

SVEUČILIŠTE U SPLITU
SVEUČILIŠNI ODJEL ZA STRUČNE STUDIJE
Studij konstrukcijskog strojarstva



***PROIZVODNI POSTUPCI I
LIJEVANJE***

PRAKTIKUM ZA LABORATORIJSKE VJEŽBE

Razradio: Slaven Šitić, v.pred.

Split, 2018.

Sadržaj :

VJEŽBA br. 1 - IZRADA ODLJEVAKA U JEDNOKRATNOM PJEŠČANOM KALUPU ..	4
VJEŽBA br. 2 - KOKILNI LIJEV	8
VJEŽBA br. 3 CENTRIFUGALNI LIJEV	13
VJEŽBA br. 4 - PRECIZNI LIJEV S ISPARIVIM MODELOM.....	17
VJEŽBA br. 5 - PRECIZNI LIJEV S LAKOTALJIVIM MODELOM.....	23

SVEUČILIŠTE U SPLITU
SVEUČILIŠNI ODJEL ZA STRUČNE STUDIJE
Studij konstrukcijskog strojarstva



***PROIZVODNI POSTUPCI I
LIJEVANJE***

VJEŽBA br.1

**IZRADA ODLJEVKA U JEDNOKRATNOM
PJEŠČANOM KALUPU**

Razradio: Slaven Šitić, v. pred.

Split, 2018.

Vježba br. 1

IZRADA ODLJEVKA U JEDNOKRATNOM PJEŠČANOM KALUPU

OSNOVE LIJEVANJA U PIJESKU

Cilj vježbe je :

Izvršiti lijevanje u jednokratnom pješčanom kalupu. Na osnovu trajnog višedijelnog modela od drveta za odljevak u pijesku, izvršiti pripremu kalupne mješavine, kao i jezgrene mješavine. Pripremiti jezgrenik s odgovarajućom armaturom te izraditi pješčanu jezgru. Na modelnoj ploči na osnovu razdjelne plohe pripremiti gornjak i donjak s višedijelnim modelom. Izvršiti proračun zasipa aluminijske legure te pripremiti talinu u peći. Prikazati i objasniti postupak pripreme: punjenja (sabijanja), stvrdnjavanja i vađenja modela iz kalupa. Izvršiti proces lijevanja uz odgovarajuću zaštitu te nakon hlađenja očistiti odljevak. Očišćeni odljevak vizualno pregledati i prokomentirati rezultate postupka lijevanja kao i eventualne pogreške nastale u procesu lijevanja.

Oprema i materijal :

METALNI RADNI STOL s odgovarajućim odsisom plinova nastalih u procesu lijevanja kao i zaštitom od prolijevanja taline.

ZAŠTITNA ODJEĆA rukavice, kožna pregača, odgovarajuća obuća i zaštitna maska

LJEVAČKA KLIJŠTA za siguran prihvata ljevačkog lonca

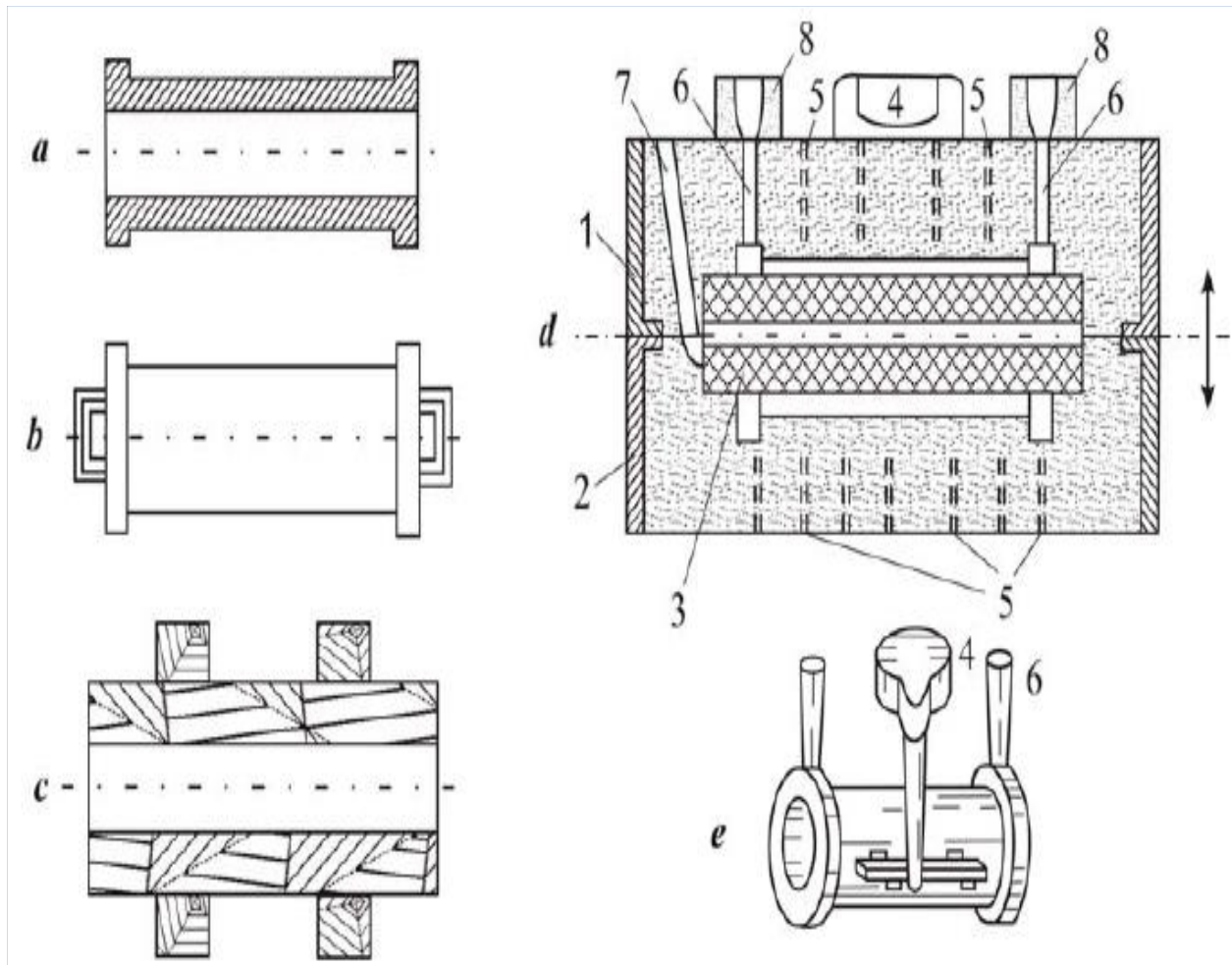
KOMORNA PEĆ za taljenje zasipa

LJEVAČKI LONAC izrađen od nehrđajućeg čelika sa posebnim prihvatom

LOMLJEVINA od ostataka odljevaka blokova motora, limova i traka
DRVENI VIŠEDJELNI MODEL s uljevnim sustavom, razvodnikom, odušcima, modelnom pločom, jezgrenikom i ravnom za edukativne svrhe

DVODJELNI KALUP dimenzija 200 x 200 x 200mm

KVARCNI PIJESAK , glina i talk (puder)



a) obrađeni odljevak

c) jezgrenik

e) odljevak s priljevcima

b) model odljevka

d) sklopljeni kalup

1-gornjak

2-donjak

3-jezgra

4-uljevna čaška

5-ventilacijski odušci

6-odušci

7-odušak jezgre

8-čaška oduška

Slika 1. Model s potrebnim dijelovima , sklopljenim kalupom i gotovim odljevkom [1]



Slika 2. Na slici je prikazan višedijelni model s modelnom pločom, kalupnicma (donjak i gornjak), jezgrenici s izrađenom jezgrom te gotovi i obrađenim odljevak

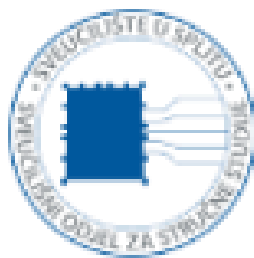
Izvođenje vježbe :

- Na modelnu ploču postaviti kalupnik (donjak).
- Prilikom postavljanja kalupnika obratiti pažnju na dijelove modela koji se postavljaju na modelnu ploču koja predstavlja razdjelnu plohu.
- Prosijati i pripremiti pješčanu smjesu (obratiti pažnju prilikom pripreme jezgrene i modelne smjese).
- Premazati model talkom radi lakšeg vađenja iz kalupne šupljine
- Pripremljenu pješčanu smjesu za model zapuniti u kalupniku (donjak) postavljenom na modelnoj ploči te sabiti prema utvrđenom redosljedu.
- Nakon uklanjanja donjaka s modelne ploče na isti način pripremiti i gornjak. Po završetku procesa sušenja smjese izvršiti vađenje modela. Obratiti pažnju prilikom vađenja modela iz kalupne šupljine (smjer izvlačenja dijelova modela) kako ne bi došlo do urušavanja pješčane stjenke kalupa.
- Pripremiti jezgrenu mješavinu.

- U jezgrenik umetnuti odgovarajuću armaturu te zapuniti pripremljenom jezgrenom pješčanom smjesom.
- Sastaviti kalupnike uz prethodno umetanje pripremljene jezgre i pažljivo centriranje.
- Izvršiti bušenje kalupa za oduške jezgre te ukloniti pijesak koji je uslijed bušenja ostao u prostoru kalupne šupljine, pričvrstiti kalupnike kako ne bi došlo do odvajanja kalupnika uslijed statičkog tlaka taline.
- Postaviti izrađeni uljevni sustav (uljevu čašu) radi lakšeg proticanja taline
- Kontrolirati lomljevinu i kemijski sastav ulazne sirovine (proračun kemijskog sastava budućeg odljevka) uz mjerenje težinskog udjela pojedinih komada lomljevine koji će se ubaciti u lonac za taljenje.
- Izvršiti pripremu taline uz odgovarajuću temperaturu u peći te istu uliti u kalupnu šupljinu (prilikom ulijevanja osigurati prostor)
- Nakon hlađenja izvršiti istresanje odljevka iz kalupnika, izbiti preostali pijesak iz jezgrene šupljine te izvršiti čišćenje odljevka.
- Na odljevku treba uočiti eventualne pogreške nastale u procesu lijevanja te otkinuti sve priljeve koji će biti ponovo iskorišteni u procesu lijevanja uz poznati kemijski sastav.

Vlastita zapažanja:

SVEUČILIŠTE U SPLITU
SVEUČILIŠNI ODJEL ZA STRUČNE STUDIJE
Studij konstrukcijskog strojarstva



***PROIZVODNI POSTUPCI I
LIJEVANJE***

VJEŽBA br.2

KOKILNI LIJEV

Razradio: Slaven Šitić, v. pred.

Split, 2018.

Vježba br.2

KOKILNI LIJEV

Cilj vježbe je :

Izvršiti lijevanje olovnica u čeličnoj dvodijelnoj metalnoj kokili. Na osnovu potrebne količine odljevaka pripremiti posudu s rastaljenim olovom za lijevanje. Pomoću metalnog lončića napravljenog od visokolegiranog nehrđajućeg čelika niske toplinske vodljivosti izvršiti proces lijevanja u metalni kalup. Tijekom procesa lijevanja uz odgovarajuću zaštitu te nakon hlađenja izbiti odljevak s metalne jezgre te izvršiti pregled odljevka. Ukoliko je uočena nepravilnost kao što je to nepotpun odljevak (odmetak) isti vratiti u posudu s rastaljenim olovom i sačekati da se odmetak rastali. Uljevni sustav odstraniti pomoću kliješta te ga ponovo vratiti u posudu za pripremu taljevine. Prokomentirati rezultate postupka lijevanja kao i eventualne pogreške nastale u procesu lijevanja.

Oprema i materijal :

METALNI RADNI STOL s odgovarajućim odsisom plinova nastalih u procesu lijevanja
ZAŠTITNA ODJEĆA rukavice, kožna pregača, odgovarajuća obuća i zaštitna maska
POSUDA ZA TALJENJE zasipa (olova)
LJEVAČKI LONAC izrađen od nehrđajućeg čelika s posebnim prihvatom (ručnikom)
LIJEVAČKA KLIJŠTA za siguran prihvati ljevačkog lonca
LOMLJEVINA – olovni komadi i šipke
DVODJELNA METALNA KOKILA s uljevnim sustavom, razvodnikom
METALNA JEZGRA izrađena od čelične šipke promjera Ø10 mm s formiranim krajem radi lakšeg učvršćenja za radni stol
ČEKIĆ za izbijanje odljevka sa jezgre



Slika 3. Kokilna kliješta sa metalnom jezgrom za izradu olovnica

Izvođenje vježbe :

- U peći ili na plinskom plameniku rastaliti olovo koje se nalazi u posudi od legiranog CrNi čelika.
- Na masivnom metalnom stolu pričvrstiti metalnu jezgru tako da kraj jezgre bude slobodan tj. izbačen od stola cca 200 mm.
- Prostor ispod metalne jezgre prethodno osigurati i zaštititi u slučaju da dođe do prelijevanja taline prilikom ulijevanja u kalupnu šupljinu
- Lončić za lijevanje olovnica zagrijati kako bi se proces lijevanja mogao neometano odvijati.
- Izvršiti ulijevanje taline u kalupnu šupljinu prateći pri tom da brzina lijevanja bude odgovarajuća kao i količina taline. Naime potrebno je voditi računa da se dotok taline ne prekida te da se pojavi talina na površini uljevnog sustava.
- Nakon završenog procesa lijevanja sačekati određeno vrijeme kako bi se izvršilo skrućivanje olova

- Potrebno je kalup izbiti s umetnute jezgre koja je pričvršćena za stol laganim udarcima čekića po kalupu u smjeru jezgre, a nakon toga rastvoriti kalup pomoću prihvata u obliku kliješta te osloboditi odljevak.
- **VAŽNO:** Odljevak ne dirati golim rukama jer može doći do neželjenih opeklin .
- Ukoliko je vizualnom kontrolom utvrđena ispravnost odljevka, izvršiti otkidanje ulijevanog sustava i vraćanje istog kao sekundarne sirovine poznatog kemijskog sastava u lonac sa talinom.
- Ako se vizualnom kontrolom utvrdi neispravnost odljevka bilo uslijed nepotpunog odljevka ili nekih drugih grešaka tada se odljevak proglašava neispravnim (odmetak) i čitav vraća u lonac s talinom.

Vlastita zapažanja:

SVEUČILIŠTE U SPLITU
SVEUČILIŠNI ODJEL ZA STRUČNE STUDIJE
Studij konstrukcijskog strojarstva



***PROIZVODNI POSTUPCI I
LIJEVANJE***

VJEŽBA br.3

CENTRIFUGALNI LIJEV

Razradio: Slaven Šitić, v. pred.

Vježba br.3

CENTRIFUGALNI LIJEV

Cilj vježbe:

Izvršiti lijevanje odljevka pomoću uređaja za centrifugalno lijevanje. Prije početka izvođenja same vježbe potrebno je izvršiti proračun punjenja kalupne šupljine s obzirom na željene konačne dimenzije. U obzir uzeti i dodatak za obradu kako na površini tako i unutarnjem dijelu odljevka te koničnu šupljinu kalupa napravljenu radi lakšeg izbijanja odljevka iz kalupa. Uređaj je izrađen kao horizontalni centrifugalni lijev s mogućnošću promjene brzine lijevanja. U peći će se pripremiti odgovarajuća količina taline te pomoću lonca prenijeti do kalupa. Kalup će rotirati određenom brzinom, a talina uliti pomoću ulijevanog sustava posebno izrađenog za ovaj tip odljevka u kalupnu šupljinu. Za vrijeme hlađenja kalup će rotirati, a nakon završetka procesa hlađenja odljevak će se izvaditi iz kalupa.

Oprema i materijal :

METALNI RADNI STOL s odgovarajućim odsisom plinova nastalih u procesu lijevanja
UREĐAJ ZA CENTRIFUGALNO LIJEVANJE
POMIČNA MJERKA za uvid u dimenzije kalupa i lonca, a u svrhu izračuna potrebnih dimenzija
PRECIZNA VAGA za određivanje količine metalnog zasipa
ZAŠTITNA ODJEĆA rukavice, kožna pregača, odgovarajuća obuća i zaštitna maska
KOMORNA PEĆ za taljenje zasipa
LJEVAČKI LONAC izrađen od nehrđajućeg čelika s posebnim prihvatom
LIJEVAČKA KLIJŠTA za siguran prihvrat lijevačkog lonca
LOMLJEVINA sekundarna od raznih odljevaka te otpadni aluminij
TRODIELNI METALNI KALUP horizontalno položen sa otvorom na čelu za uljev taline
IMBUS garnitura za rastavljanje trodijelnog kalupa
ČEKIĆ za izbijanje odljevka iz kalupne šupljine



Slika 4. Uređaj za izradu horizontalnog centrifugalnog lijeva s odljevcima različite debljine stijenke

Izvođenje vježbe :

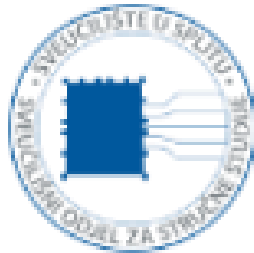
- Na masivni metalni stol postaviti uređaj za horizontalni centrifugalni lijev pri tom paziti na mogućnost ulijevanja taline.
- Priključiti uređaj i izvršiti probu rada te podesiti brzinu vrtnje.
- Na osnovu poznatih dimenzija kalupne šupljine i dimenzija budućeg odljevka proračunati volumen i težinu budućeg zasipa i pri tom uzeti u obzir dodatak za obradu.

- S obzirom na dimenzije ljevačkog lonca definirati zapreminu taline koja će se iz peći uliti u ljevački lonac.
- Izvršiti pripremu zasipa i ugrijati peć na odgovarajuću temperaturu.
- Zapuniti posudu u peći zasipom i sačekati da se rastali.
- U zagrijani lonac uliti točno odgovarajuću količinu taline do prethodno definirane visine u ljevačkom loncu.
- Kalup i uljevni sustav predgrijati pomoću plinskog gorionika uz kontrolu temperature IC termometrom do željene temperature.
- U kalup koji rotira uliti talinu preko ulijevanog sustava te pri tom voditi računa da brzina ulijevanja bude odgovarajuća (presporim ulijevanjem dio taline će se skrutnuti u uljevnom sustavu).
- Nakon procesa hlađenja kalupa izvršiti vađenje odljevka iz trodijelnog kalupa.
- Kontrolirati dimenzije odljevka i usporediti s proračunskim veličinama
- Prokomentirati prednosti i nedostatke te uočiti eventualne greške u procesu lijevanja.

Mjerenja i opažanja :

- a)** Vizualno promotriti odljevak!
- b)** Izvršiti mjerenja dimenzija i težine neobrađenog odljevka!
- c)** Izvršiti strojnu obradu dijela vanjskog i unutarnjeg plašta!
- d)** Uočiti greške i prokomentirati uzroke njihovog nastajanja!
- e)** Izvršiti mjerenja dimenzija i težine obrađenog odljevka!

SVEUČILIŠTE U SPLITU
SVEUČILIŠNI ODJEL ZA STRUČNE STUDIJE
Studij konstrukcijskog strojarstva



***PROIZVODNI POSTUPCI I
LIJEVANJE***

VJEŽBA br.4

***PRECIZNI LIJEV S JEDNOKRATNIM
LAKOISPARLJIVIM MODELOM***

Razradio: Slaven Šitić, v. pred.

Split, 2018.

Vježba br.4

PRECIZNI LIJEV S JEDNOKRATNIM LAKOISPARLJIVIM TVARIMA

Cilj vježbe je :

Izvršiti lijevanje koristeći jednokratni model izrađen od lako isparljive tvari (polistiren) u pješčanom kalupu. Na osnovu lako isparljivog modela izvršiti pripremu potrebne količine kalupne mješavine. Na modelnoj ploči postaviti kalup koji će osigurati potrebnu visinu popunjavanja pješčanom mješavinom. Ukoliko na modelu ne postoji predviđeni uljevnj sustav za normalni dotok taline do modela potrebno je izraditi uljevnj šupljinu. Za izradu uljevnj šupljine može se koristiti i dio izrađen od drvenog uljevnog sustava (višekratni model) koji će nakon sušenja (stvrđnjavanja) kalupne mješavine biti uklonjen. Također je potrebno izraditi oduške u kalupnoj mješavini, a posebno na mjestu gdje je model izdignut kako bi se omogućilo plinovima nastalim u procesu isparavanja tvari nesmetani izlazak. Ukoliko na tom mjestu ne bi bilo oduška postojala bi mogućnost nastanka plinskog svoda gdje bi bio onemogućen dotok taline. U tom slučaju odljevak bi bio nepotpun. Za pripremu taline u peći potrebno je izvršiti proračun zasipa aluminijske legure.

Prikazati i objasniti postupak pripreme: punjenja (sabijanja), stvrđnjavanja i vađenja modela iz kalupa. Izvršiti proces lijevanja uz odgovarajuću zaštitu, te nakon hlađenja očistiti odljevak. Očišćeni odljevak vizualno pregledati i prokomentirati rezultate postupka lijevanja kao i eventualne pogreške nastale u procesu lijevanja.

Oprema i materijal :

METALNI RADNI STOL s odgovarajućim odsisom plinova nastalih u procesu lijevanja kao i zaštitom od prolijevanja taline.

ZAŠTITNA ODJEĆA rukavice, kožna pregača, odgovarajuća obuća i zaštitna maska

LJEVAČKA KLIJŠTA za siguran prihvata ljevačkog lonca

KOMORNA PEĆ za taljenje zasipa

LJEVAČKI LONAC izrađen od nehrđajućeg čelika s posebnim prihvatom

LOMLJEVINA od ostataka odljevaka blokova motora, limova i traka

JEDNOKRATNI MODEL izrađen od polistirola
ULJEVNI SUSTAV izrađen od drveta
JEDNODIJELNI KALUP dimenzija 200 x 200 x 200mm ukoliko je
visina i širina odljevka manja od 100 mm
KVARCNI PIJESAK i vezivo



Slika 5. Na slici je prikazan donjak i jednokratni lako isparivi model s zapunjenom jezgrenom šupljinom

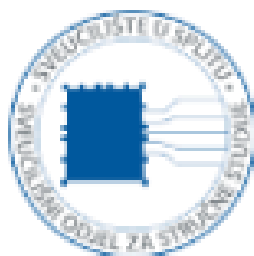
Izvođenje vježbe :

- Pripremiti kalupnu mješavinu i kalupnik na modelnoj ploči.
- Pripremljenu pješčanu smjesu za model zapuniti u kalupniku kako bi se osigurala dovoljna količina pješčane smjese na modelnoj ploči u visini 20 – 50 mm
- Oko postavljenog jednokratnog modela (polistirena) zapuniti pješčanu smjesu i pritom voditi računa o postavljanju uljevnog sustava kao i pozicije najviše točke modela.
- Jezgrenu šupljinu zapuniti pješčanom smjesom
- Na donjak postaviti gornjak i drveni trajni uljevni sustav koji treba pozicionirati na najvišoj točki modela.
- Poravnati pješčanu smjesu do visine ulijevanog sustava.

- Drveni uljevni sustav izvaditi i pri tom voditi računa da se ne uruši stjenka kalupne šupljine.
- Izraditi bušenjem oduške odljevka na mjestima najviših točaka jednokratnog modela. Sva zrnca pijeska po mogućnosti ukloniti kako bi se talina mogla nesmetano lijevati.
- Kontrolirati lomljevinu i kemijski sastav ulazne sirovine (proračun kemijskog sastava budućeg odljevka) uz mjerenje težinskog udjela pojedinih komada lomljevine koji će se ubaciti u lonac za taljenje.
- Izvršiti pripremu taline uz odgovarajuću temperaturu u peći te istu uliti u kalupnu šuplinu (prilikom lijevanja osigurati prostor)
- Nakon hlađenja vrši se istresanje odljevka iz kalupnika i čišćenje odljevka.
- Na odljevku treba uočiti eventualne pogreške nastale u procesu lijevanja, te otkinuti sve priljevke koji će biti ponovo iskorišteni u procesu lijevanja uz poznati kemijski sastav.

Vlastita zapažanja:

SVEUČILIŠTE U SPLITU
SVEUČILIŠNI ODJEL ZA STRUČNE STUDIJE
Studij konstrukcijskog strojarstva



***PROIZVODNI POSTUPCI I
LIJEVANJE***

VJEŽBA br.5

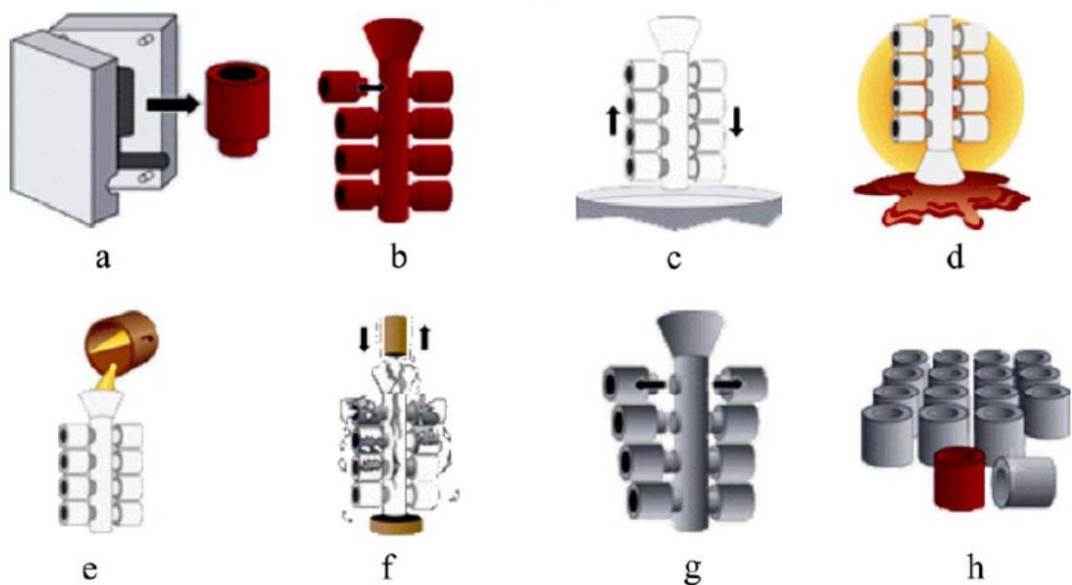
***PRECIZNI LIJEV SA JEDNOKRATNIM
LAKOTALJIVIM MODELOM***

Razradio: Slaven Šitić, pred.

Split, 2018.

Vježba br. 5

PRECIZNI LIJEV S JEDNOKRATNIM LAKOTALJIVIM TVARIMA



Slika 6 . Na slici je prikazan postupak izrade odljevaka u grozdu pomoću voštanih modela [2]

Cilj vježbe je :

Izvršiti lijevanje koristeći jednokratni model izrađen od lako taljive tvari (vosak). Prikazati proces izrade modela u kalupu za izradu modela od voska. Izrađeni model ravnomjerno se oblaže odgovarajućom vatrootpornom bojom i pijeskom dovoljne debljine da se ostvari mogućnost ulijevanja taline u novonastalu kalupnu šupljinu. Vosak odstraniti zagrijavanjem i pripremiti zasip. Izvršiti proces lijevanja uz odgovarajuću zaštitu te nakon hlađenja očistiti odljevak razbijanjem kalupa. Očišćeni odljevak vizualno pregledati i prokomentirati rezultate postupka lijevanja kao i eventualne pogreške nastale u procesu lijevanja.

Oprema i materijal :

METALNI RADNI STOL s odgovarajućim odsisom plinova nastalih u procesu lijevanja kao i zaštitom od prolijevanja taline.
ZAŠTITNA ODJEĆA rukavice, kožna pregača, odgovarajuća obuća i zaštitna maska
LJEVAČKA KLIJŠTA za siguran prihvrat lijevačkog lonca
KOMORNA PEĆ za taljenje zasipa
NISKOTEMPERATURNNA PEĆ za taljenje voska
TRAJNI KALUP ZA LIJEVANJE MODELA izrađen od lake legure
LJEVAČKI LONAC izrađen od nehrđajućeg čelika s posebnim prihvatom
LOMLJEVINA od ostataka odljevaka blokova motora, limova i traka aluminijske legure
VOSAK za izradu modela
POSUDA ZA VATROOTPORNOST BOJU dovoljnog kapaciteta da se u nju može uroniti voštani model
POSUDA ZA POSIPANJE uronjenog voštanog modela u vatrootpornu boju
JEDNODIJELNI KALUP dimenzija 200 x 200 x 200mm ukoliko je visina i širina odljevka manja od 100 mm
KVARCNI PIJESAK (finoća zrna 0.07 mm)
VATROOTPORNOST BOJA
PLITKA POSUDA ZA TALJENJE VOSKA
DRŠKA ZA ROTACIJU MODELA

Izvođenje vježbe :

- Peć zagrijati na temperaturu taljenja voska.
- U postojeću dvodijelnu kalupnu šupljinu za izradu modela uliti rastaljeni vosak, utisnuti na gornjoj strani modela dršku za prihvrat modela i sačekati da se vosak skrutne.
- Vosak izvaditi iz kalupne šupljine i uroniti u vatrootpornu boju tako da drška za prihvrat ostane vani.
- Model izvaditi iz boje i posuti ga pijeskom. Za vrijeme posipanja pijeskom model treba rotirati oko svoje osi držeći ga za ručku tako da se pijesak zalijepi po čitavoj površini modela osim uljevnog dijela.
- Pijesak s uljevnog dijela modela odstraniti, te osušiti u zagrijanoj pećnici ili u struji toplog zraka.
- Ovaj proces uranjanja i posipanja ponoviti toliko puta dok se ne dobije dovoljna debljina sloja oko modela (cca 3 - 5 mm) koja će formirati buduću stjenku kalupa.

- Tako pripremljeni kalup s modelom postaviti u peć da se vosak rastopi iznad posude u kojoj će se prikupiti i ponovno iskoristiti za izradu slijedećeg modela.
- Novonastalu kalupnu šupljinu postaviti u peći i zagrijati na odgovarajuću temperaturu kako bi eventualni preostali vosak izgorio.
- Ovako pripremljeni kalup je spreman za ulijevanje taline.
- Kontrolirati lomljevinu i kemijski sastav ulazne sirovine (proračun kemijskog sastava budućeg odljevka) uz mjerenje težinskog udjela pojedinih komada lomljevine koji će se ubaciti u lonac za taljenje.
- Izvršiti pripremu taline uz odgovarajuću temperaturu u peći te istu uliti u zagrijanu kalupnu šupljinu (prilikom ulijevanja osigurati prostor).
- Nakon hlađenja vrši se istresanje odljevka iz kalupnika te čišćenje odljevka.
- Na odljevku treba uočiti eventualne pogreške nastale u procesu lijevanja te otkinuti sve priljeve koji će biti ponovo iskorišteni u procesu lijevanja kao zasip s poznatim kemijskim sastavom.

Vlastita zapažanja:

LITERATURA

1. LJEVAČKI PRIRUČNIK, Savez ljevača Hrvatske, Zagreb, 1985.
2. BASICS OF METAL-CASTING,
http://heim.ifi.uio.no/~matsh/591188/Terminator/FAQ/2_casting.pdf