

Odlévání

Je to způsob výroby součástí z kovů nebo jiných tavitelných materiálů, při kterém tavenina plní dutý prostor formy. (Výjimka: lisovník u součástí z plastických hmot, kde se materiál vstříkuje do formy v těstovitém stavu.) Odlitky se vyrábějí z litin, ocelí na odlitky, slitin mědi, hliníku, hořčíku, zinku, některých plastů, skla apod.

Odlévání se používá tam, kde není možné vyrobit žádaný tvar součásti pomocí jiného výrobního postupu. Nevýhodou odlévání jsou velké náklady na modely. V mnoha případech (např. sériová výroba) je odlévání ale hospodárnější výrobní metodou než obrábění.

Odlitek – je buď hotový výrobek, nebo polotovar, který se ještě dále mechanicky obrábí.

Surový odlitek – odlitek, který se po odlití a ztuhnutí vyjme z formy

Hrubý odlitek – surový odlitek je dopravený do čistírny, kde je zbavený náliček, výfuků, jader a povrchových nečistot

Čistý odlitek – od hrubého se liší obrobením na přesné rozměry a zhotovením děr

Vlastnosti kovů – především dobrá slévateľnost a dobrá zabíhavost (technologické vlastnosti)

Postup výroby odlitku

Technickým podkladem pro výrobu odlitku je **výkres součásti**. V oddělení přípravy výroby se zhotoví **výkres odlitku**, podle kterého modelárna vyrobí **modelové zařízení** (modely, šablony, jaderníky).

Modely – Model je pomůcka sloužící k výrobě forem. Má tvar odlitku, zvětšený o přídavek na smrštění. Musí být co nejjednodušší, aby šel dobře zaformovat a z formy vyjmout. Rozměry modelu musí být větší o přídavky na obrábění.

Dělené – používají se pro snadnější formování. Jsou spojeny spojovacími čepy.

Nedělené

Šablony – Vhodně upravená prkna s okrajem dle tvaru odlitku. Hrany jsou z důvodu otěru okovány ocelovým plechem, někdy jsou celé plechové.

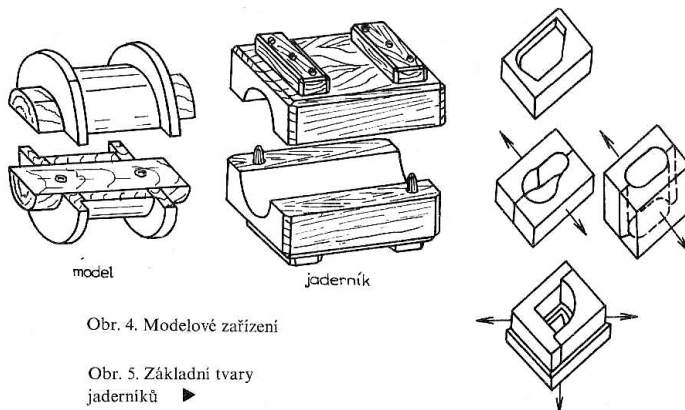
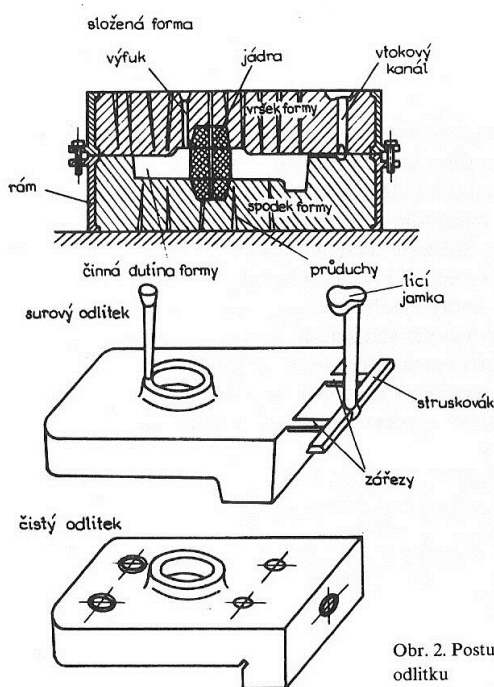
Otočné šablony – zhotovení formy otáčením

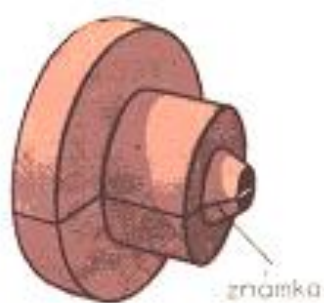
Kročky – zhotovení formy posouváním

Jaderníky – Trvalé formy na výrobu jader.

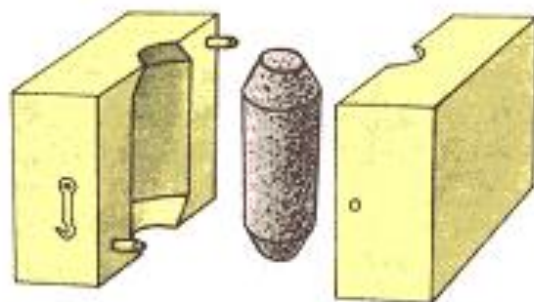
Zhotovují se ze dřeva; při sériové výrobě z kovu. Podobně jako modely jsou většinou

dělené, aby se daly snadno vyjmout hotová jádra z jaderníku.

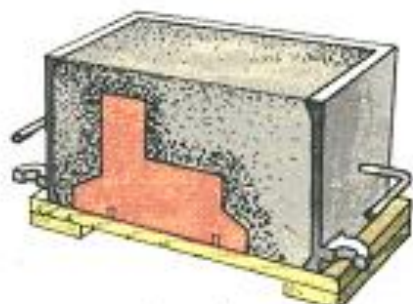




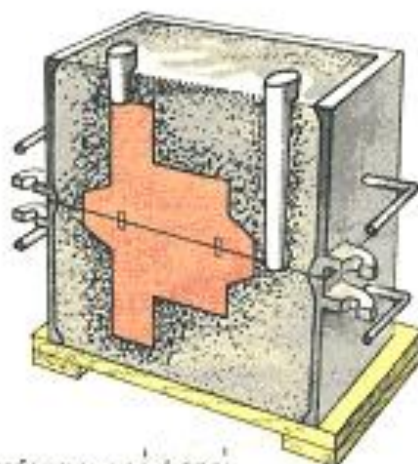
model



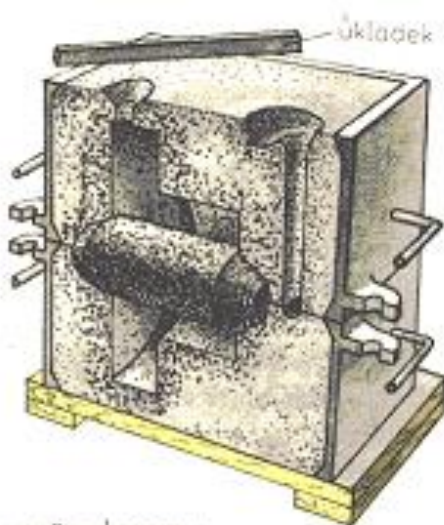
jaderník a jádro



zaformovaná dolní
polovina modelu



zaformovaná horní
polovina modelu



složená forma
připravená k odlití



surový odlitek



hrubý odlitek

Obr. 12. Postup výroby odlitku s dírou

Formovací látky – upravené suroviny a směsi vhodné k výrobě forem a jader.

Formovací látky

požadavky: tvárnost, pevnost, soudržnost, prodyšnost, žárovzdornost, rozpadavost aj.

základní složky: **ostřiva** a **pojiva**

druhy ostřiva: křemenný písek vhodné zrnitosti (primární – modelový, sekundární - výplňový) – úprava plavením, praním, tříděním a sušením; méně časté – šamot, chromit, magnezit.

pojiva: hlína nebo jílu (bentonit), úkol – vaznost za syrova, soudržnost, pevnost po vysušení

zvláštní formovací látky: např. *slévárenský písek s vodním sklem*

Na výrobu jader se používá **jádrový písek**.

Postupy výroby forem a odlévání:

- 1. s netrvalými formami a stálými modely:** do formovacích rámců, forma do země, skořepinová forma.
- 2. s polotrvalými formami (přesné lití):** postup jemného odlévání, postup odlévání do úplných forem
- 3. s trvalými formami:** lití do kokil, odstředivé lití, tlakové lití, sdružené lití.

1. Odlévání do netrvalých forem

Výroba modelů

Tvar odlitku použitý pro výrobu formy se nazývá model. Model se zhotovuje podle technického výkresu ze dřeva, kovu nebo plastické hmoty. Při vyhotovení se používá smršťovací měřítko (tzv. modelářský metr), které je delší o takový rozměr, o který se smrští odlévaný materiál od počátku tuhnutí až do pokojové teploty. (Šedá litina má smrštění 1%, červený bronz 1,5%, ocelolitina 2%). K ochraně proti vlhkosti se dřevěné modely opatřují barevným lakovým nátěrem, jehož barva je normalizována podle použitého druhu slévárenského materiálu (šedá litina = červená, slitiny mědi = žlutá, ocelolitina = tmavě modrá).

Formování

- formováním se myslí výroba netrvalých forem, zhotovených z písků nebo hlín.
- ručním formováním se zhotovují formy pro menší počet odlitků a formy pro složité a velké odlitky.

Formy pro odlévání:

na syrovo - formy nejsou sušené a kov se odlévá do forem o normální vlhkosti písku

na sucho - formy se vysušují nebo vypalují na vyšší teplotu tak, aby převážná část vlhkosti z písku unikla

formování šablonováním - používá se pro velké součásti. Je poměrně zdlouhavé. Používá se jen v kusové výrobě.

Ruční formování

K formování ve formovacím rámu se používá formovací písek. Směs malých křemičitých zrn a pojiva z jílu nebo umělé pryskyřice. Požadované vlastnosti formovacího písku jsou plasticita, stálost, tepelná odolnost, plynová propustnost. Formovací písek se pěchuje ručně.

Duté prostory v odlitku se vyrábí vkládáním jader, kolem kterých protéká kov. Jádra se vyrábí v jadernících nebo šablonami. Jádro musí mít větší pevnost než zhotovená forma.

Formování do dvou rámců - Používá se v malosériové výrobě. Na formovací desku se položí spodní polovina modelu a formovací rám. Do rámu se přeseje sítem modelový písek a upěchuje se k modelu. Zbývající prostor v rámu se vyplní pískem a rovněž se upěchuje. Dle potřeby se forma

odvzdušnění napicháním průduchů. Tím je zaformován spodek formy. Potom se rám překlápí o 180°, dělicí rovina se očistí, nasadí se druhá polovina modelu. Na dolní rám se nasadí horní a oba se pomocí zaváděcích kolíků proti sobě zajistí. Další postup je stejný jako u formování spodku formy. Potom se z formy vytáhnou kolíky pro vtok a výfuk. Vrchní díl formy se nadzvedne a překlápí o 180°. Pro zvýšení pevnosti písku se navlhčí okraje modelu, poklepe se na model a vyjme. Forma se složí a zabezpečí proti vztlaku kovu vhodným zatížením. Tím je forma připravena k lití.

Strojní formování

U strojního formování se formovací písek pěchuje pomocí formovacího stroje.

Výhody - vyšší produktivita práce, kvalitnější a přesnější odlitky, menší procento zmetků
Zmechanizováno pěchování formovacích materiálů a vyjímání modelů z forem.

Základní pomůcka - **modelová (formovací) deska**

Obvykle bývá na jedné modelové desce větší počet menších modelů. Zhušťování formovací směsi se provádí **lisováním, střešáním** nebo **metáním**.

Formování lisovacími stroji (lisy)

Vhodný pro ploché a jednoduché odlitky.

Lisování shora - Na modelovou desku připevníme formovací a pomocný rám. Po naplnění rámu formovací látkou se tlakem lisovací desky přemístí látka z pomocného rámu do formovacího. U modelu má být co největší zhuštění.

Lisování zdola nebo **oboustranné lisování** odstraňují nevýhody lisování shora

Formování střešacími stroji

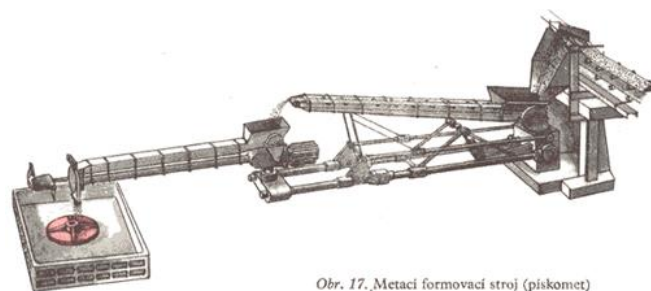
- používá se při výrobě forem pro malé a středně velké odlitky. Písek se zhušťuje tvrdými nárazy formovacího stolu na válec formovacího stroje, a to nejvíce v okolí modelu.

Formování metacími stroji

- metání formovacího materiálu na model rotující lopatkou v metací hlavě (ta je na kloubovitém rameni, takže se s ní dá pohybovat nad celou formou).
- tato metoda je vhodná pro velké a hluboké formy; vyžaduje doplňkovou mechanizaci

Sušení forem a jader

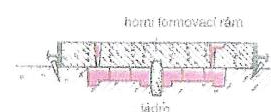
- pro zvýšení pevnosti, prodyšnosti a odstranění nežádoucí vlhkosti.
- zpomalení a zdražení výroby – proto pouze ty formy, jenž sušení potřebují
- snížením vlhkosti se zabrání vzniku velkého množství par, jež by mohly poškodit odlitek.
- povrch forem jader se obvykle po sušení barví



Obr. 17. Metací formovací stroj (pískomet)

Jiné postupy zaformování modelu

Zaformování do uzavřené formy v zemi je vhodné pro velké modely. Používá se přitom horní polovina slévárenského rámu. Povrch je čistější než při otevřené formě do země. Zaformování modelu ručně nebo pomocí šablon se provádí na zemi nebo v jamách ve slévárenské hale.



Uzavřená forma do země - zvláštní postup zaformování

Postup výroby skořepinových forem. Používají se místo masivních pískových forem a jader tenkostěnné vyformované skořepiny a dutá jádra. K výrobě těchto vyformovaných [skořepin](#) se smíchá formovací písek (křemičitý) a umělá pryskyřice v poměru 10:1 až 25:1. Formovací směs se potom nasype nebo nafouká na modelovou desku s modelem zahřáté až na 300°C. Zahřátá a změkнутá umělá pryskyřice se speče s pískem na vrstvu silnou 5 až 10 mm a přilne na model. Po odstranění nadbytečné formovací směsi se dává modelová deska k vytvrzení do sušící pece. Po vytvrzení vrstvy může být skořepina oddělena od modelové desky jako hotová jedna polovina formy. Postup je hospodárný a automatizovatelný.

[Slepením](#) obou polovin skořepin a jejich zaformováním vzniká [forma](#) připravená k odlévání. Odlitky, které se zhotovují postupem skořepinových forem, jsou přesné a mají vysokou jakost povrchu.

Vytloukání, čištění a úprava odlitků

- po odlití a ochlazení kovu ve formě se z ní odlitky vytloukají (forma se rozbije)

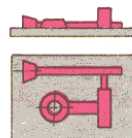
Surové odlitky - stav odlitku, v jakém opouští slévárnu,

- dopravují se do čistírny, kde odlitek dostává konečný vzhled. (odstranění písku z povrchu odlitků, o odstranění vtoků, výfuků a nežádoucích výstupků)

Velké odlitky – čistí se ručně sekáči nebo v tryskacích komorách.

Menší odlitky – čistí se strojně, např. v pásových čistících bubnech.

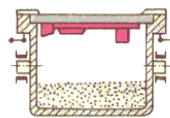
- někdy se odlitky ještě tepelně zpracovávají, aby se odstranila hrubá licí struktura a vnitřní pnutí (krom toho se tepelným zpracováním zlepšuje obrobitelnost, dosahuje vysoké povrchové tvrdosti apod.).



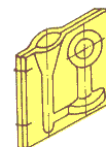
1. modelová deska



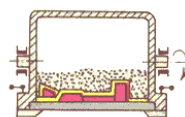
4. vytvrzená skořepina



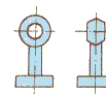
2. zásobník písku s modelovou deskou před překlopením



5. skořepinová forma připravená k lití



3. vytváření skořepiny

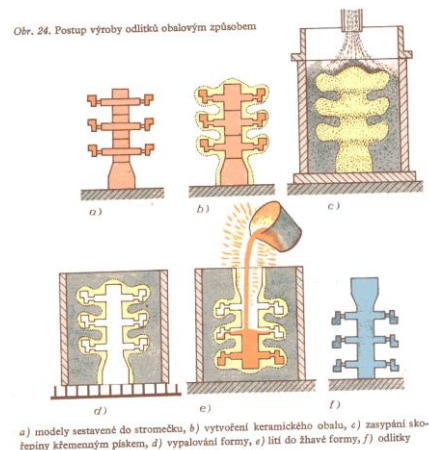


6. odlitek

2. Přesné lití

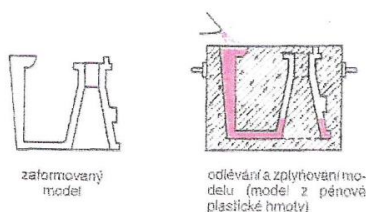
Postup jemného odlévání (lití na vytavitelný model)

Voskové modely vyrobené vstřikováním nebo litím do forem se připojí na vtokovou soustavu. Vzniklý „stromček“ se několikrát ponoří do keramické hmoty nebo se nastříká keramickou hmotou, takže se kolem modelu vytvoří pevný obal (skořepina), která se zaformuje do křemičitého písku. V sušící peci forma vysychá, přičemž se roztaví voskový model a vyteče z formy. Do takto vzniklé formy se vlévá lící materiál. Tento způsob umožňuje vysokou přesnost a jakost povrchu. Tím často odpadá další obrábění (mimo funkční plochy).



Postup odlévání do úplné formy

Při tomto způsobu lití se zaformované modely při odlévání vypařují. K vyhotovení modelů se používají převážně splnitelné umělohmotné pěny. Ty jsou cenově výhodné a dají se pomocí rozžhaveného drátu řezat. Plastická hmota se může také přímo odlít jako model. Model se zaformuje ve formovacím písku s umělohmotným pojivem. Při vlastním odlévání zůstává model ve formě a vlivem tekutého kovu zplynuje (odpaří) nebo se zapálí.



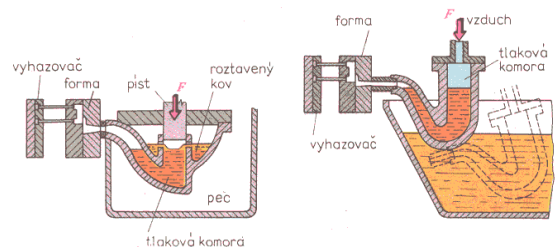
Postup lití do úplných forem

Postup je hospodárný, protože výroba modelů je celkově výhodnější než cena dřevěných modelů, modely nejsou dělené, a tím vznikají odlitky bez ostrých hran v dělicí rovině.

3. Odlévání do trvalých forem

Tento způsob lití se provádí při lití pod tlakem, nebo při lití do kokil. **Kokila** je trvalá forma z šedé litiny nejvyšší kvality nebo z legované oceli. Její výroba je proto podstatně dražší než výroba pískové formy. Z hospodárných důvodů se lití do kokil používá při velkém počtu kusů.

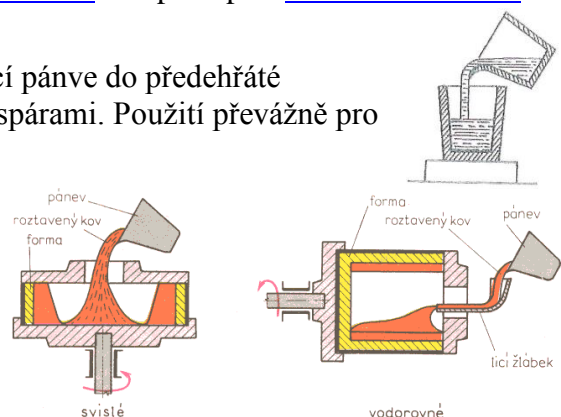
Lití pod tlakem je hospodárné při hromadné výrobě. Používá se většinou při odlévání neželezných kovů. Těstovitý kov se přitom plní pod tlakem do dělených trvalých forem. Během tuhnutí zůstává zachován pracovní tlak. Pracovní postupy lití pod tlakem jsou: uzavření formy, vtláčení kovu do dutiny, chlazení, otevření formy a vyjmutí odlitku.



Odlitky jsou zhotoveny s přesností až na 0,05 mm. Ve srovnání s litím do písku jsou tloušťky stěn odlitku mnohem tenčí, takže dochází k úspoře materiálu. Proti této hospodárnosti jsou jako nevýhody vysoké náklady na formy a nebezpečí porézности odlitků vzniklé vzduchovými vměstky. Rozlišujeme dva postupy: 1. postup s teplou tlakovou komorou a 2. postup se studenou tlakovou komorou.

Gravitační lití do kokil. Tavenina se odlévá pomocí lící pánve do předehřáté kovové formy. Plyny, které se tvoří, unikají výfukem a spárami. Použití převážně pro odlitky z nekovových slitin.

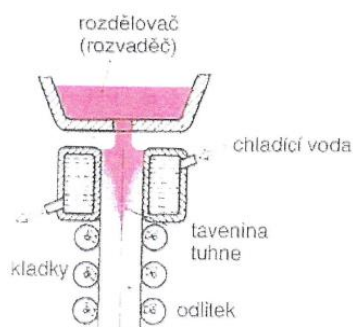
Odstředivé lití. Postup se hodí k hospodárné výrobě trubek, válcovitých odlitků a odlévání ložiskových pánví. Plnění formy a tuhnutí tekutého materiálu se děje při rotaci kokily (300 až 2 000 ot. za minutu) za působení odstředivé síly na odlévaný materiál. Tím má odlitek jemnější strukturu. U odlitků není třeba užívat výfuků, protože plyny odchází volně do prostoru.



Sdružené lití. Šedá litina nebo ocelolitina se odlévají s jiným kovem, například s hliníkem nebo mědí. Přitom se kovy na styčných plochách pomocí difúze navzájem spojí. Při sdruženém lití si zachovává každý kov své vlastnosti. Tak má u kluzného ložiska základní těleso z oceli svou pevnost a nalitá vrstva ze slitiny CuSn kluzné vlastnosti.

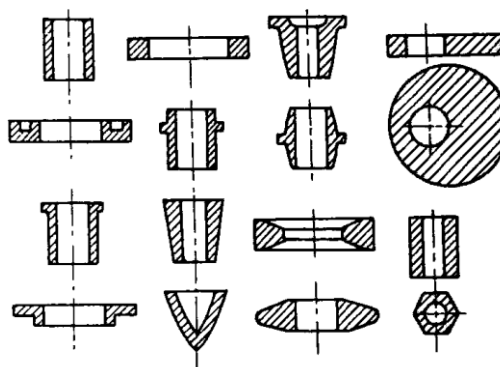
Lití bloků (blokové lití), např. ocelových *ingotů*. Při blokovém lití se odlévá tekutá ocel na jednu do více kokil.

Kontinuální odlévání (pouze v ocelárnách). U kontinuálního odlévání se provádí lití otevřenou kokilou, která je chlazená vodou. Odejímáním

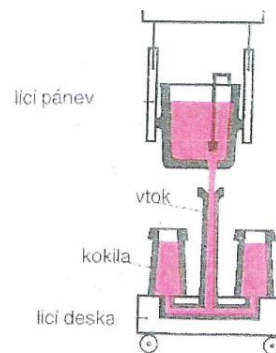


Kontinuální odlévání

tepla tekutá ocel v kokile ztuhne a jako pevný odlitek klesá mezi opěrami a přidržovacími kladkami. Kokila se směrem dolů zužuje, protože chladnoucí kov se smršťuje a nesmí ztratit kontakt se stěnami kokily, které teplo odvádějí. Aby se odlitek v kokile posouval, kokila obvykle vibruje a mezi ní a odlitek se vpravuje zvláštní prášek, který brání přichycení ke stěně. Odlévaný pás se elektromagneticky brzdí, někdy se ještě elektromagneticky míchá. Odlitky se pak dále zpracovávají ve válcovnách na *tyče, dráty a plechy*.



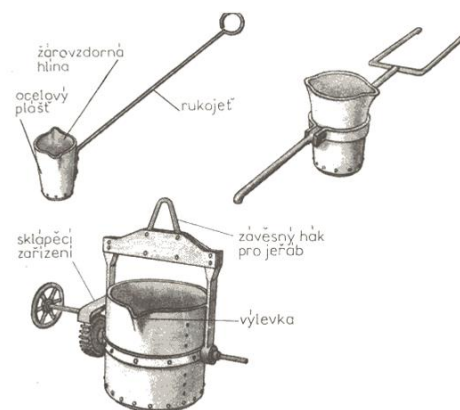
Obr. Tvar odlitků vhodných pro odstředivé lití



Blokové lití – ingotů

Postup odlévání

Kov se z tavicí pece vypouští do ručních, vidlicových nebo jeřábových licích pánví a z nich se odlévá do forem. Vtok musí být během lití udržován plný, protože jinak se strhávají do odlitku částičky strusky, nebo je tvořením víru strháván vzduch. Lití je ukončeno, když je výfuk zcela naplněn. Po dostatečném ochlazení při odlévání do netrvalých forem a při přesném lití se forma rozbije a odlitek se vyjme. Poté se přesune do čistírny, kde se zbaví nálitků (vtoková soustava a výfuk) a očistí.



Postupy tuhnutí odlitku

Odlévaný materiál je při ochlazování nejprve viskózní, potom plastický a nakonec pevný. Přitom je třeba rozlišovat tři fáze:

1.) Fáze tekutého smršťování. Projevuje se tím, že hladina taveniny v nálitku klesá.

2.) Smršťování během tuhnutí. Dochází k němu během tuhnutí a tvoří se v nálitku trychtýř. Tvořící se trychtýř přitom nesmí zasahovat do odlitku, nýbrž musí vznikat v nálitku, aby se zabránilo vzniku dutin v odlitku při smršťování taveniny.

3.) Smršťování pro ztuhnutí (objemové). Je to poslední úsek tuhnutí až k okolní teplotě. Toto smršťování se zohledňuje při konstrukci modelu použitím smršťovacího měřítka.

Kontrola odlitků

Pro kvalitní kontrolu je nutné mít k dispozici kvalitně vybavené následující laboratoře:

- Chemické (Chemický rozbor materiálu)
- Metalografické (Struktura materiálu)
- Mechanické (Mechanické vlastnosti materiálu)
- Technologické (Technologické vlastnosti materiálu)
- Defektoskopické (Vnitřní vady materiálu)
 - Zjišťují se zejména vnitřní vady -> jsou velmi nebezpečné
 - Používají se k tomu defektoskopické zkoušky (prozařování RTG či gama paprsky)
 - Nákladné, jediná průkazná metoda bez porušení materiálu -> použití jen pro důležité odlitky pro automobilový, letecký, energetický průmysl

Rozsah zkoušek závisí na:

- Rozsahu výroby
- Druhu materiálu
- Důležitosti odlitku (jaká strojní součást z odlitku bude)

Vady odlitků

1.) Struskové vměstky.Při lití nebyly zadrženy struska a oxidy kovů, následek: povrchové prohloubeniny, vnitřní vady.

2.) Staženiny ve struktuře odlitku.Odlitý materiál netuhne stejnoměrně. Tuhnutí probíhá zvnějška materiálu dovnitř. Na silnějších stěnách odlitku se tím vytvářejí dutiny, které nazýváme staženiny. Abychom zabránili tvorbě staženin, mají mít odlitky stejné tloušťky stěn (konstrukční princip).

3.) Bubliny ve struktuře odlitku.Mokrý formovací písek uvolňuje při lici teplotě vodík a kyslík. Při nedostatečném odvodu plynů vnikají tyto plyny do struktury.

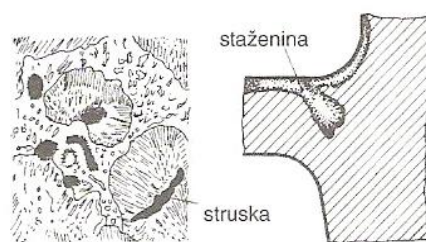
4.) Trhliny v odlitku.Přechody průřezů byly konstrukčně navrženy příliš krátké, takže se tuhnutí silnějších míst materiálu uskutečňovalo pomalu. Abychom zabránili vzniku trhlin a staženin, vkládají se do forem do míst většího průměru tzv. chladicí železa. Tím může být řízen proces chlazení.

5.) Pnutí odlitku.Konstrukcí odlitků, která zabraňuje smršťování při ochlazení taveniny (např. stejné tloušťky stěn, silná místa v materiálu), vzniká velké pnutí. Následek: tvoření trhlin, příčinou také špatná rozpadavost formovací směsi.

6.) Segregace.Vzniká odměšování složek taveniny při tuhnutí a nestejným rozdělením legujících prvků. Následek: rozdílné vlastnosti materiálu uvnitř odlitku - na povrchu.

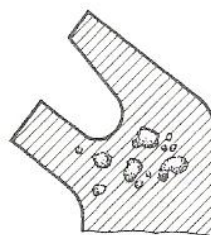
7.) Přesazený, zmetkový odlitek.Vzniká, když se polovina modelu, formy nebo jádra vychýlí od přesné podoby.

8.) Zesílené okrajové a oválné zesílení.Není-li forma dostatečně upěchována, ustupuje pod tlakem liciho materiálu.

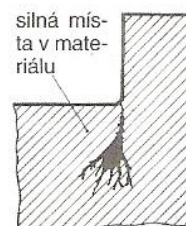


struskové vměstky

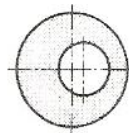
tvoření staženin na místech styku nestejně silných stěn



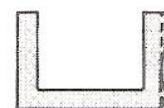
bubliny ve struktuře odlitku



trhliny ve struktuře odlitku



vychýlení jádra



nepřesný odlitek