny**

Kvalita taveniny je monitorovaná a hodnotená rôznymi skúškami, aby sa zabezpečila vhodnosť pre výrobu odliatkov.

**Metódy kontroly kvality:**

* **Chemická analýza**: Kontrola chemického zloženia taveniny pomocou spektrometrie alebo iných analytických metód.
* **Tepelné analýzy**: Skúšky tuhnutia a chladnutia taveniny na určenie jej vlastností.
* **Vizuálne a mechanické skúšky**: Posudzovanie vzoriek taveniny na prítomnosť nečistôt a plynulosť.

**6. Odlievanie odliatkov**

**6.1 Štandardný spôsob gravitačného odlievania**

Gravitačné odlievanie je najbežnejšou metódou, kde je roztavený kov naliaty do formy vďaka gravitácii. Tento spôsob je jednoduchý, ale môže viesť k defektom, ako sú vzduchové bubliny a nejednotné tuhnutie kovu.

**Výhody:**

* Jednoduchá technológia.
* Nízke náklady na vybavenie.
* Vhodné pre širokú škálu kovov a zliatin.

**Nevýhody:**

* Vyššie riziko defektov odliatkov.
* Možná nerovnomernosť tuhnutia.

**6.2 Kontinuálne odlievanie**

Kontinuálne odlievanie je proces, kde sa roztavený kov nepretržite nalieva do formy a stuhnutý odliatok je nepretržite vyťahovaný. Tento spôsob sa používa najmä pre výrobu kovových polotovarov, ako sú prúty a rúry.

**Výhody:**

* Vysoká produktivita.
* Jemná štruktúra zŕn.
* Lepšie mechanické vlastnosti.

**Nevýhody:**

* Vysoké kapitálové investície.
* Obmedzené tvary odliatkov.

**6.3 Sklopné odlievanie**

Sklopné odlievanie zahŕňa naklonenie formy počas plnenia roztaveným kovom, čím sa minimalizujú turbulencie a znižuje sa obsah plynov v odliatkoch.

**Výhody:**

* Nižšia pórovitosť.
* Vyššia kvalita povrchu.
* Zníženie defektov odliatkov.

**Nevýhody:**

* Vyššie náklady na vybavenie.
* Komplexnosť procesu.

**6.4 Vysokotlakové odlievanie**

Pri vysokotlakovom odlievaní je roztavený kov vstreknutý do formy pod vysokým tlakom. Táto metóda je vhodná pre hromadnú výrobu zliatin s nízkou teplotou tavenia, ako sú zliatiny zinku, hliníka a horčíka.

**Výhody:**

* Vysoká presnosť a kvalita odliatkov.
* Vysoká produktivita.
* Možnosť výroby zložitých tvarov.

**Nevýhody:**

* Vysoké investičné náklady.
* Riziko pórovitosti.

**6.5 Nízkotlakové odlievanie**

Nízkotlakové odlievanie využíva tlak vzduchu alebo plynu na vtlačenie roztaveného kovu do formy zo spodnej strany. Tento spôsob je vhodný pre vysoko kvalitné odliatky s nízkym obsahom plynov.

**Výhody:**

* Lepšia kontrola plnenia formy.
* Znížené riziko plynových inklúzií.
* Vysoká kvalita odliatkov.

**Nevýhody:**

* Vyššie náklady na vybavenie.
* Nižšia produktivita v porovnaní s vysokotlakovým odlievaním.

**6.6 Odlievanie do protitlaku**

Odlievanie do protitlaku je proces, pri ktorom je roztavený kov vtlačený do formy pod tlakom vyšším, než je atmosférický tlak, čo znižuje pórovitosť a zlepšuje kvalitu odliatkov.

**Výhody:**

* Znížená pórovitosť.
* Lepšia mechanická pevnosť.

**Nevýhody:**

* Komplexnosť zariadení.
* Vyššie náklady.

**6.7 Odlievanie vákuovým nasávaním**

Táto metóda využíva vákuum na nasávanie roztaveného kovu do formy, čo minimalizuje obsah plynov a zlepšuje kvalitu odliatkov.

**Výhody:**

* Minimálna pórovitosť.
* Vysoká kvalita povrchu.

**Nevýhody:**

* Vysoké náklady na vybavenie.
* Technická náročnosť.

**6.8 Odstredivé odlievanie**

Odstredivé odlievanie využíva odstredivej sily na plnenie formy roztaveným kovom. Táto metóda je vhodná pre výrobu dutých valcovitých tvarov.

**Výhody:**

* Jednotná štruktúra odliatkov.
* Vysoká hustota materiálu.

**Nevýhody:**

* Obmedzené na symetrické tvary.
* Vyššie náklady na zariadenia.

**6.9 Výroba odliatkov lisovaním tekutého kovu**

Hybridný proces, kde roztavený kov tuhne v uzavretej forme pod tlakom hydraulického lisu. Tento spôsob kombinuje výhody odlievania a tvárnenia.

**Výhody:**

* Vysoká presnosť a hustota odliatkov.
* Vysoká mechanická pevnosť.

**Nevýhody:**

* Vyššie investičné náklady.
* Komplexnosť procesu.

**6.10 Odlievanie vo vákuu**

Odlievanie vo vákuu sa používa na výrobu vysokokvalitných odliatkov zložitých tvarov, kde je minimalizovaný obsah plynov a oxidov.

**Výhody:**

* Vysoká kvalita povrchu.
* Minimálna pórovitosť.

**Nevýhody:**

* Vysoké náklady na vybavenie.
* Technická náročnosť.

**6.11 Rotačné odlievanie**

Rotačné odlievanie je variáciou odstredivého odlievania, ktoré sa používa na odlievanie drobných súčiastok v polotrvalej forme z vulkanizovanej silikónovej gumy.

**Výhody:**

* Nízke počiatočné náklady.
* Jednoduché použitie.

**Nevýhody:**

* Obmedzený sortiment materiálov.
* Obmedzená veľkosť odliatkov.

**6.12 Výroba odliatkov vylievacou metódou**

Táto metóda je menej známa a používa sa na výrobu dutých odliatkov. Roztavený kov sa naleje do formy, nechá sa čiastočne stuhnúť a zvyšný tekutý kov sa vyleje, čím sa vytvorí dutý odliatok.

**Výhody:**

* Výroba dutých odliatkov bez použitia jadier.
* Dobrá kvalita povrchu.

**Nevýhody:**

* Nemožnosť presného ovládania hrúbky steny.
* Vyžaduje manuálnu prácu.

**6.13 Odlievanie kovov v polotuhom stave**

Tento proces využíva vlastnosti kovov v polotuhom stave na zlepšenie plnenia formy a zníženie pórovitosti odliatkov.

**Výhody:**

* Zlepšená kvalita odliatkov.
* Nižšia pórovitosť.

**Nevýhody:**

* Komplexnosť zariadení.
* Vyššie náklady.

**7. Dokončovacie operácie**

**7.1 Uvoľňovanie odliatkov a odstraňovanie jadier**

Po odliatí tekutého kovu musí tento stuhnúť a pred vybraním odliatku z formy vychladnúť na určitú teplotu. Správny čas na uvoľnenie odliatku z formy závisí od objemu a druhu kovu. Niektoré odliatky prasknú, ak sa uvoľnia z formy príliš skoro, iné vyžadujú určitú rýchlosť ochladzovania na dosiahnutie požadovanej mikroštruktúry. Uvoľnenie odliatku z jednorazovej formy sa označuje termínom vytĺkanie odliatku.

**Metódy uvoľňovania:**

* **Ručné vytĺkanie**: Používa sa v malých zlievarňach alebo pri malých odliatkoch.
* **Vibračné stoly alebo rošty**: Intenzívne kmitanie formou, čo uvoľňuje formovaciu zmes z povrchu odliatku.

Odjadrovanie je proces odstraňovania vnútorných jadier z odliatku. Jednorazové jadrá sa vyrábajú zo zmesí so živicovým spojivom, ktoré majú vyššiu pevnosť než bežná formovacia zmes, a preto na ich odstránenie už vibračný rošt nemusí postačovať.

**Metódy odstraňovania jadier:**

* **Mechanická vibrácia**: Aplikovaná ručným pneumatickým nástrojom.
* **Vysokotlakové vodné tryskanie**: Účinné pri odstraňovaní keramického materiálu škrupinových foriem a pripečenej jadrovej zmesi.

**7.2 Čistenie povrchu**

Po vytĺkaní je potrebné úplné odstránenie zvyškov formovacej zmesi a jadier. Uzavreté vnútorné dutiny odliatku môžu vyžadovať hrubé čistenie pomocou tyčí alebo pneumatických nástrojov, po ktorom nasleduje štandardná čistiaca operácia, najčastejšie otryskávaním za sucha.

**Metódy čistenia:**

* **Otryskávanie za sucha**: Používa sa na odstránenie zvyškov formovacej zmesi a jadier.
* **Omieľanie v bubne**: Drobné odliatky sa vkladajú do oceľového bubna, kde sa prevaľujú spolu s omieľacími telieskami.
* **Mokré čistenie**: Používanie tlakovej vody, ktorá môže obsahovať tuhé abrazivo.
* **Chemické a elektrolytické čistenie**: Metódy využívané na odliatky zo zliatin železa, kde sa používajú chemické roztoky alebo elektrický prúd.

**7.3 Oddelenie vtokovej sústavy a náliatkov**

Existuje viacero spôsobov na odstránenie náliatkov a vtokovej sústavy z odliatku. Rozsah možností je od jednoduchého odrazenia alebo odlomenia po použitie strojového pílenia, rezania brúsnym kotúčom a rezania plameňom.

**Metódy oddelenia:**

* **Odrážanie a odlamovanie**: Používa sa pre zliatiny s nízkou ťažnosťou.
* **Pílenie a rezanie brúsnym kotúčom**: Štandardné spôsoby pre rôzne zliatiny a rozmery odliatkov.
* **Rezanie plameňom**: Používa sa na veľké odliatky a hrubé časti.

**7.4 Apretúra**

Apretúra zahŕňa odstránenie zvyškov kovu z povrchu odliatku a zvyškov pripečenej formovacej zmesi. Základnými technikami sú osekávanie a brúsenie.

**Metódy apretúry:**

* **Osekávanie**: Používajú sa ručné kladivá, sekáče a pneumatické sekáče.
* **Brúsenie**: Používajú sa ručné prenosné brúsky, vysokorýchlostné pneumatické alebo elektrické brúsky, pásové brúsky.
* **Opaľovanie**: Používa sa pre zliatiny železa, kde sa prebytočný kov a pripečená formovacia zmes odstraňujú pomocou kyslíkovo-acetylénového plameňa.

**7.5 Finálna úprava odliatkov**

Po apretúre nasledujú ďalšie technologické operácie, ako tepelné spracovanie, povrchová úprava a kontrola. Tepelné spracovanie odliatkov je jednou z najdrahších technologických operácií a jeho základné ciele sú odstránenie vnútorných napätí a ovplyvnenie vlastností odliatku.

**Metódy tepelného spracovania:**

* **Žíhanie na odstránenie vnútorných napätí**: Stabilizácia rozmerov a odstránenie rizika porušenia materiálu.
* **Homogenizačné žíhanie**: Eliminácia mikrosegregácie difúziou.
* **Precipitačné vytvrdzovanie**: Zahŕňa kroky rozpúšťacieho žíhania, kalenia a starnutia.

**Metódy povrchovej úpravy:**

* **Leštenie, natieranie, lakovanie**: Povrchové úpravy na zlepšenie vzhľadu a vlastností povrchu.
* **Otryskávanie**: Jemné otryskávanie na dosiahnutie rovnomernosti vzhľadu a textúry.

**7.6 Kontrola a opravy odliatkov**

Kontrola kvality odliatkov zahŕňa nedeštruktívne techniky na meranie rozmerov a testovanie povrchu a vnútorných chýb. Chybné odliatky sa vyraďujú alebo opravujú, ak je to ekonomicky výhodné.

**Typy chýb:**

* **Prípustné chyby**: Nemajú vplyv na funkciu alebo životnosť odliatkov.
* **Neprípustné chyby**: Vylučujú odliatok z použitia.
* **Opraviteľné chyby**: Chyby, ktoré je možné relevantným spôsobom odstrániť.