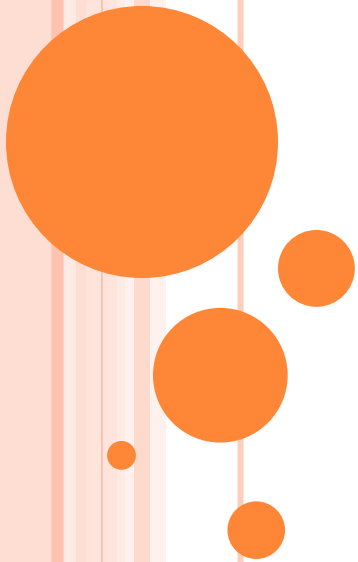


STROJÍRENSKÁ TECHNOLOGIE

PŘEDNÁŠKA 7



- **Slévání** – postup výroby odlitků;
- **Přesné lití** - metoda vytavitelného modelu;



SLÉVÁNÍ

- **Je způsob výroby součástí z kovů nebo jiných tavitelných materiálů, při kterém se tavenina vlije do formy, jejíž dutina má tvar a velikost odlitku.** Nejekonomičtější způsob přeměny výchozí suroviny v žádaný výrobek. Existuje rozsáhlý výběr technologií výroby odlitků – konvenční, nekonvenční (především ve strojírenství – umožňují vyrábět součásti strojů s požadovanou přesností a bez dalšího opracování).
- **Výhody** – přímá cesta od surovin k výrobku (polotovaru) s nízkým počtem operací a meziprojektu; možnost zhotovovat díly a výrobky v široké škále hmotnosti od několika gramů do desítek tun; možnost dosažení poměrně jednoduchými postupy značně složitých prostorových tvarů, součásti se složitou trojrozměrnou geometrií a vnitřními dutinami; možnost tvarování odlitků dle zatížení nebo potřeby ohraničit prostor; možnost dosažení vysoké tuhosti vhodným prostorovým rozložením materiálu a žebrováním; atd.



- **Nevýhody** – rozdíly v tloušťce stěn odlitku, které vedou k nerovnoměrnému tuhnutí a chladnutí, které způsobuje rozdíly ve struktuře a vlastnostech jednotlivých částí odlitku, vznik prasklin, deformací, případně až poruch souvislosti (trhlin, prasklin); pomalé chladnutí silnostěnných odlitků vede ke vzniku hrubozrnné struktury, odmíšení, zhoršení mechanických vlastností a rozdílům vlastností na povrchu a uvnitř odlitku; pro odstranění nedostatků lící struktury vyžaduje řada odlitků tepelné zpracování; nebezpečí výskytu vnitřních vad (staženin, porezity, bublin atd.) může být eliminováno promyšlenou konstrukcí, která zajišťuje vhodný postup tuhnutí, umístění nálitků a možnost odvodů plynů z formy a jader; velké smršťování některých slitin při tuhnutí vyžaduje používání mohutných nálitků, které snižují využití tekutého kovu a zvyšují pracnost při úpravě odlitků; omezená možnost dosáhnout vysoké přesnosti a jakosti povrchu.



ZÁKLADNÍ POJMY

- **Odlitek** – buď hotový výrobek, nebo polotovár.
- **Surový odlitek** – odlitek, který se po odlití a ztuhnutí vyjme z formy.
- **Hrubý odlitek** – odlitek dopravený do čistírny, kde je zbavený nálitků, výfuků, jader a povrchových nečistot.
- **Čistý odlitek** – od hrubého se liší přídavky na obrábění.
- **Vlastnosti kovů** – tavitelnost, viskozita, tekutost, zabíhavost.



VÝROBA MODELOVÉHO ZAŘÍZENÍ

- **Model** – je pomůcka sloužící k výrobě netrvalých forem nebo jako pomocné modely k výrobě trvalých forem, případně forem speciálních (ztracené modely, trvalé modely, modely z plastických i minerálních látek, dělené a nedělené modely atd.). Dle způsobu vyjímání z formy – model trvalý (dělený, nedělený), model netrvalý (vytavitelný, spalitelný, vypařitelný).
- **Šablony** – slouží k výrobě netrvalých forem, jader nebo jejich částí. (otočné šablony – zhotovení formy otáčením, kročky – zhotovení formy posouváním)
- **Jaderníky** – trvalé formy na výrobu jader nebo jejich částí. Zhotovují se ze dřeva; při sériové výrobě z kovu. Podobně jako modely jsou většinou dělené, aby se daly snadno vyjmout hotová jádra z jaderníku.
- **Požadavky na modelové zařízení;**
- **Materiály pro výrobu modelů;**

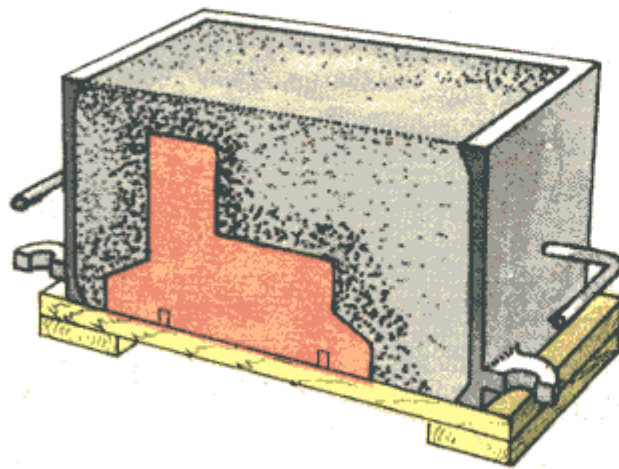


VÝROBA SLÉVÁRENSKÝCH FOREM JADER

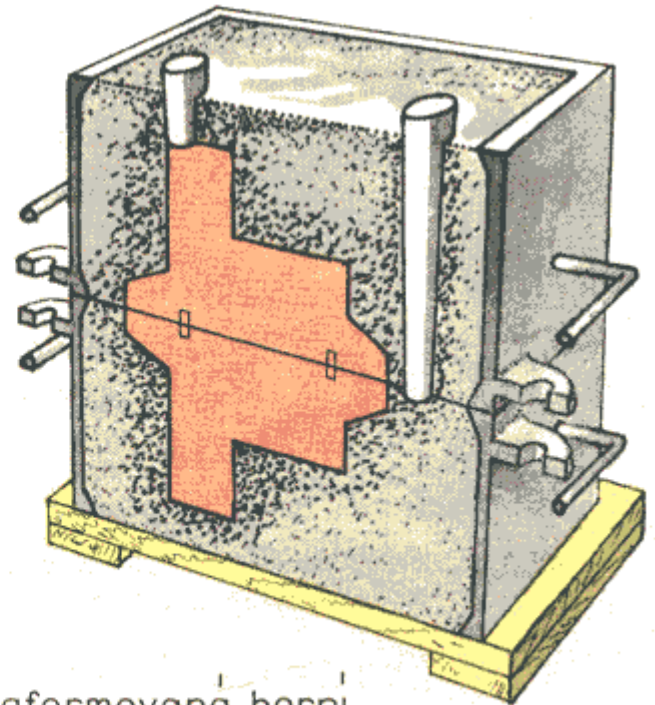
A

- **Slévárenská forma** – výrobní produkt, který slouží k odlévání odlitku. Podle možného množství odlitků vyrobených v jedné formě můžeme formy rozdělit do tří základních skupin:
 - Formy netrvalé - tj. na jedno použití;
 - Formy polotrvalé – jedna forma se dá použít pro odlití až 10^2 kusů odlitků;
 - Formy trvalé – jsou zhotoveny z ocelí, nebo litin (10^3 – 10^4 kusů odlitků);
- **Základní požadavky kladené na formy** - pevnost, prodyšnost, žáruvzdornost, chemicky netečná. Vhodné teploty lití závisí na materiálu a typu odlitku i jeho velikosti.
- **Formovací materiály** – jsou upravené suroviny a směsi hmot převážně minerálního původu, vhodné pro výrobu forem a jader.



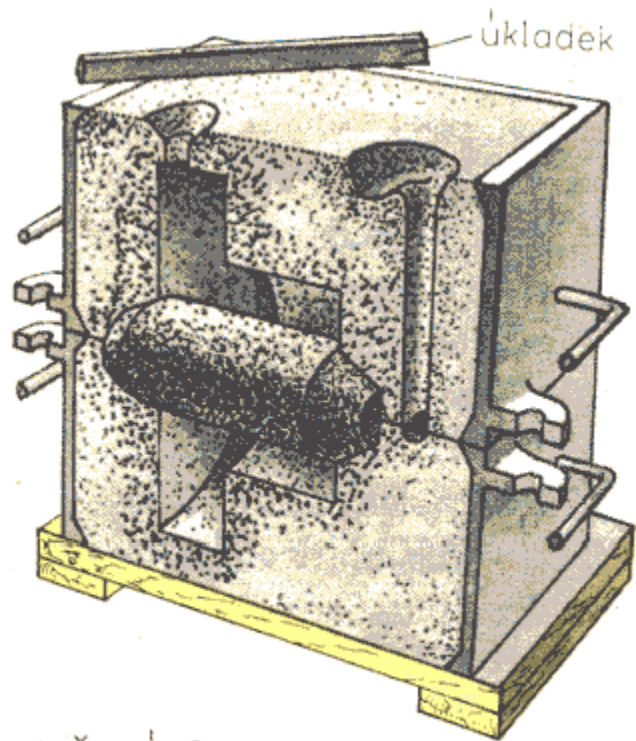


zaformovaná dolní
polovina modelu



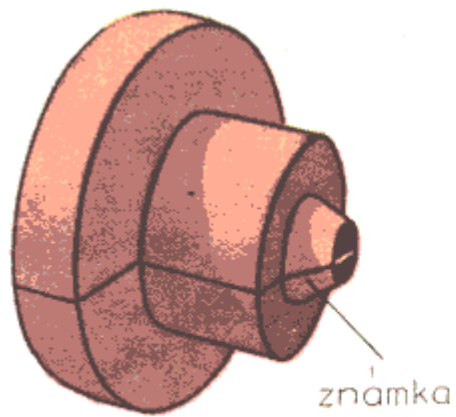
zaformovaná horní
polovina modelu



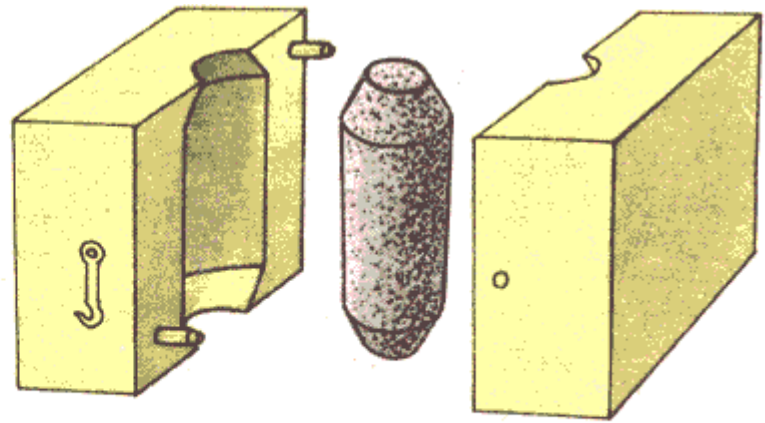


složená forma
připravená k odliti





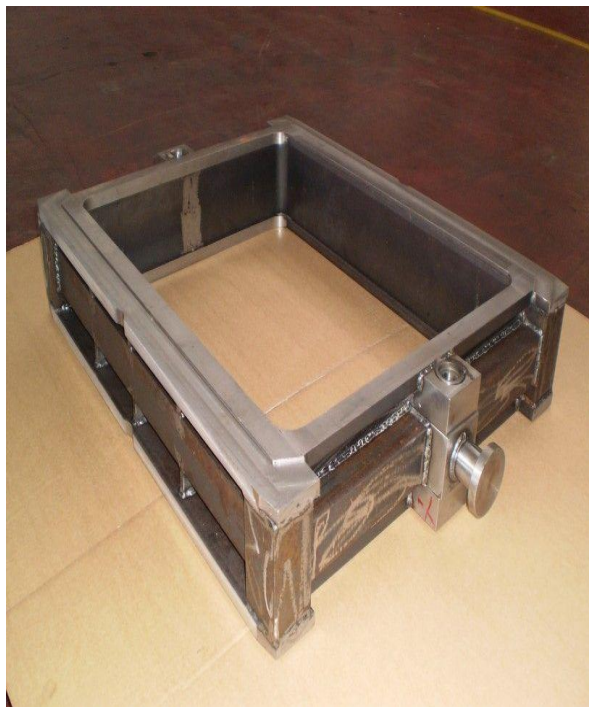
model



jaderník a jádro



- **Formovací rámy** - jsou pomůcky k zaformování jednotlivých částí modelu.



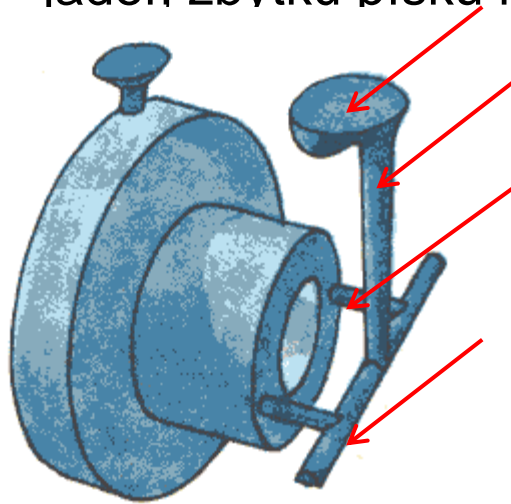
- **Technologie formování** – výroba netrvalých forem z formovacích směsí. Základním principem formování je pēchování formovací směsi v rámu nebo jádrové směsi v jaderníku.
 - Mechanický způsob (střásání, lisování, metání, vstřelování, ruční pēchování) metody I. generace.
 - Chemickou reakcí pojiva vyvolanou buď teplem, nebo plynným či jiným katalyzátorem a mající za následek vytvrzení pojivové složky formovací směsi. Chemické reakci pojivové složky předchází vždy některý ze způsobů mechanického upēchování směsi – metody II. generace.
 - Fyzikální vazba formovacích směsí – metody III. generace – zaformování je nahrazeno vibrací a zpevnění se dosáhne účinkem vakua, magnetického pole nebo zmrazením.
 - Chemické zpevnění forem pomocí biologického procesu – metody IV. generace.





POSTUP VÝROBY ODLITKŮ

- Technickým podkladem pro výrobu odlitku je výkres součásti. Podle tohoto výkresu zhotoví modelárna výroby modelové zařízení (modely, jaderníky, šablony). Po odlití a ztuhnutí se odlitek vyjme (vytluče) z rámu je to tzv. surový odlitek. Surový odlitek se v čistírně zbavuje vtokové soustavy, výfuků, nálitků, iader, zbytku písku na povrchu.

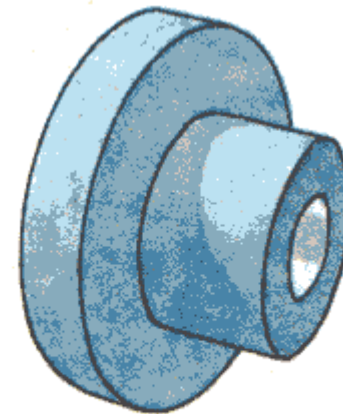


licí jamka

licí kůl

zářezy

struskový



hrubý odlitek

surový odlitek



- **Vtoková soustava a její funkce** – účelem vtokové soustavy je usměrnění proudu taveniny z licí pánve do dutiny formy; klidné proudění taveniny v dutině formy; odloučení nekovových vměstků z taveniny; eliminace nasávání vzduchu a plynů do taveniny a oxidace taveniny a zajištění usměrněného tuhnutí taveniny směrem k nálitkům.
- **Náliek** – používají se u odlitků rozličných tvarů. Je jimi možno dosáhnout doplnění taveniny do odlitku na místa, kde by se mohla v důsledku smršťování v tekutém stavu kovu vytvořit staženina. Každý náliek splňuje svou funkci jestliže: umožní doplňování kovu do všech částí odlitku během ochlazování; ztuhne později než odlitek. Proto musí mít náliek větší tloušťku než ta část, kterou má doplňovat. Nálieky se dávají vždy na místa, která se budou obrábět.
- **Způsoby omezování vzniku staženiny** – zmenšování uzavřeného objemu kovu v tekutém stavu vyvolává smršťování za tuhnutí a chladnutí, mající za následek vznik dutiny v odlitku, tzv. staženiny (vnitřní, vnější).



VADY ODLITKU

- Vady tvaru, rozměru a hmotnosti;
- Vady povrchu;
- Připečeniny;
- Přerušování souvislosti;
- Dutiny;
- Vměstky;
- Vady struktury;
- Vady chemického složení, nesprávné fyzikální nebo chemické vlastnosti;

K dosažení vysoké kvality odlitků je nutná průběžná kontrola výchozích surovin, dodržování předepsaného technologického postupu ve všech fázích výrobního postupu a kontrola hotových odlitků podle předepsaných technických podmínek.

Bezpečnost a hygiena práce ve slévárnách;



PŘESNÉ LITÍ

- jsou označovány všechny metody, které umožňují zhotovit rozměrově a tvarově přesnější odlitky než běžně užívané slévárenské metody; umožňuje vyrábět tvarově složité součásti, u nichž se část funkčních ploch vyrábí již při lití s takovou rozměrovou tolerancí a s takovou drsností povrchu, že dokončování obráběním není nutné;
- Technologie přesného lití:
 - Odlévání s netrvalými formami - technologie vytavitelného modelu, technologie spalitelného (vypařitelného) modelu, lití do skořepinových forem „Croning“;
 - Odlévání s trvalými formami – gravitační lití do kokil, za zvýšených sil (tlakové lití – nízkotlaké, vysokotlaké; odstředivé lití);



METODA VYTAVITELNÉHO MODELU

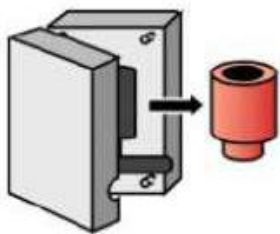
- Umělecké a klenotnické odlitky, chirurgické nástroje, součásti šicích strojů, součásti vozidel, součásti letadel, zbrojní průmysl atd.
- **Princip metody** – základním prvkem je model vyrobený z voskové směsi tzv. vzor. Po vyrobení, opravách a očištění jsou vzory napojeny na centrální vtokový kůl nebo zabudovány do vtokové soustavy.

Tento sestavený voskový celek je následně obalen do keramického obalu a vzniká tzv. skořepina. Ta se vyrábí namočením voskového modelu v keramické břečce a následně se posype keramickým ostřivem. Vzniklá vrstva se nechá vysušit a postup se opakuje. Skořepina má 5 – 15 vrstev a ty musí být dostatečně pevné, aby vydržely následující technologické operace.

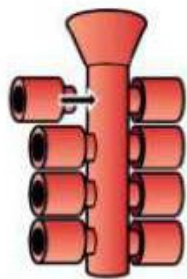
Z řádně vysušené a vytvořené skořepiny se odstraní vosková hmota. Ta se ze skořepiny odstraňuje převážně pomocí přehřáté páry v autoklávu. Po odstranění vosku se musí skořepina vysušit a vyžíhat.

V závěru dochází ke konečné kontrole, očištění, zaizolování a po zahřátí je skořepina připravena pro odlití. Po odlití, ztuhnutí a vychlazení odlévané slitiny se skořepina rozbije a odlitek i s vtokovou soustavou se zbaví ulpělé keramické směsi. Z takto upravené sestavy se oddělí odlitky a ty se poté omílají v bubnech nebo se tryskají. Po očištění jsou odlitky podrobeny kontrolám. Kontrolují se koncové rozměry (3D měření), vnitřní (rentgen) a vnější (vizuální) vady.

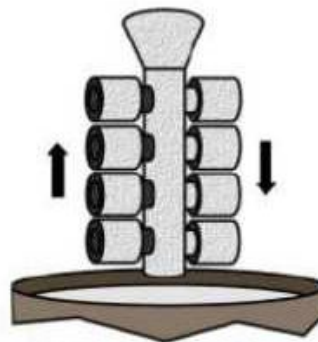




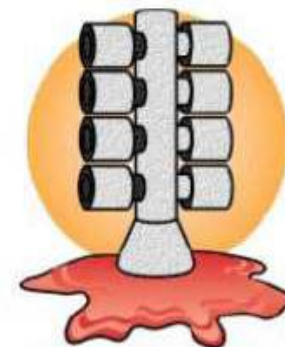
Výroba vzoru



Sestavování



Výroba skořepiny



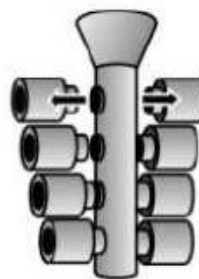
Vytavení vosku



Gravitační liti



Rozbití skořepiny



Dělení



Konečný odlitek



- **Klady metody** – vysoká přednost, lití do nedělených forem – tj. odlévání libovolných tvarů s velmi hladkým povrchem; odlévání převážně menších tenkostěnných, tvarově komplikovaných odlitků s tloušťkou stěny již od 1 mm, které většinou nejde vyrobit jinou technologií.
- **Zápory metody** – technologicky náročná výroba, vhodná metoda pro velké série – aby byla zajištěna ekonomická návratnost a maximální efektivita.





METODA SPALITELNÉHO MODELU

- Model odlitku z pěnového polystyrenu a zaformuje se buď pēchováním nebo do samotvrdnouce směsi a zůstává ve formě až do odlévání tzv. metoda plné formy. Pro výrobu jednoho kusu (pro výrobu odlitků pro lisovací a tvářecí nářadí).
- Využívá se však i pro velkosériovou výrobu Lost Foam (ztracená pěna). Forma se nepēchuje, ale zasypává suchým ostřivem bez pojiva (směs III. generace) a povrch modelu se musí opatřit ochranným nátěrem proti penetraci kovu.
- **Výhody metody** – umožňuje lití tvarově složitých dílů bez nutnosti vyjímání modelu. Odpadá tedy potřeba úkosů, úprav dělicí roviny, vnějších jader a komplikovaného formování (též pro výrobu prototypů), kusová i sériová výroba (např. tělesa a díly elektromotorů).





Výroba dílu modelu a vtoku z expandovaného polystyrenu



Lepení do stromečku



Nátěr modelu



Sušení Nátěru



Uložení modelu do pisku



Zhuštění



Odlévání



Tuhnutí pod tlakem



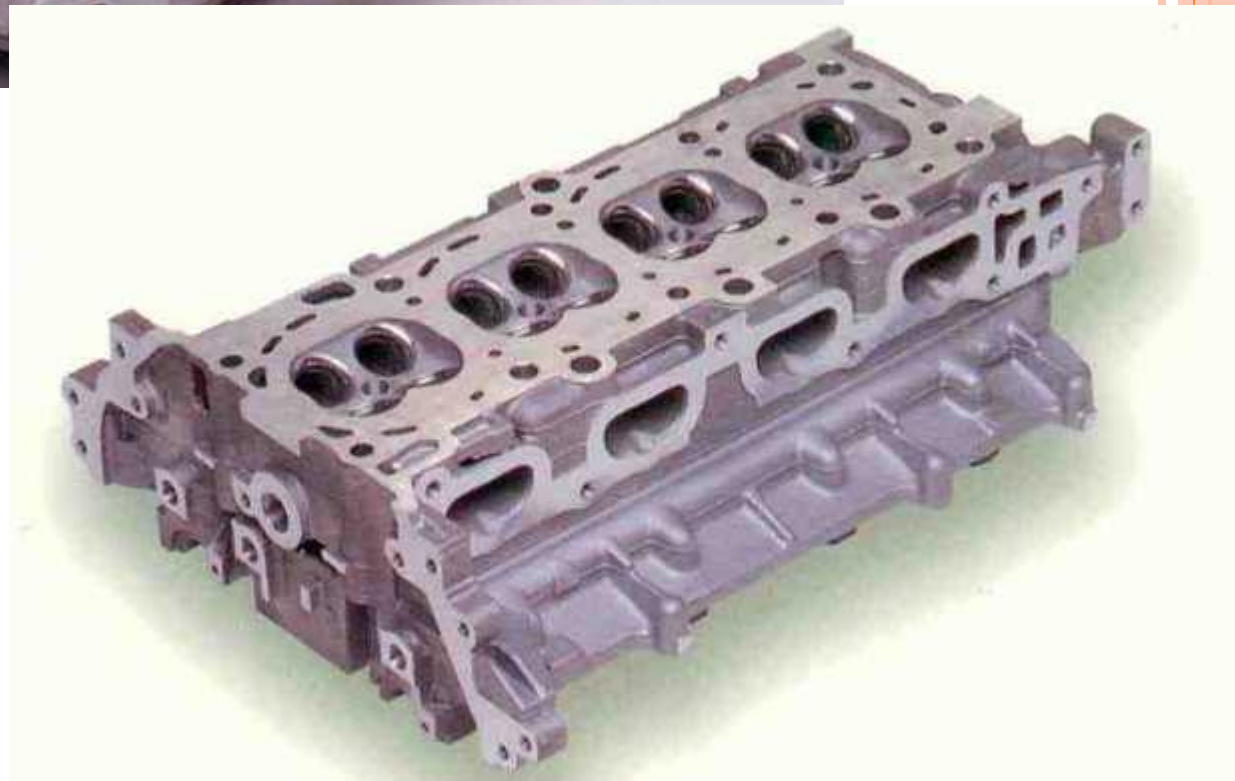
Vytažení odlitku



Čištění



Řezání, broušení



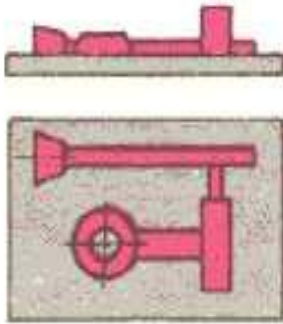
METODA SKOŘEPINOVÉHO LITÍ „CRONING“

- Tzv. metoda „C“ – využívá uměle připravená organická pojiva. Vysoká kvalita povrchu, rozměrová přesnost a poměrně komplikované tvary, odlitky s minimálními přídávky na obrábění. Užívá se např. pro výrobu žebrovaných hlav válců vzduchem chlazených motorů a kompresorů, klikové a vačkové hřídele, výfuková potrubí apod. Na obr. odlitek těla malé turbíny

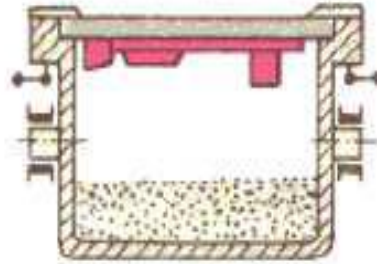


- **Princip metody** – při výrobě skořepin se postupuje tak, že se kovová modelová deska s kovovým modelem ohřeje na teplotu 150 až 290 °C, postříká se emulzí, zabraňující přilepení směsi a překlopí se na nádobu se směsí. Po spojení modelové desky a nádoby se směsí se celek otočí o 180°. Pryskyřice na povrchu teplého modelu taje a váže písek, vytváří skořepinu o tloušťce několika milimetrů, lpící na modelu. Celek se znovu otočí zpět, aby z modelu odpadla nespotřebovaná směs. Modelová deska se skořepinou se vloží do sušárny, v níž nastane polymerace pryskyřice obsažené ve směsi. Po vytvrzení se skořepina oddělí od modelové desky. Dvě poloviny skořepiny, tvořící formu se pak složí a spojí lepením, sešroubováním nebo sepnutím. Takto složená forma se ve vhodném rámu obsype litinovým nebo křemenným pískem a je připravena k lití.

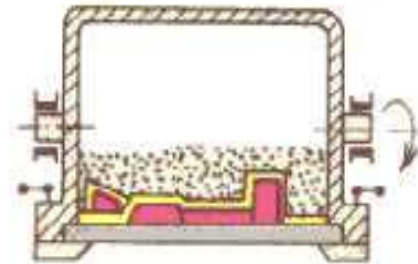




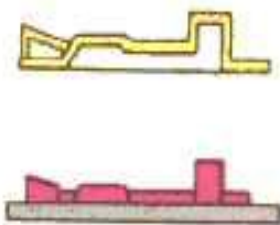
1. modelová deska



2. zásobník písku s modelovou deskou před překlopením



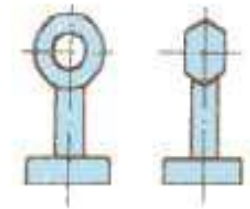
3. vytváření skořepiny



4. vytvrzená skořepina



5. skořepinová forma připravená k lití



6. odlitek

- Výhody metody – nízká spotřeba formovací směsi, vysoká rozměrová přesnost odlitků, hladký povrch odlitků, možnost lití složitých tvarů, jednoduchost zařízení, dobrá rozpadovost forem.
- Nevýhody metody – vysoké náklady na výhodu modelového zařízení, vysoká cena formovací směsi, možnost použití pro odlitky do hmotnosti zhruba 50 kg.



DOPORUČENÁ LITERATURA:

- Fischer, U. a kol. *Základy strojnictví*. Praha:Europa-Sobotáles cz, 2004. 296 s. ISBN 80-86706-09-5.
- NĚMEC, M., SUCHÁNEK, J., ŠANOVEC, J., *Základy technologie I*, 2. přepracované vydání, Vydavatelství ČVUT Praha 2011. 159 s. ISBN 978-80-01-04867-2.

- http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/video/video.htm

