

**Viša tehnička škola
Subotica**

Dr Zoran Anišić

PROIZVODNE TEHNOLOGIJE II
- skripta -

TEHNOLOGIJA LIVENJA

Subotica, 2003.

SADRŽAJ

1. TEHNOLOŠKI CIKLUS IZRADA ODLIVAKA.....	0
1.1 PROJEKTOVANJE I RAZRADA TEHNOLOŠKOG POSTUPKA IZRADE KALUPA ZA LIVENJE.....	1
1.2 KONSTRUKCIJA ODLIVAKA.....	1
1.3 IZBOR TEHNOLOGIJE LIVENJA.....	4
1.4 OSNOVNI TEHNOLOŠKI PARAMETRI KALUPA.....	13
1.4.1 Klasifikacija odlivaka.....	13
1.4.2 Tehnološka razrada crteža odlivka.....	15
1.4.3 Parametri kalupa za livenje.....	20
1.5 ULIVNI SISTEMI.....	22
1.6 NAPAJANJE ODLIVAKA.....	26
1.6.1 Zakonitosti napajanja odlivaka.....	26
1.6.2 Modul odlivka.....	27
1.6.3 Hranitelji - (vrste i oblici) -.....	28
1.6.4 Hladila.....	29
1.7 MODELI ZA LIVENJE.....	30
1.7.1 Drveni modeli.....	31
1.7.2 Modeli od gipsa.....	33
1.7.3 Modeli od veštačkih smola.....	33
1.7.4 Metalni modeli.....	35
1.7.5 Modeli za jednokratnu upotrebu.....	35
2. LIVENJE U PESKU.....	36
2.1 MATERIJALI ZA IZRADU PEŠČANIH KALUPA I JEZGARA.....	36
2.1.1 Pesak.....	36
2.1.2 Gline.....	37
2.1.3 Priprema kalupne mešavine.....	37
2.1.4 Dodaci i premazi.....	40
2.2 IZRADA PEŠČANIH KALUPA.....	40
2.2.1 Ručna izrada kalupa.....	41
2.2.2 Izrada kalupa na mašinama.....	42
2.3 IZRADA PEŠČANIH JEZGARA.....	44
2.3.1 Postupak - cold box.....	44
2.3.2 Postupak hardox - SO ₂	44
2.3.3 Postupak hot-box.....	45
2.3.4 Školjkasta jezgra.....	45
2.3.5 Postupak sa CO ₂	45
2.3.6 Uljna jezgra.....	45
3. LIVENJE POD PRITISKOM.....	46
3.1 PRIKAZ POSTUPAKA LIVENJA POD PRITISKOM.....	46
3.2 LIVENJE NA MAŠINAMA SA TOPLOM KOMOROM.....	46
3.3 LIVENJE NA MAŠINAMA SA HLADNOM KOMOROM.....	47
3.4 PARAMETRI LIVENJA POD PRITISKOM.....	47
3.5 LIVENJE POD NISKIM PRITISKOM.....	49

4. GRAVITACIONO LIVENJE	50
4.1 KARAKTERISTIKE POSTUPKA	50
4.2 TEHNOLOGIJA GRAVITACIONOG LIVENJA	51
4.2.1 <i>Konstrukcija odlivka</i>	51
4.2.2 <i>Kokile za livenje</i>	52
5. CENTRIFUGALNO LIVENJE	53
5.1 POSTUPAK CENTRIFUGALNOG LIVENJA	53
5.2 OBLAST PRIMENE CENTRIFUGALNOG LIVENJA U IZRADI ODLIVKA	55
6. PRECIZNO LIVENJE - PRECIZNI LIV -	55
6.1 OBLAST PRIMENE I SPECIFIČNOST ODLIVAKA	56
6.2 PRIKAZ POSTUPKA PRECIZNOG LIVENJA	56
6.2.1 <i>Izrada voštanih modela</i>	57
6.2.2 <i>Izrada keramičke školjke</i>	57
6.2.3 <i>Ulivanje</i>	58
7. ČIŠĆENJE ODLIVAKA	58
7.1 GRUBO ČIŠĆENJE ODLIVKA	59
7.2 POVRŠINSKO ČIŠĆENJE	59
7.3 BRUŠENJE ODLIVAKA	60
8. GREŠKE NA ODLIVCIMA	61
8.1 KLASIFIKACIJA GREŠAKA	61
8.1.1 <i>Srh (A III)</i>	62
8.1.2 <i>Šupljine (B III) - gasni mehuri</i>	62
8.1.3 <i>Prekid mase</i>	63
8.1.4 <i>Greške na površini odlivaka</i>	63
8.1.5 <i>Nepotpuna izlivenost</i>	64
8.1.6 <i>Netačne mere ili oblika</i>	64
8.1.7 <i>Uključci i nepravilna struktura</i>	64
8.2 POPRAVKA ODLIVAKA	65
8.2.1 <i>Popravka sa gitovanjem</i>	65
8.2.2 <i>Popravka zavarivanjem</i>	66
8.2.3 <i>Poravka koničnim navojnim čepovima</i>	67
8.2.4 <i>Popravak odlivka impregnacijom</i>	67

1. TEHNOLOŠKI CIKLUS IZRADE ODLIVAKA

1.1 PROJEKTOVANJE I RAZRADA TEHNOLOŠKOG POSTUPKA IZRADE KALUPA ZA LIVENJE

Jedan velik deo livnice proizvodi odlivke po narudžbi.

Najčešće se dostavlja crtež obrađenog komada (odlivka), ali sa stanovišta livarske tehnologije loš crtež odlivka.

To praktično znači, da je pre početka izrade modela i tehnološkog postupka livenja potrebno uraditi sledeće :

- *U dogovoru sa naručiocem izvršiti određene konstrukcione izmene, korekcije na crtežu dela, radi pravilnog livenja komada,*
- *izraditi crtež odlivka,*
- *odrediti položaj odlivka u kalupu,*
- *po tehnologiji livenja konstruisati modele za livenje,*
- *proračunati ulivni sistem i*
- *izraditi tehnološka uputstva za livenje.*

Prema nabrojanim tačkama treba razraditi svaki odlivak da bi se na kraju sa sigurnošću dobili pravilne ispravne komade.

1.2 KONSTRUKCIJA ODLIVAKA

Proizvodnja i oblikovanje delova mašina i uređaja livenjem, daje s obzirom na druge tehnologije izrade velike prednosti, kao što su :

- *veliku, slobodu oblika (napr. otvori, šupljine nepravilnih oblika),*
- *smanjenje utroška materijala,*
- *veliku proizvodnost oblika izrađene livenjem.*

Međutim sve ove prednosti mogu biti iskorišćene samo u slučaju da konstruktor poznaje tehnologiju livenja jer kvalitet i produktivnost u izradi odlivaka neposredno zavise od oblika odlivaka.

U praksi je uobičajno da za jedan proizvod prvo se izradi prototip, prototip služi uglavnom za ispitivanje funkcije rada proizvoda. Nakon konačne varijante vrše se pripreme za proizvodnju, što znači da je delove potrebno rekonstruisati i preoblikovati prema tehnologiji proizvodnje, pri čemu treba da se uzima u obzir :

- *traženi kvalitet,*
- *veličina serije,*
- *raspoloživa oprema i drugo.*

Svaka tehnologija zahteva i različitu konstrukciju delova :

- *kod mašinske obrade dozvoljava se nagomilavanje mase radi smanjenja obrade,*
- *kod zavarivanja uobičajena su rebra radi ukrućenja konstrukcije,*
- *dok bi u livarstvu takve konstrukcije dale odlivak vrlo niskog kvaliteta ili bi prouzrokovale velike troškove zbog povećanog škarta*
- *i za netehnološke konstrukcije može se izraditi kvalitetan odlivak, ali uz visoke troškove u proizvodnji.*

Tok konstrukcije odlivka može se podeliti na nekoliko etapa :

- izbor materijala,
- izbor tehnologije livenja,
- izbor podeone ravni kalupa,
- položaj ulivnog kanala i mesto hranitelja,
- zahtevi prema tačnosti dimenzija,
- dodaci za obradu na površinama koje se naknadno obrađuju,
- pravilno oblikovanje površina i spojeva površina po obliku,
- površine oblikovati prema zahtevima kalupovanja (nagibi).

Izbor materijala :

Svaka od legura ima svoje prednosti za primenu određenih odlivaka kao što je to već izloženo u delu legure za livenje.

Sažet prikaz prednosti primene pojedinih legura sa primerima upotrebe je sledeći :

1) **Sivi liv:**

prednosti :

- niska cena materijala,
- zadovoljavajuća tvrdoća, čvrstoća,
- velika čvrstoća na pritisak,
- dobra osobina prigušenja vibracije,
- otporna na toplotne udare,
- veoma dobra livljivost.

primena :

- kućišta reduktora i alatnih mašina,
- blokovi motora i kompresora, klipni prstenovi,
- kanalizacione cevi, rešetke, radiatora.

2) **Temper liv :**

prednosti :

- niska ili srednja cena,
- velika čvrstoća sa dobrom osobinom žilavosti,
- dobra otpornost prema habanju i koroziji.

primena :

- osovine,
- delovi poljoprivrednih mašina,
- ventili, pumpe, armature za vodovod i gasovod.

3) **Ugljeni i niskolegirani čelični liv :**

prednosti :

- visoka granica elastičnosti i čvrstoće,
- dobra žilavost i otpornost prema zamoru,
- dobro se zavaruje.

primena :

- valjci za valjaonice,
- delovi vozila, aviona, železničkih vagona,
- kućišta kovačkih presa,

- *kuku za dizalice.*

4) **Visiokolegirani čelični liv :**

prednosti :

- *dobra otpornost na koroziju u raznim sredinama,*
- *otpornost na habanje,*
- *otpornost na povišene temperature.*

primena :

- *mlaznice turbina, kućišta turbina,*
- *pumpe, ventili,*
- *delovi drobilica.*

5) **Legure bakra :**

prednosti :

- *veoma velika otpornost na koroziju,*
- *visoke mehaničke osobine,*
- *dobre osobine klizanja,*
- *dobre električne osobine.*

primena :

- *brodske elise,*
- *delovi pumpe i ventila za hemijsku industriju,*
- *delovi električnih mašina i uređaja,*
- *ležajevi, armatura.*

6) **Aluminijumske legure :**

prednosti :

- *mala gustoća - male mase delova,*
- *dobra otpornost prema koroziji,*
- *zadovoljavajuća električna svojstva,*
- *dobre osobine livljivosti.*

primena :

- *delovi u avionskoj industriji,*
- *prehrambena industrija.*

7) **Legure cinka:**

prednosti :

- *prihvatljiva čvrstoća i žilavost,*
- *dobra livljivost,*
- *mogućnost izrade komplikovanih odlivaka sa tankim zidom.*

primena :

- *masovna proizvodnja jeftinijih odlivaka,*
- *kućišta karburatora,*
- *kvake za vrata,*
- *razni okviri, šarke za nameštaj,*
- *galanterija.*

1.3 IZBOR TEHNOLOGIJE LIVENJA

Izbor tehnologije livenja vrši se na osnovu zahteva kvaliteta odlivka, veličine serije, raspoložive opreme itd. U nastavku je dat uporedni pregled različitih postupaka livenja, prema sledećim karakteristikama.

VRSTE POSTUPAKA LIVENJA KRITERIJUM	PEŠČANI LIV	KOKILNI LIV	LIV POD PRITISKOM	ŠKOLJ-KASTI LIV	PRECIZNI LIV
Relativna cena odlivka u serijskoj proizvodnji	niska	niska	najniža	srednja	visoka
Relativna cena odlivka u pojedinačnoj proizvodnji	najniža	visoka	najvišlja	visoka	visoka
Najmanja debljina zida odlivka [mm]	2,5÷5	3÷5	0,5÷2	2÷5	0,6÷1,5
Tačnost dimenzija ± [mm /m]	60÷2,5	30÷2	5÷1,3	20÷2	10÷1,7
Hrapavost površina [µm]	2,5÷25	3÷5	0,75÷7,5	2,5÷7,5	0,75÷7,5
Materijal odlivka	nema ograničenja	Cu,Al,Mg, Zn,legure	(Cu),Al, Mg,Zn, legure	nema ograničenja	nema ograničenja
Masa odlivka [kg]	nema ograničenja	0,5÷250	0,05÷100	0,1÷50	0,005÷2,5
Prosečna masa odlivka [kg]	0,5÷25	0,5÷5	0,05÷0,5	0,5÷30	0,1÷0,5
Mogućnost promene konstrukcije u toku proizvodnje	najbolja	slaba	najslabija	dobra	dobra

Posle ovih osnovnih parametara otpočinje konstrukcija odlivka, prema kriterijumima koje slede.

Izbor podeone ravni kalupa

Podeona ravan treba da je što jednostavnijeg oblika, bez preloma. Po mogućnosti potrebno je deliti odlivke na simetrične polovine sa simetričnom rasporedom mase.

Izbor podeone ravni utiče i na estetski izgled delova, prema tome treba postaviti na mestima koje ne smetaju izgledu.

Čišćenje odlivaka zbog sastava kalupa po podeonoj ravni je neophodan i u slučaju podele koja je po komplikovanoj konturi, čišćenje odlivaka je otežano.

Položaj ulivnog kanala i mesta za hranitelje

Odlivke je potrebno tako konstruisati da smer stvrdnjavanja bude prema hranitelju.

To je veoma važno, naročito za pešćane kalupe, gde je materijal kalupa toplotni izolator, a oblik odlivaka zavisi od načina stvrdnjavanja (hlađenja).

Za odlivke u metalnim kalupima može se raznim metodama menjati toplotna provodljivost i sa time uticati na smer stvrdnjavanja odlivaka, međutim ova rešenja zbog svojih komplikovanih izvedbi poskupljuju izradu odlivaka.

Treba voditi računa i o mestu pripajanja hranitelja, da se ovi mogu lako odstraniti sa odlivaka.

Zahtevi prema tačnosti dimenzija

Tačnost dimenzija odlivaka zavisi od odabrane tehnologije livenja, kalupi sa boljim mehaničkim osobinama daće tačnije odlivke (metalni kalupi-tačniji odlivci nego kod pešćanih kalupa).

Standardi obično dopuštaju veća odstupanja mera, dok su u proizvodnji ta odstupanja manja ukoliko se pridržava propisane tehnologije livenja.

Izvod iz ovih standarda radi orijentacije :

1) Dopuštena odstupanja slobodnih mera odlivaka od SL
(JUS.M.A1.420)

MERE	1.3.1.1 RUČNO			1.3.1.2 MAŠINSKO		
	SP.MERE	UNUTR.	OSTALE	SP.MERE	UNUTR.	OSTALE
do 18	+2 -1	+1 -2	±1.5	+1.5 -1	+1 -1.5	±1.3
18 ÷ 50	+2 -1.5	+1.5-2	±2.5	+2-1	+1-2	±2
50 ÷ 120	+3-1.5	+1.5-3	±3	+2.5-1	+1-2.5	±2.5
120 / 250	+3-2	+2-3	±3.5	+2.5-1.5	+1.5-2.5	±3
250 / 400	+4-3	+3-4	±4.5	+3-2	+2-3	±4
400 / 630	+6-4	+4-6	±6	+4-2.5	+2.5-4	±5

2) Dozvoljena odstupanja debljine zida odlivaka od SL
(JUS.M.A1.420)

MERE KALU- POVANJE [mm]	Do	6	10	18	30	50	80	120	180	250	315	400
	6	10	18	30	50	80	120	180	250	315	400	500
RUČNO	±1.5	±2	±2.5	±3	±3.5	±4	±4.5	±5	±5.5	±6	±6.5	±7
MAŠINSKI	±1.2	±1.5	±1.8	±2.1	±2.5	±2.8	±3.1	±3.4	±3.7	±4	±4.5	±5

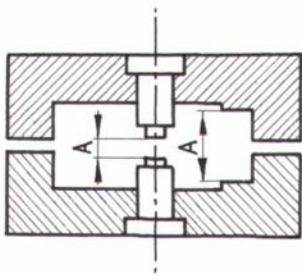
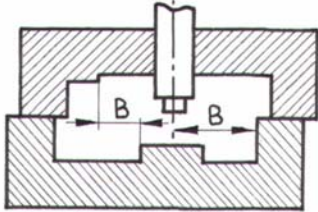
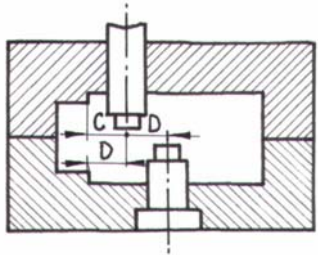
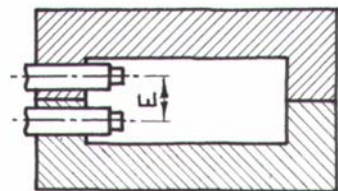
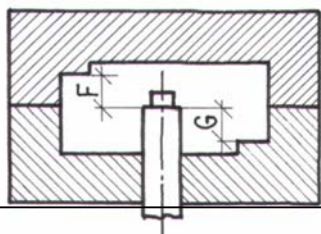
3) Dozvoljena odstupanja slobodnih mera odlivaka od lakih metala livenih u pesku
(JUS.M.A1.423)

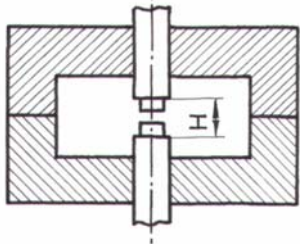
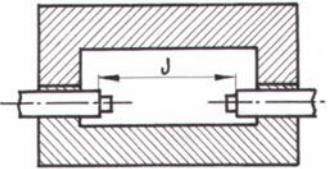
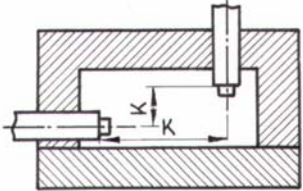
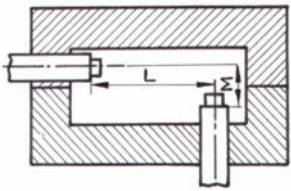
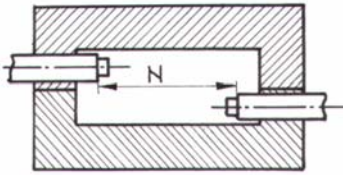
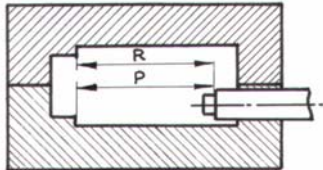
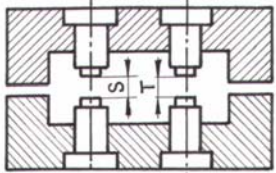
Nazivne mere	Do 50	50	80	120	180	250	315	400	500	630
		80	120	180	250	315	400	500	630	
Spoljne mere	+1.6 -1.2	+1.9 -1.5	+2.2 -1.7	+2.5 -2	+2.9 -2.3	+3.2 -2.6	+3.6 -2.9	+4 -3.2	+4.3 -3.4	
Unutrašnje mere	+1.2 -1.6	+1.5 -1.9	+1.7 -2.2	+2 -2.5	+2.3 -2.9	+2.6 -3.2	+2.9 -3.6	+3.2 -4	+3.4 -4.3	
Ostale	±1.4	±1.7	±2	±2.3	±2.6	±2.9	±3.2	±3.6	±3.9	

4) Dozvoljena odstupanja debljine zida za odlivke od lakih metala livenih u pesku
(JUS.M.A1.423)

Naz. mera	Do 6	6÷10	10÷18
Odstupanje	±1.6	±2.3	±3

5) Odstupanje nazivnih mera odlivaka livenih pod pritiskom (najviši stepen tačnosti)

SKICA	OPIS	LEGURA		
		Zn	Al i Mg	Cu
	Između dve površine u raznim polutkama alata	+0.10 0	+0.15 0	+0.20 0
	Između dve tačke u suprotnim polutkama alata paralelno sa ravnim deljenja alata	±0.08	±0.10	±0.15
	C- Između ose jezgra i tačke u istoj polovini alata D- Između osa jezgra i tačke u suprotnoj polovini alata	±0.03 ±0.15	±0.05 ±0.20	±0.08 ±0.30
	Između osa pokretnih jezgra u suprotnim delovima alata	+0.10 -0.05	+0.15 -0.08	+0.20 -0.10
	F-Između ravne jezgra i tačke u drugom delu alata G-visina ramena jezgra	±0.15 ±0.03	±0.20 ±0.05	±0.30 ±0.08

SKICA	OPIS	LEGURA		
		Zn	Al i Mg	Cu
	Između pokretnih jezgara postavljenih u suprotnim delovima alata	±0.15	±0.20	±0.30
	Između pokretnih jezgara postavljenih u istoj polovini alata	±0.20	±0.20	±0.35
	Između dva pokretna jezgra postavljenih pod 90° u istoj polovini alata	+0.15 -0.05	+0.20 -0.10	+0.30 -0.15
	L-Između u dva pokretna jezgra pod 90° u suprotnim delovima paralelno sa ravni deljenja M-Normalno na ravan deljenja	±0.15 +0.20 -0.05	±0.20 +0.25 -0.08	±0.30 +0.30 -0.10
	Između u ramena suprotno postavljenih jezgara u suprotnim delovima alata paralelno sa ravnim deljenja	±0.20	±0.30	±0.40
	P-Između pokretnog jezgra u istoj polovini alata R-U suprotnoj polovini alata	+0.10 -0.03 ±0.15	+0.15 -0.05 ±0.20	+0.20 -0.10 ±0.30
	Faktor nepodešenosti. Moguće odstupanje između dve identične mere S i T (za svakih 100 mm rastojanja)	±0.03	±0.05	±0.08

6) Dodaci za obradu na površinama koje se naknadno obrađuju. Ovi dodaci su propisani standardom (JUS KH5.050)

Dodaci za mašinsku obradu odlivaka

Najveća dimenzija odlivka [mm]	SIVI LIV					OBOJENI METALI				LAKI METALI			
	Donja i bočna pov.		Gor.	Otvor		Donja i bočna		Gor.	Donja i bočna		Gor.		
	U pesku		Pov. %	Ruč.	Maš.	U pesku		U koki li	Poveć %	U pesku		U kokil i	Poveć %
	Ruč.	Maš.				Ruč.	Maš.			Ruč.	Maš.		
Do 100	3÷4	2÷3	50	5	1	2÷3	2	1.5	30	1.5	1	1	50
100÷200	4÷4.5	3÷3.5		6	5	2÷4	2÷3	2		1.5÷2	1÷1.5	1.5	
200÷300	4.5÷5.5	3.5÷4		7	6	4÷5	2÷4	2.5		2÷2.5	1.5÷2	2	
300÷500	5.5÷6.5	4 ÷ 5		8	7	5÷6	3÷5	3		2.5÷3	2÷2.5	2.5	
500÷800	6.5÷8	5÷ 6	40	9	8	5÷7	4÷5	3÷4	20	3÷4	2.5÷3.5	-	30
800÷1200	8÷9.5	6 ÷ 7		10	9	6÷8	5÷6	4÷5		4÷5	3÷4	-	

Pravilno oblikovanje i spajanje površina

Pri oblikovanju površina veoma je bitno da se postigne ispravan smer očvršćavanja odlivaka - tj. od mesta najmanje mase prema hranitelju.

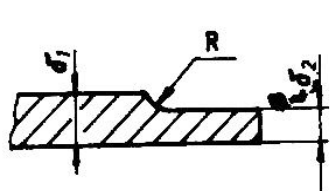
Za tu svrhu treba odlivak konstruisati :

- sa jednakim debljinama zidova (da se ne stvore uslovi za pojavu šupljina i unutrašnjih napona),
- prelaz od debelih na tanke zidove treba postepeno izvesti,
- sastave tipa X,V i Y, treba pojednostaviti i izvesti u oblik T ili L,
- na mestima spajanja zidova različitih debljina (spoj L i T), poluprečnik zaobljenja mora biti veći od tanjeg zida,
- upotreba rebara radi ukrućenja nije poželjno, umesto rebara radi ukrućenja treba menjati oblik,
- delove odlivaka većih masa treba smestiti na manje osetljiva mesta,
- svi uglovi moraju biti zaobljeni,
- treba izbegavati livenje velikih ravni horizontalnih površina, jer se na gornjoj površini lako sakupljaju nečistoće i to može prouzrokovati značajnu dodatnu obradu.

Primeri pravilno izvedenih spojeva na odlivcima :

- Konstrukcija spojeva zida raznih debljina

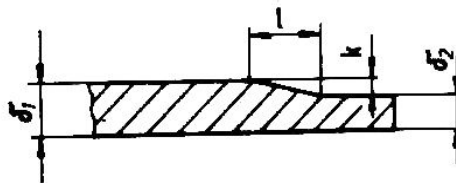
Ravni profili (prelazi zidova)



$$\frac{\delta_1}{\delta_2} \leq 1.5$$

$$\delta < 40\text{mm} \quad \delta > 40\text{mm}$$

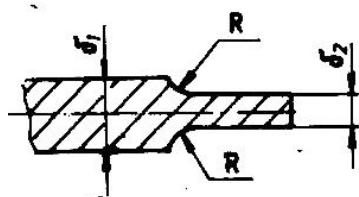
$$R = 12 \quad R = \delta/3$$



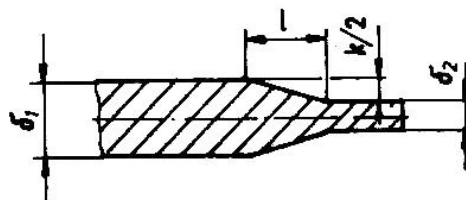
$$\frac{\delta_1}{\delta_2} > 1.5$$

$$\alpha = 15^\circ$$

$$R = \delta/3$$

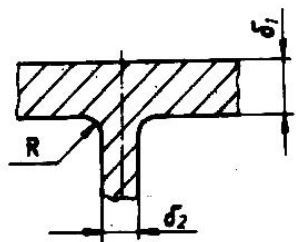


a)

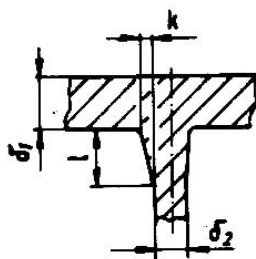


b)

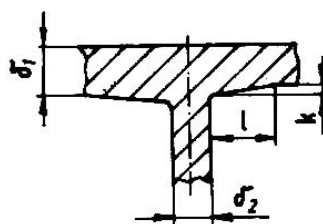
T - profili



c)



d)



e)

$$\frac{\delta_1}{\delta_2} = 1 \div 1.5$$

$$\delta_1 < 12\text{mm} \quad R = 12\text{mm}$$

$$\delta_1 = 12 \div 25 \quad R = \delta_1$$

$$\delta_1 > 25 \quad R = 25$$

$$\frac{\delta_1}{\delta_2} > 1.5$$

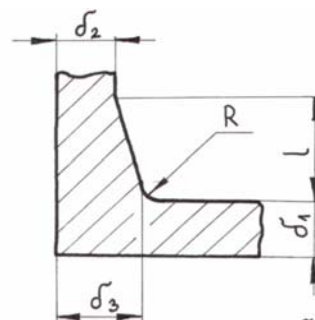
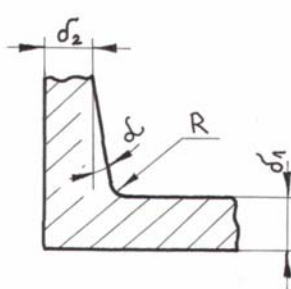
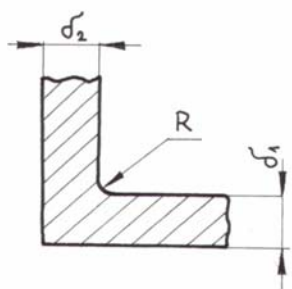
$$\alpha = 7.5^\circ$$

$$\delta_3 = (0.6 \div 0.9) \cdot \delta_1$$

$$l = 5(\delta_3 - \delta_2)/2$$

R- kao u slučaju
 $\delta_1/\delta_2 = 1 \div 1.5$

L - profil



$$\underline{\delta_1/\delta_2=1\div 1.5}$$

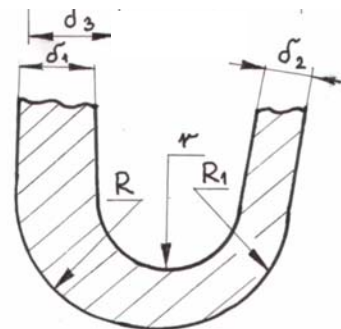
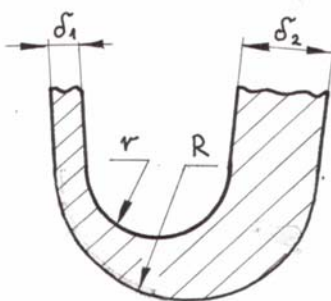
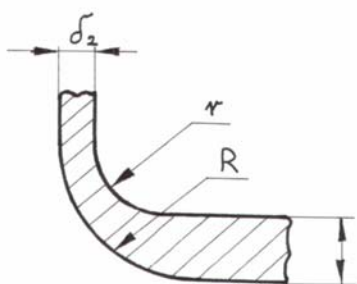
$$\begin{aligned} \delta_1 < 25 & R = \delta_1 \\ \delta_1 = 25 \div 75 & R = 25 \\ \delta_1 > 75 & R = \delta_1/3 \end{aligned}$$

$$\underline{\delta_1/\delta_2 > 1.5}$$

$$\alpha = 7.5^\circ$$

$$\begin{aligned} \delta_3 &= (0.6 \div 0.9) \cdot \delta_1 \\ l &> 5(\delta_3 - \delta_2) \end{aligned}$$

U-profil



$$\underline{\delta_1/\delta_2=1\div 1.5}$$

$$\begin{aligned} r &= (\delta_1 + \delta_2)/2 \\ R &= \delta_1 + \delta_2 \end{aligned}$$

$$\underline{\delta_1/\delta_2=1\div 1.5}$$

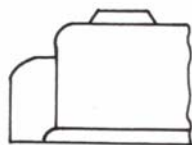
$$\begin{aligned} R &= (1 \div 1.5) \cdot r + \delta_1 \\ \delta_1 < 15 & r = 25 \\ \delta_1 > 15 & r = 1.5 \cdot \delta_1 \end{aligned}$$

$$\underline{\delta_1/\delta_2 > 1.5}$$

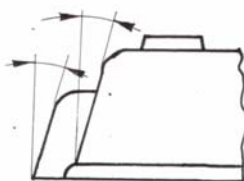
$$\begin{aligned} r &= (\delta_1 + \delta_2)/2 \\ r &> 25 \text{ mm} \\ R &= r + \delta_1 \\ R_1 &= r + \delta_2 \end{aligned}$$

Nekoliko primera loše i dobro izvedenih oblika

LOŠE



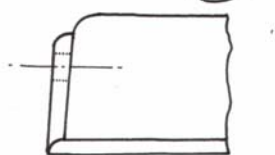
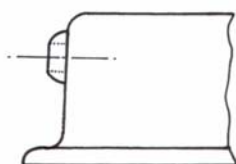
DOBRO



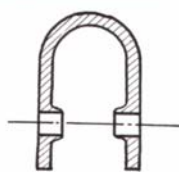
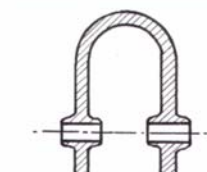
Kalupovanje sa modelima bez dovoljno nagiba je teško i skupo.



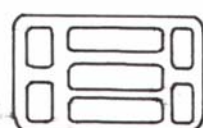
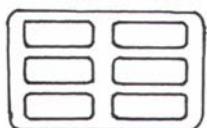
Rekonstrukcijom je izbegnuto nagomilavanje mase.



Izbegavati ispupčenja koja smetaju u pravcu kalupovanja.



Ispupčenja sa spoljne strane otežavaju kalupljenje - treba ih izbegavati.



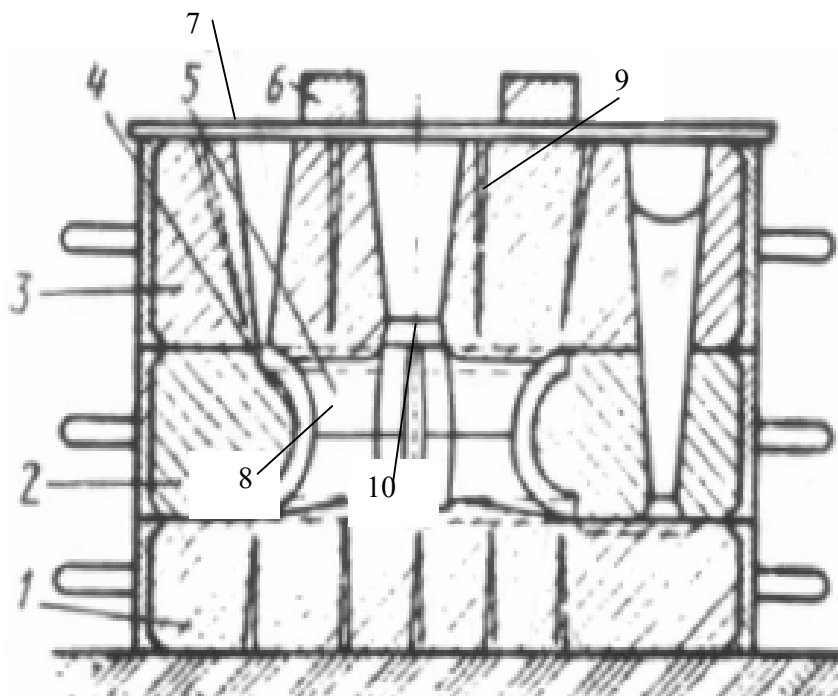
Nepravilan raspored rebara umanjuje izvitoperenja i čvorišta na sastavima.

POVRŠINE OBLIKOVATI PREMA ZAHTEVIMA KALUPOVANJA

Po mogućnosti treba izbegavati složene oblike i treba težiti ravnim i glatkim oblicima, za čega je izrada modela lakša. Kalupovanje treba rešiti sa jednom podeonom ravni, bez upotrebe spoljašnjih jezgara. Nastojati da se oblik omogući kalupovanje bez jezgara, ali ukoliko je to nemoguće treba izbegavati složena jezgra. Težiti da sva jezgra budu spojena u jedno jezgro jer je tačnost kalupovanja veća bez obzira na skuplji jezgrenik i voditi računa o lakom čišćenju jezgara.

1.4 OSNOVNI TEHNOLOŠKI PARAMETRI KALUPA

Kalup za livenje predstavlja sistem elemenata koje čine radnu šupljinu u koju se uliva rastopljeni metal u procesu stvrdnjavanja u radnoj šupljini kalupa liv se pretvara u odlivak.



KALUP ZA LIVENJE

- | | |
|-----------------------------|--------------------------|
| 1-donji deo kalupa | 8-kanali za izlaz gasova |
| 2-srednji deo kalupa | 9-ulivni levak |
| 3-gornji deo kalupa | 10-šupljina (odlivak) |
| 4-delovi modela | |
| 5-delovi modela | |
| 6-teg | |
| 7-izlaz vazduha (hranitelj) | |

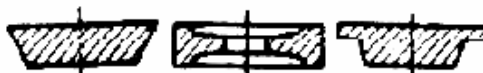
U principu, kalupi za livenje se dele na nepostojane i postojane. **Nepostojani** se upotrebljavaju za jednokratno livenje - to su kalupi od peska. **Postojani** kalupi su oni, koji za jednu vrstu odlivaka se upotrebljavaju više puta - metalni kalupi za gravitaciono i za livenje pod pritiskom. U proizvodnji odlivaka oko 95% se proizvodi u kalupima za jednokratnu upotrebu, pa zbog značaja u proizvodnji u daljnjem daće prikaz primene pešćanih kalupa.

1.4.1 Klasifikacija odlivaka

Odlivci se prema stepenu slo`enosti klasificiraju u pet grupa.

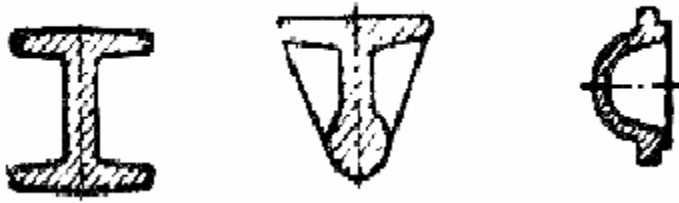
I grupa - jednostavni odlivci

-Kalupovanje se izvodi bez jezgara



II grupa - manje složeni odlivci

-Sa jednim jezgrom

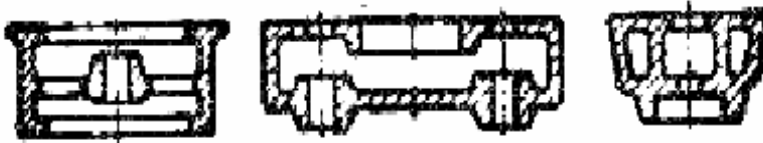


III grupa - srednje složeni odlivci

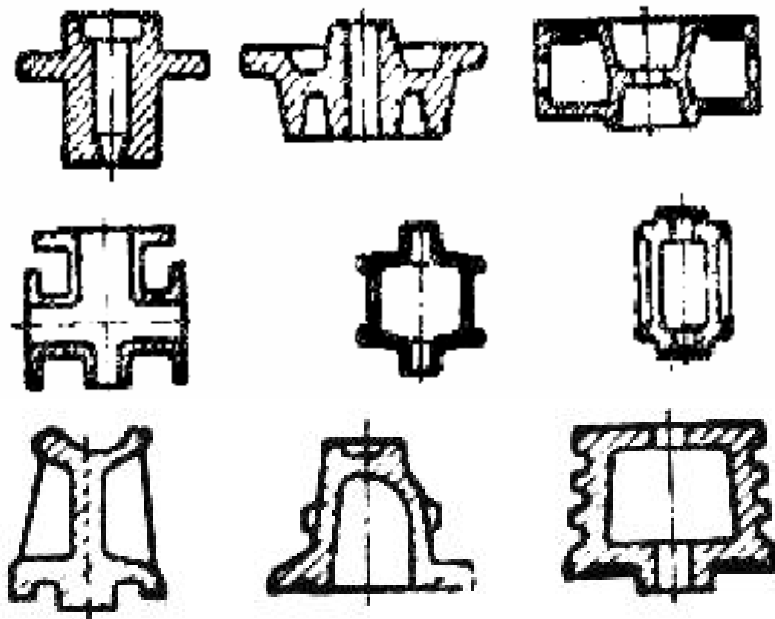
-Kutijasti odlivci



IV grupa - složeni odlivci



V grupa - najsloženiji unikatni odlivci



PORED OBLIKA, KVALITET ODLIVAKA ODREĐUJE I :

- mehaničke osobine materijala,
- tačnost dimenzija,
- čistoća - kvalitet površina,
- eksploatacijske karakteristike.

Izbor tehnološkog rešenja izrade za određenu konstrukciju odlivka treba da zadovolji:

- da se odlivak potrebnih karakteristika proizvodi sa najnižim procentom škarta,
- da se osigura visoka produktivnost sa što manjim fizičkim naprezanjima radnika,
- da odlivak bude izrađen sa najmanjim dodacima za obradu.

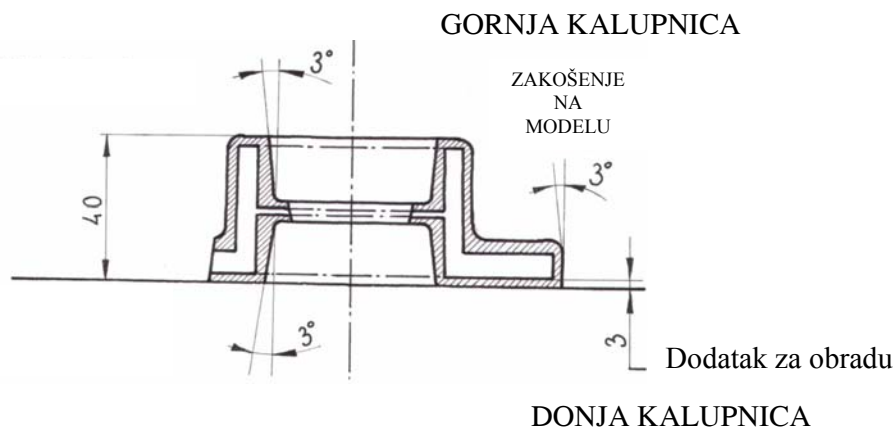
Koja će se tehnologija kalupovanja i livenja izabrati najviše zavisi od raspoloživih mogućnosti livnice i iskustvu tehnologa livenja.

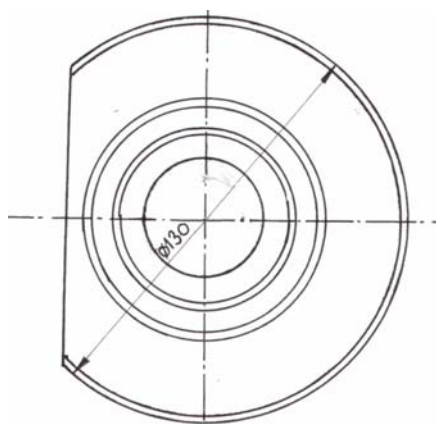
1.4.2 Tehnološka razrada crteža odlivka

Pod tehnološkom razradom crteža odlivka podrazumeva se da crtež odlivka na kojoj su ucrtani elementi za izradu modela i elementi procesa izrade odlivka, koje su :

- ravan deljenja kalupa
- oblici oslonaca jezgara (maske)
- položaj odlivka u kalupu (gornja, donja kalupnica).

PRIMER 1 : TEHNOLOŠKA RAZRADA CRTEŽA ODLIVKA BEZ JEZGRA





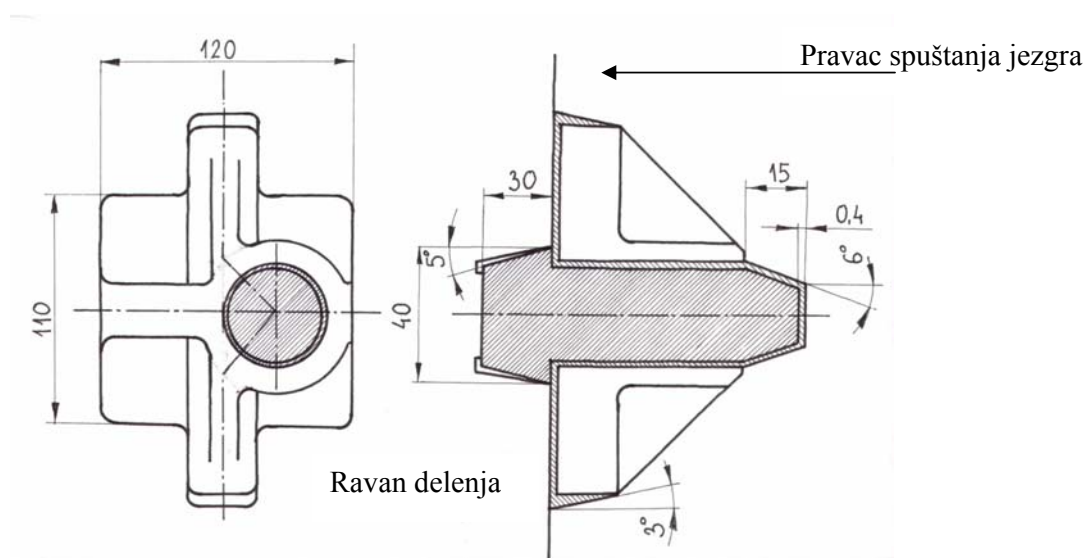
NAPOMENA:

- Nekotirani radijusi R2
- Nekotirana zakošenja 3°
- Skupljanje 0.8%

Primer 2 : TEHNOLOŠKA RAZRADA CRTEŽA ODLIVKA SA METALNIM JEZGROM

DONJA

GORNJA



NAPOMENA:

- Nekotirani radijus R2
- Nekotirana zakošenja 3°
- Skupljanje 0.8%

Pri tehnološkoj razradi neophodno je obratiti pažnju na nekoliko elemenata :

1. Položaj odlivka u kalupu :

Neophodno je uzeti u obzir sledeće elemente :

- u zavisnosti od komplikovanosti odlivka po mogućnosti izbegavati ulaganje jezgara u gornji deo kalupa,
- da deblji zidovi budu pristupačni za napajanje,
- površine sa dodacima da budu okrenute prema gore (gasovi i nečistoća da se zadržava u sloju koji se skida),
- što bolje iskorišćenje prostora u kalupnici,
- po mogućnosti najveću dimenziju odlivka smestiti u ravan deljenja.

2. Ravan deljenja kalupa :

Za ispravno određivanje ravni deljenja potrebno je ispuniti :

- izrada što jednostavnijeg modela
- ravan podele da ne bude izlomljen
- delovi odlivaka sa tačnim dimenzijama i oblicima treba da budu postavljeni u istu kalupnicu.

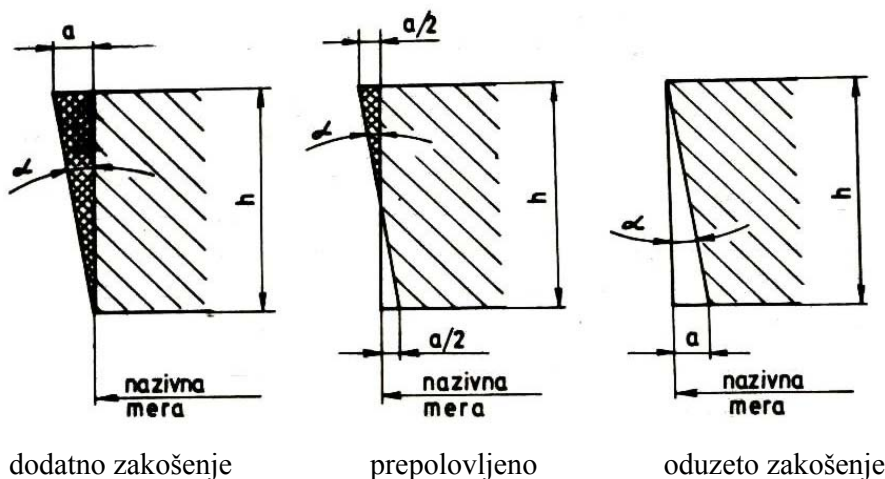
3. Određivanje zakošenja

U smeru vađenja modela, sve površine treba izvesti pod uglom pošto se dimenzija odlivaka povećavaju sa zakošenjem najbolje ih definisati na crtežu odlivka, ili u dogovoru sa konstruktorom, ukoliko na crtežu odlivka nisu naznačena.

Veličina zakošenja zavisi od :

- načina izrade kalupa (ručno ili mašinski),
- veličine odlivka

U zavisnosti od nazivne mere zakošenja mogu se izvesti na tri osnovna načina :



Zakošenja za modele - (JUS K.H5.050)

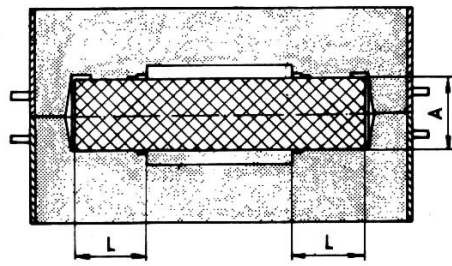
VISINA [mm]	RUČNO KALUPOVANJE		MAŠINSKO	
	a [mm]	α [°]	a [mm]	α [°]
Do20	1.0	3°	1.0	3°
20÷50	1.5	1°30'	1.0	1°15'
50÷100	2.0	1°15'	1.5	0°45'
100÷200	2.5	0°45'	2.0	0°30'
200÷300	3.0	0°30'	2.5	0°30'
300÷500	4.0	0°30'	2.5	0°30'

Oslonci jezgra

U zavisnosti od položaja, jezgra mogu biti horizontalni - u ravni deljenja ili vertikalni - normalni u odnosu na ravan deljenja.

Radi pozicioniranja ovih jezgara neophodno je izvesti mesto - oslonce za ova jezgra.

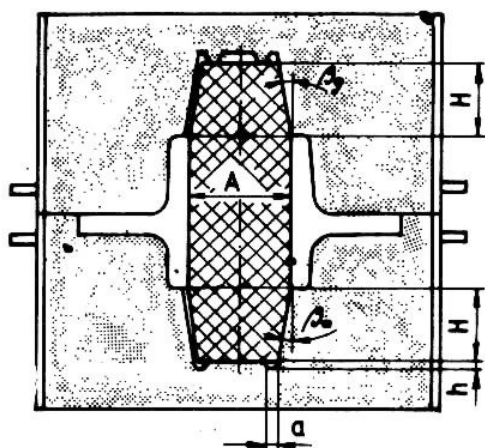
-Mere horizontalnih oslonaca jezgara



Mere oslonaca horizontalnih jezgara (JUS K.H5.050)

NAJVEĆA MERA ODLIVKA A [mm]	DUŽINA OSLOMCA L [mm]	BOČNO ZAKOŠENJE α [°]
DO 10 10÷18 18÷30	10÷20 15÷25 20÷30	3°
30÷50 50÷80 80÷120 120÷180	25÷40 30÷50 40÷60 50÷70	4°
180÷250 250÷350 350÷500	60÷80 70÷90 80÷100	6°

-Mere vertikalnih oslonaca jezgara



Mere oslonaca vertikalnih jezgara (JUS K.H5.050)

MERA POPR. PRESEKA A[mm]	VISINA H[mm]	PRSTENASTO UDUBLJENJE		ZAKOŠENJE	
		h[mm]	a[mm]	β_d [°]	β_g [°]
do 10	10÷20	1.0	2.0	--	--
10÷18 18÷30 30÷50 50÷80	15÷25 20÷30 25÷40 30÷50	2.0	2.5	5°	6°
80÷120 120÷180	40÷60 50÷70	2.5	3.0	7°	8°30'
180÷250	60÷80				11°
250÷350 350÷500	70÷90 80÷100	3.0	4.0	10°	12°30'

1.4.3 Parametri kalupa za livenje

Prilikom projektovanja tehnologije izrade kalupa za livenje treba odrediti sledeće parametre :

- broj odlivka u kalupu,
- debljinu slojeva peska u kalupu,
- veličinu kalupnice,
- sistem odvođenja gasova.

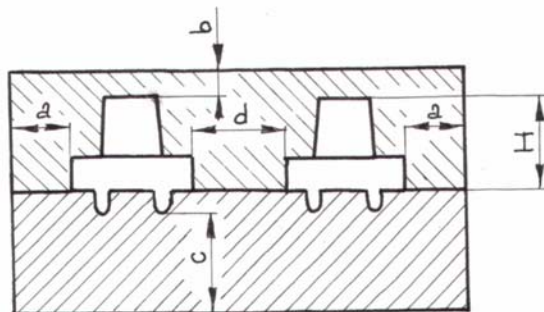
Određivanje broja odlivaka u kalupu

- Za ručnu izradu kalupa uvek se izrađuje jedan komad modela.
- Za bolje iskorišćenje kalupnice mogu biti smešteni više različitih modela, ali sličnih gabarita i oblika.
- Za serijsku proizvodnju međutim treba iskoristiti maksimalno raspoloživi prostor izradom više komada identičnih modela.
- Kalup je racionalno iskorišćen ako je odnos mase metala i mase peska 0.25.

Debljina slojeva peska u kalupu

Debljina slojeva peska u kalupu utiče na količinu odvedene toplote iz metala, na čvrstoću kalupa i na ekonomičnost iskorišćenja kalupnice. Uticajni faktori su stepen sabijenosti peska i sniženje čvrstoće kalupa tokom ulivanja zbog tehničkih napreznja.

Minimalne debljine sloja peska u kalupu



ODLIVCI PREMA GABARITIMA	a[mm]	b[mm]	c[mm]	d
MALI DO 100 kg	20÷30	35÷60	50÷75	0.5·H
SREDNJI 100÷1000	50÷75	75÷100	100÷125	
VELIKI 1000÷5000	125÷175	150÷200	175÷200	

Veličina kalupnice

Veličina kalupnice se određuje u zavisnosti od razmaka između odlivaka i debljine sloja peska.

Sistem za odvođenje gasova

Kanali za odvođenje gasova jezgara se ucrtaju na crtežu tehnološke razrade odlivka, a kanale pojedinih jezgara u kalupu povezuju sa jednim zajedničkim kanalom sa kojim se gasovi izvode u atmosferu.

Kanale za izvod gasova iz kalupa ucrtaju se na crtež raspodele modela u kalupnici (na kalupnoj ploči) i presek kanala prema izlazu treba povećati.

Veličina i broj kanala za izlaz gasova zavise:

- od komplikovanosti odlivka,
- postupku izrade kalupa,
- kvaliteta peska,
- dimenziji jezgara.

Odvođenje gasova iz kalupa (raspored i veličina kanala) skoro isključivo se određuje iskustveno.

Zazori između jezgara i modela u zavisnosti od gabarita uzimaju se u granicama od 0.5÷2 mm.

Linearno skupljanje odlivaka

Na kraju razrade crteža odlivaka neophodno je definisati i linearno skupljanje odlivka radi povećanja dimenzije modela za kalupovanje. Ovaj podatak se takođe unosi na crtež.

Linearno skupljanje različitih legura

VRSTA LEGURE	SKUPLJANJE [%]	ODSTUPANJA [%]
sivi liv	1.0	0.5÷1.3
čelični liv	2.0	1.5÷2.5
aluminijumske legure	1.2	0.8÷1.5
legure magnezijuma	1.2	1.0÷1.5
legure bakra	1.5	0.8÷2.0
legure cinka	1.3	1.1÷1.5

Linearno skupljanje zavisi od :

- načina skupljanja (*ometano, slobodno*),
- gabarita odlivka,
- oblika površina.

Primeri tehnološke razrade crteža

Primer 1

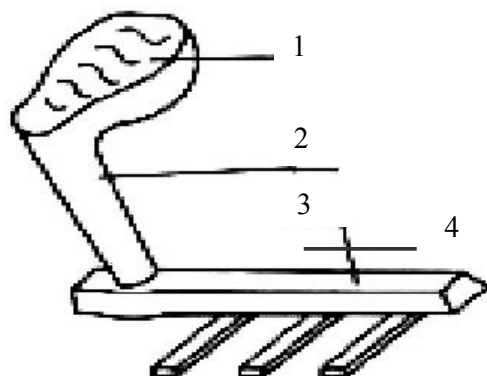
- odlivak se lije od nodularnog liva NL40,
- bez jezgara jer veliki otvor omogućuje sigurno kalupovanje,
- zakošenja površine su 3°,
- dodatak za obradu na svim površinama 3 mm,
- linearno skupljanje uzeto 0.8%.

Primer 2

- odlivak od nodularnog liva NL50,
- jezgro sa vertikalnim osloncem,
- dodaci za obradu 3 mm,
- zakošenja površine 3°,
- oslonci jezgara su zakošeni 5° (donji) 6° (gornji),
- prikazan pravac ulaganja jezgra,
- donji oslonac proširen radi stabilnosti jezgra,
- zazor između modela i jezgra 0.2mm (donji) 0.4mm (gornji).

1.5 ULIVNI SISTEMI

Ulivni sistem odlivaka čine kanali kojima za vreme punjenja kalupa teče rastopljeni metal. Standardni ulivni sistem sastoji se od sledećih elemenata:



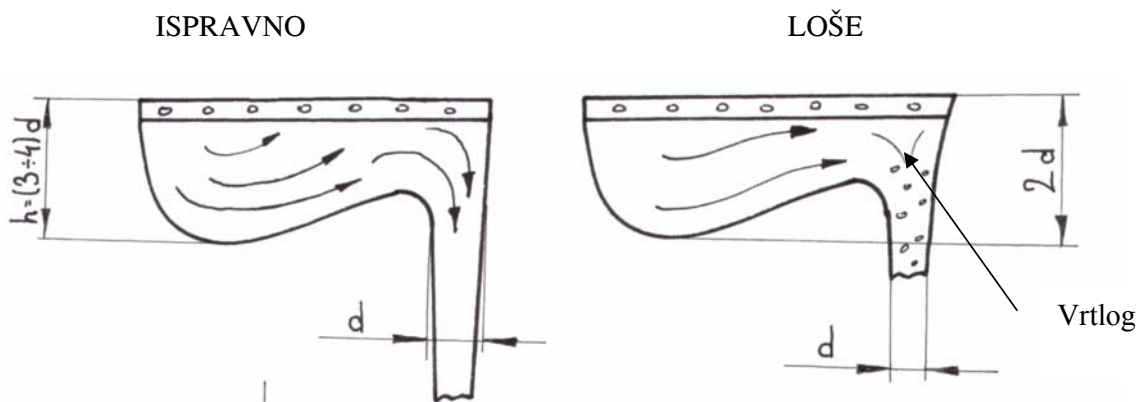
- 1 - ulivna čaša
- 2 - ulivni levak (vertikalni kanal)
- 3 - razvodni kanal (horizontalni kanal)
- 4 - ulivni kanal (ušće)

Ulivna čaša : Zapremina čaše određuje se iz izraza :

$$V_{\epsilon} = k \cdot \frac{m}{t \cdot \rho} \quad [\text{dm}^3]$$

k- koeficient i ima vrednost $k=3\div 8$ (za manje mere manja vrednost)
 m-masa metala (kg)
 t - vreme livenja (s)
 ρ - gustina (kg/dm^3)

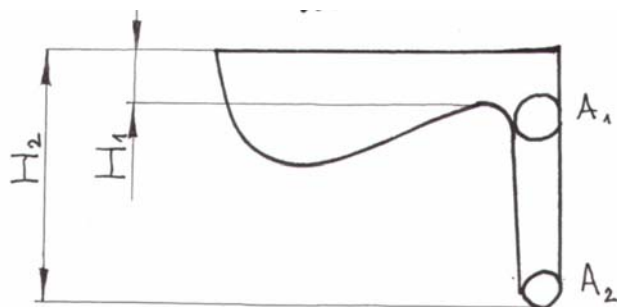
Čaša treba da ima dovoljnu dubinu $h=(3\div 4)\cdot d$, da se ne bi pojavio vrtlog koji uvlači vazduh i šljaku sa površine rastopljenog metala. Vazduh stvara nedozvoljene šupljine u odlivcima.



Izvedba ulivne čaše

Za dimenzije čaše u zavisnosti od mase odlivaka i zapremine postoje preporuke u literaturi. Čaša može biti sa jednim ili sa dva ulivna levka.

Ulivni levak je obično kružnog poprečnog preseka i obavezno treba da se sužava prema donjem delu slično ulazu fluida pri slobodnom padu.



$$\begin{aligned}
 q_1 &= A_1 \cdot V_1 & q & \text{-protoci} \\
 q_2 &= A_2 \cdot V_2 & A & \text{-površine} \\
 q_1 &= q_2 = \text{const} & V & \text{-brzine} \\
 A_1 \cdot V_1 &= A_2 \cdot V_2 = \text{const} \\
 A_1 &= A_2 \cdot \frac{V_2}{V_1}
 \end{aligned}$$

Pri utvrđivanju poprečnih preseka A_1 i A_2 polazi se od toga da za isto vreme treba ista količina metala da protekne na oba poprečna preseka. Ukoliko se poprečni presek ne sužava, liv usisava gasove za vreme ulivanja.

Određivanje brzine isticanja liva. Primenom **Bernulijeve jednačine za presek1**

$$p_1 + \frac{V_1^2}{2} \rho + h_1 \cdot \rho \cdot g = p_2 + \frac{V_2^2}{2} \rho + h_2 \cdot \rho \cdot g$$

$p_1 = p_2$ - atmosferski pritisak
 g - ubrzanje zemljine teže

V_1 je mala vrednost pa se V_1^2 može zanemariti
 za $h_1 = H_2$ a $h_2 = 0$
 dobije se

$$V_2 = \sqrt{2 \cdot g \cdot H_2} \quad \text{- Toričeljev izraz za isticanje fluida}$$

Stvarna brzina je uvek manja i zavisi od načina ulivanja, otpora ulivnog sistema i temperature. Stvarna brzina se računa prema:

$$V_2 = \mu \sqrt{2 \cdot g \cdot H_2} \quad \mu \text{ - koeficijent isticanja} \\
 \mu = 0.3 \div 0.8$$

vrednosti brzine se kreću od 25 ÷ 500 [cm/s]

↑ ↑
 visina $H = 1 \text{ cm} \div 1000 \text{ cm}$

Određivanje vremena ulivanja Vreme ulivanja zavisi od:

- debljine zida odlivka,
- mase odlivka,
- vrste legure,
- vrste kalupa, itd.

Jedan od izraza za optimalno vreme ulivanja je :

$$t = 1,4 \cdot m^{0,5} + 0,7 \cdot \delta \cdot m^{0,5}$$

m-ukupna masa liva [kg]

δ - debljina zida [cm]

ili $t = s \cdot \sqrt{m}$

s - koeficijent koji zavisi od debljine zida i vrste legure (od 0.8÷2.8)

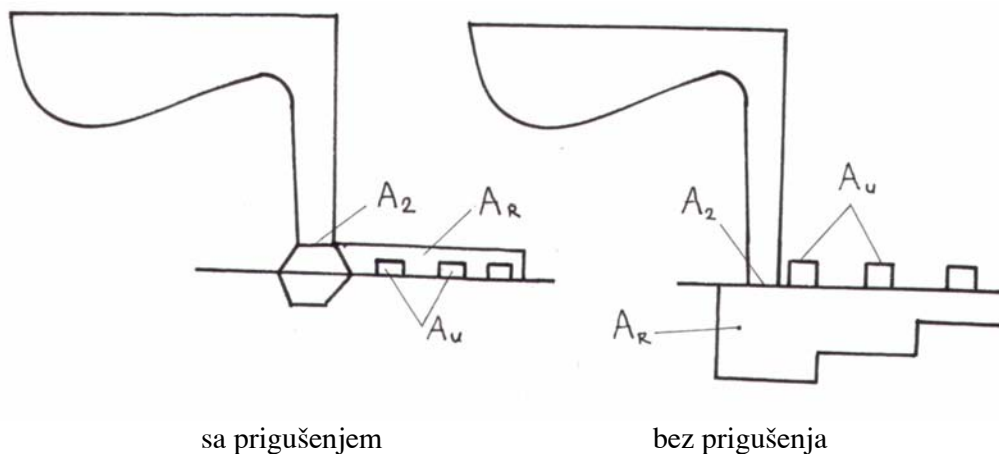
Razvodni kanal: je obično trapeznog preseka i postavljen je horizontalno u gornji ili donji deo kalupa. Poprečni presek kanala se određuje na osnovu površine A_2 .

Za slučaj t.z. prigušenog sistema ulivanja :

$$A_R = 0.75 \cdot A_2$$

Za slučaj bez prigušenja :

$$A_R = 2 \cdot A_2$$



-svi delovi ulivnog sistema su puni u toku ulivanja,
-kroz svaki ulivni kanal (ušće) prolazi jednaka količina liva,
-manja masa liva,
-velika brzina strujanja može dovesti do rasprskavanja metala u kapljice ili stvaranja vrtloga.

-zbog velike površine ulivnih kanala (ušće) liv ulazi u kalupnu šupljinu malom brzinom
-ulivni sistem nije uvek pun
-veća masa liva, veći gubici

Za sivi liv i temper liv koristi se sistem sa prigušenjem, za legure lakih metala sistem bez prigušenja (osetljivi su prema velikim brzinama strujanja), a za čelični liv i obojene metale koriste se oba sistema

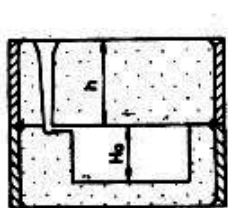
Ulivni kanal (ušće): povezuje razvodni kanal sa kalupnom šupljinom i presek je trapeznog ili polukružnog oblika.

- debljina obično ne prelazi 60÷70% od debljine zida odlivka na mestu ulivanja da se ne bi odlomio odlivak prilikom odstranjivanja ulivnog sistema.
- poprečni presek se određuje na osnovu preseka razvodnog kanala

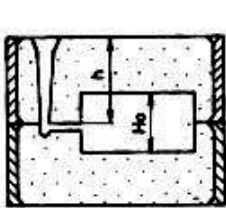
$$A_u = 0.6 \cdot A_R \quad \text{- za prigušeni sistema ulivanja}$$

$$A_u = A_R \quad \text{- za sistem ulivanja bez prigušenja}$$

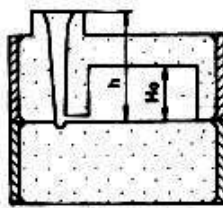
Tipovi ulivnog sistema



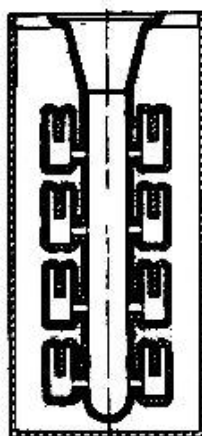
ulivanje odozgo



ulivanje sa strane



ulivanje odozdo

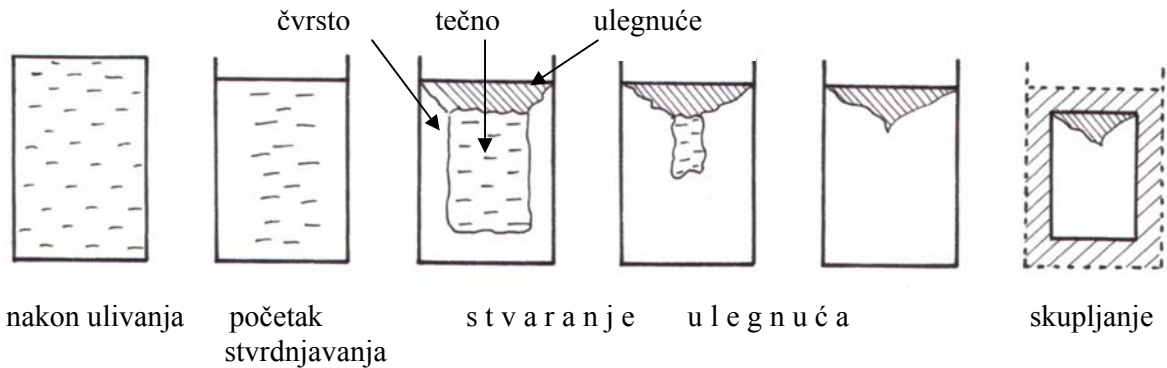


stepenasto ili ulivanje u naslagama (grozdu)

1.6 NAPAJANJE ODLIVAKA

U periodu očvršćavanja, hlađenja rastopljenog metala u kalupu praćeno je zapreminskim smanjenjem, skupljanjem. Zapreminsko skupljanje utiče na spoljne konture odlivka i stvaranje ULEGNUĆA (USAHLINE) na površinama odlivaka na mestima koje se poslednje stvrđavaju.

Veličina ulegnuća koja može biti jedno veliko ili više manjih, zavisi od zapreminskog skupljanja odlivka u tekućem, ili testastom stanju, a skupljanje u stvrđnutom stanju ima posledicu nastanka unutrašnjih naprežanja.



Faze nastajanja ulegnuća

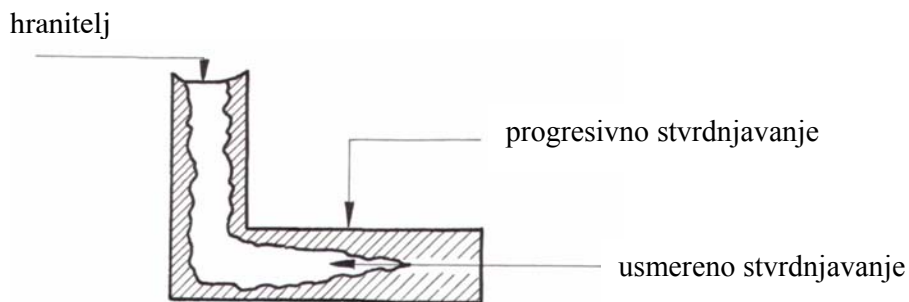
Tok stvrđivanja odlivka počinje od zidova i postepeno pomiče prema unutrašnjosti odlivka. Tok stvrđivanja zavisi od vrste i sastava legura, od vrste kalupa i od temperature rastopljenog metala. Na mestima koja se zadnje stvrđavaju nastaju ulegnuća i ova mesta nesmeju se nalaziti u odlivku već u dodatnom delu odlivka u t.z. HRANITELJU.

Hranitelji dakle služe za nadoknadu zapreminskog skupljanja odlivaka i u toku stvrđivanja dovode odlivku manjak rastopljenog materijala.

Da bi hranitelj mogao obaviti svoj zadatak mora zadnji da se stvrđava.

1.6.1 Zakonitosti napajanja odlivaka

Zbog različitih brzina stvrđivanja treba težiti t.z. USMERENOM STVRĐIVANJU.

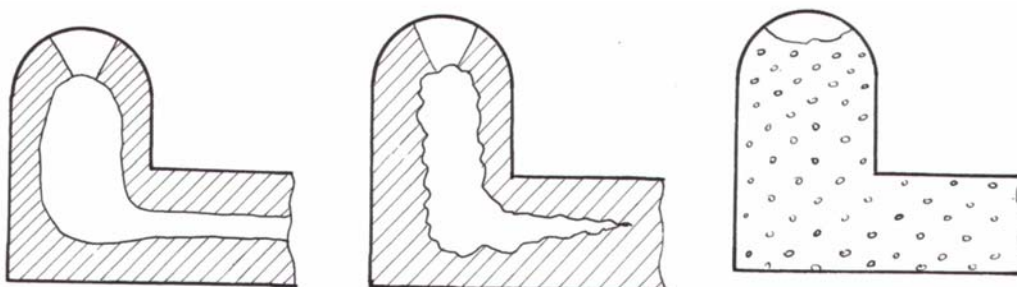


Zbog intenzivnog odvođenja toplote stvrđivanje počinje na spoljnim delovima i tok stvrđivanja pomera se ulevo tako da se stvara klinasti oblik koji se pomera prema hranitelju, sve dok klinasti deo pomera do hranitelja stvrđivanje je USMERENO.

Ukoliko međutim prevladava bočno stvrđivanje, koje se zove i PROGRESIVNO STVRĐIVANJE, prekine se tok, odlivak se ne može dodatno napajati iz hranitelja i nastaje unutrašnja ulegnuća ili pukotina.

Napajanje odlivaka i pri usmerenom stvrdnjavanju zavisi od načina stvrdnjavanja legure - od načina izdvajanja kristala.

- Stvrdnjavanjem sa **glatkom** ili **malo hrapavom** površinom ne stvara smetnju (egzogeno stvrdnjavanje),
- Stvrdnjavanjem sa **hrapavom** površinom u početku napajanje je bez smetnji, međutim na kraju kada već kristali se međusobno dodiruju napajanje je otežano,
- Posebno je otežano napajanje pri t.z. **sunderastom** stvrdnjavanju (endogeno - po celom poprečnom preseku jednovremeno se stvaraju kristali).



glatka površina
stvrdnjavanja

hrapava površina
stvrdnjavanja

kašasto ili sunderasta
površina stvrdnjavanja

Za optimalno napajanje treba osigurati dotok liva iz hranitelja, koje se postiže kombinacijom :

- napajanje sa istovremenim hlađenjem pojedinih delova (primenom hladila),
- izborom mesta ulivanja i načina ulivanja,
- konstruktivnim zahvatima na odlivcima.

1.6.2 Modul odlivka

Dimenzionisanje hranitelja treba da bude određen iz zahteva da vreme stvrdnjavanja u hranitelju mora biti duži od vremena stvrdnjavanja odlivka (ili dela odlivka koje se napaja).

Dimenzije se određuju proračunom modula odlivka i modula hranitelja.

$$\text{Modul je } \mathbf{M} = \frac{\mathbf{V}}{\mathbf{P}} \quad [\text{cm}] \text{ definisan odnosom zapremine V i}$$

površinom P odlivka

Modul hranitelja (M_h) uzima se za 20% većim od modula odlivka (M_o)

$$M_h = 1.2 \cdot M_o$$

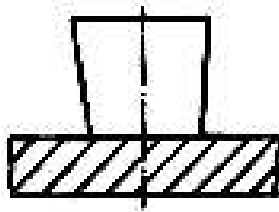
Veći odlivci se dele na zone napajanja i za svaku zonu se proračunava veličina hranitelja preko modula.

Hranitelji se stavljaju na masivne delove odlivaka koje se zadnje stvrdnjava.

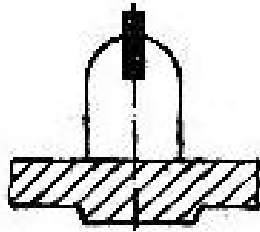
1.6.3 Hranitelji - (vrste i oblici) -

Oblici hranitelja su najčešće valjčasti oblici sa kuglastim završecima - jer modul ovih geometrijskih oblika je najveći.

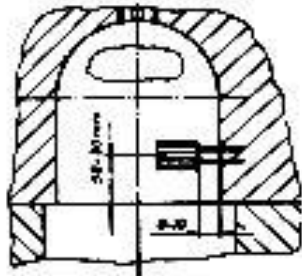
Vrste hranitelja su:



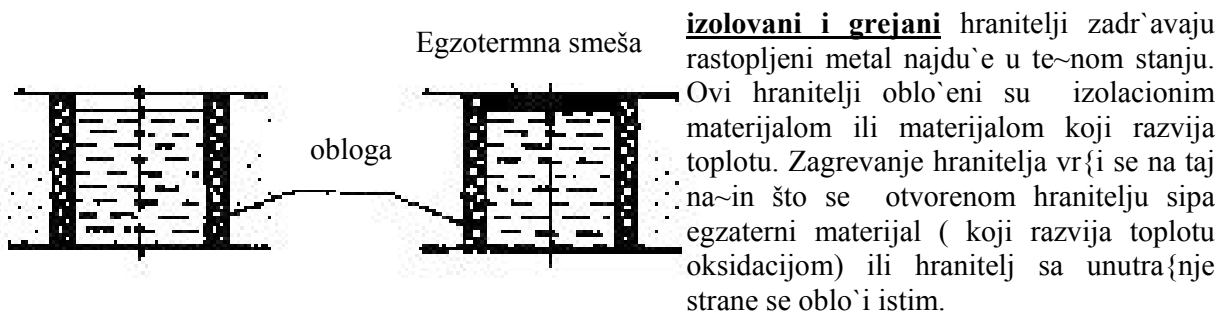
- **težinski** - najčešće su otvoreni sa gornje strane. Površina se brzo stvrdnjavanja, a napajanje zavisi od visine nivoa rastopljenog metala i zato ovakav hranitelj postavlja se iznad odlivka.



- **atmosferski** - su obično zatvoreni u obliku polukruga i valjka. Pošto su zatvoreni sa svih strana i izolovane kalupom hlade se manjom brzinom i duže deluju. Na gornjem delu imaju ugrađen porozni čep kroz koji se izjednači atmosferski pritisak (da se ne stvori vakum).



- **gasnim** - hraniteljima povećava se efikasnost povećanjem zbog razvijanja gasova iz umetnutog jezgra unutar hranitelja.



U dodiru sa rastopljenim metalom sredstvo reaguje i razvija toplotu. Ova sredstva su aluminijum, fero-silicijum + oksidant. Sastav se prilagođava odlivcima.

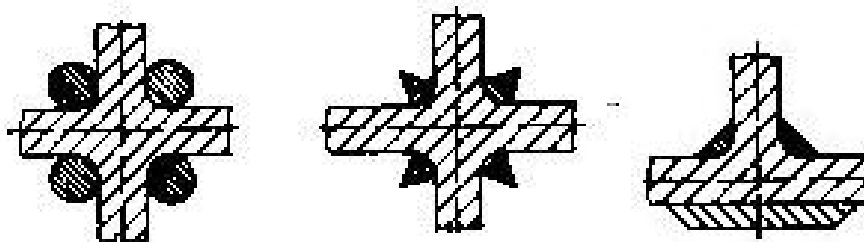
1.6.4 Hladila

Predstavljaju metalne delove koji se postavljaju na mestima gde se želi intenzivnije odvoditi toplota. Povećavajući brzinu očvršćavanja na ovim mestima se stvaraju veštačke zone.

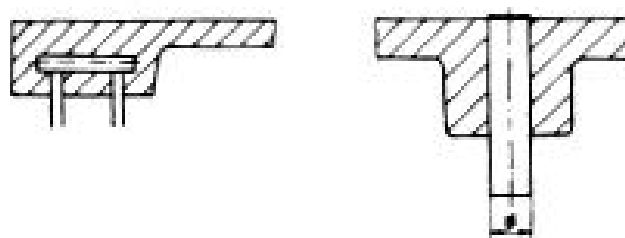
Prema načinu ugradnje hladila mogu biti :

- spoljašnja (najčešće ploče od SL)
- unutrašnja (koja ostaju u odlivcima)

spoljašnja hladila



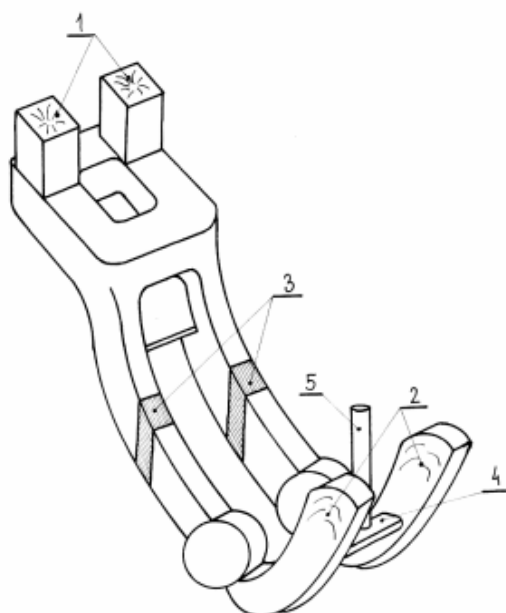
unutrašnja hladila



Unutrašnja hladila moraju biti od istog materijala kao odlivak jer ostaju trajno uključeni - uliveni .

Za postavljanje hranitelja i hladila neophodno je praktično iskustvo, vezano sa poslovima u izradi odlivaka.

Primer primene hladila i hranitelja



- 1 - težinski (otvoreni) hranitelj
- 2 - atmosferski (zatvoreni) hranitelj
- 3 - mesta za hladila
- 4 - razvodni kanal
- 5 - ulivni levak

Šematski prikaz uravnoteženog stvrđivanja

Prikazani deo sa postavljenim težinskim (otvorenim) i atmosferskim (zatvorenim) hraniteljima sa primenom hladila.

Posle ulivanja najpre se stvrđavaju rebra. Na mestima koja su šrafirana ugrađena su i hladila, čime se ova mesta veštački prvo stvrđavaju. Odlivak na ovaj način razdeljen je na dva odvojena sistema napajanja. Jedan deo se napaja otvorenim hraniteljima (1) dok drugi zatvorenim (2). Ukoliko i dođe do stvrđivanja u hraniteljima 1 (gornja površina) atmosferski pritisak u hraniteljima 2 neće uticati na napajanje hranitelja 1 jer su rebra već stvrđuta.

Nije dakle dovoljno da se nadoknađuje samo zapremina koja se stvrđava već mora se postići i uravnotežen sistem napajanja. To znači da sam hranitelj napaja svoj deo.

1.7 MODELI ZA LIVENJE

Modeli služe za oblikovanje kalupne šupljine u koju se ulije rastopljeni metal i za oblikovanje jezgara (jezgrenici).

Šupljine se oblikuju modelima - spoljašne konture i jezgrenicima - unutrašnje konture (šupljine).

Modeli se izrađuju od :

- *drveta*
- *metala*
- *ređe od gipsa i cementa*
- *i u novije vreme od veštačkih smola*

Prema konstrukciji modeli mogu se podeliti:

- *jednostavne modele*
- *modeli sa jezgrenicima*
- *modelne ploče*

Jednostavi modeli - Služe za izradu kalupa za pune, kompaktne odlivke jednostavnih oblika (npr. ploče, štapovi, prstenovi). Ovi modeli su po obliku slični odlivcima, jedino su dimenzije povećane za veličinu skupljanja i veličinu zakošenja površina.

Modeli sa jezgrenicima se upotrebljavaju za izradu kalupa za odlivke sa šupljinama. Ovi modeli ne liče sasvim na odlivke jer se na njima nalaze oslonci za jezgra.

Modelne ploče - služe za serijsku proizvodnju kalupa za mašinsko kalupovanje. Na ovim pločama su montirani modeli sa ulivnim sistemom.

Pri izradi modela obavezno treba se pridržavati tehnološkoj razradi crteža odlivaka.

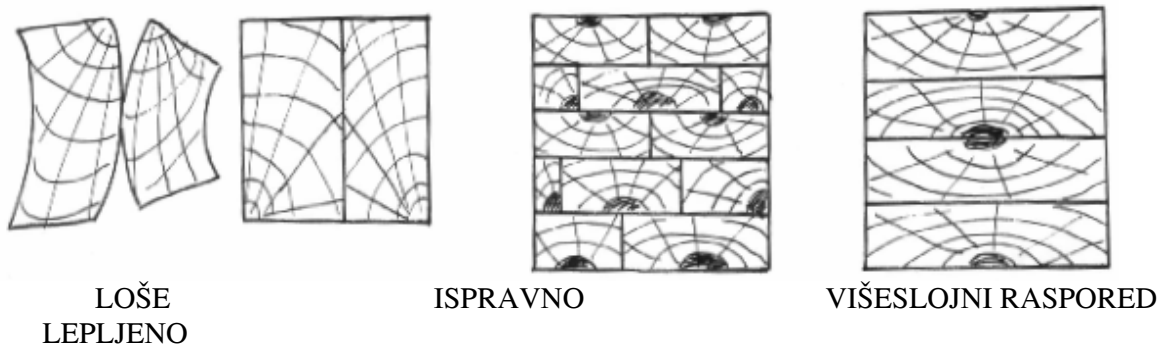
1.7.1 Drveni modeli

Drvo se primenjuje za izradu trajnih modela za kalupovanje. Primenuje se isključivo kvalitetno drvo, koje treba da je sušeno sa maksimalnom količinom vlage do 12%. Drvo mora biti zdravo bez pukotina i čvorova.

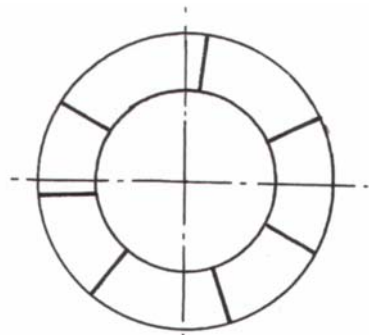
Koristi se od **mekanih** vrsta drveta : bor, jela, lipa,
tvrdih vrsta drveta : javor, bukva, jasen, orah

Modeli mogu biti **jednodelni** za jednostavne odlivke
i **višedelni** za složenije komade.

Zbog dodira modela sa vlažnim peskom i zbog različitih skupljanja drveta u raznim pravcima modeli moraju biti izrađeni od više slojeva ukršteno lepljenih delova da bi se sprečilo vitoperenje i deformacija modela.



lepljenje slojeva drva za izradu modela



lepljenje kužnih prstenova
od segmenata

Za izradu modela osim dasaka od drveta veoma često se koristi i šper ploča u raznim debljinama 3 ÷ 30mm.

Gotovi modeli se obavezno zaštićuju premazima i prefarbaju se bojama, boja modela označava ujedno i vrstu legure za koje je model konstruisan i izrađen.

- crvena - za sivi liv,
- ljubičasta - nodularni liv.
- siva - temper liv,
- plava - čelični liv,
- zelena - laki obojeni metali (Al, Zn, Mg),
- žuta - teški obojeni metali (Cu),
- crna - oslonci za jezgra (maske).

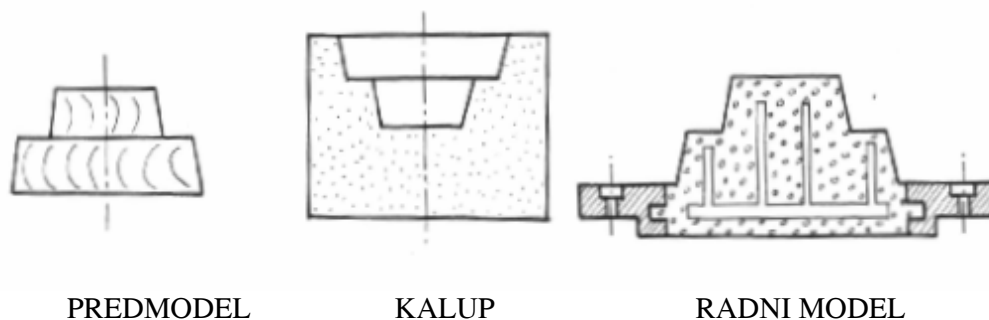
Veoma opterećeni i složeni delovi drvenih modela mogu biti obloženi limom ili izrađeni u vidu metalnih uložaka.

1.7.2 Modeli od gipsa

Modeli od gipsa ili cementa primenjuju se pri mašinskom kalupovanju za izradu manjeg broja jednostavnih kalupa. Gips (hidratirani kalcium sulfat $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) se meša sa vodom 1:1, livljivost ove mešavine je 2÷3 minute, za produženje livljivosti dodaje se 5÷10% gašenog kreča. Tako pripremljena mešavina se stvrdnjava nakon 10÷20 minuta, a potpuno nakon 7÷10 časova, očvršćeni modeli se čiste i lakiraju se.

Modeli mogu biti izrađeni i od cementa. Cement se meša sa kvarcnim peskom 1:1 do 1: 2.5. Zidovi modela treba da su min. 40÷60mm. Cement se veže nakon 6÷21 dana. Gotovi modeli se posle posipaju sa čistim cementom, poliraju se, suše i lakiraju.

Izrada modela od gipsa i cementa prikazana je na sledećim slikama.



Izrada modela od gipsa i cementa

1.7.3 Modeli od veštačkih smola

Modeli od veštačkih smola su veoma lagani i otporni prema trošenju, a i njihova relativno jednostavna izrada u novije vreme je veoma proširila njihovu primenu.

Za izradu modela upotrebljavaju se razne epoksidne smole i mešavina ovih smola sa raznim plastifikatorima, punilima, bojama i očvršćivačima. Za ojačanje se koristi staklena vlakna.

Osobine epoksidne plastične mase ARALDIT (firme CIBA-GEIGY)

- očvršćavaju (polimerizuje se) na sobnoj temperaturi,
- neznatno je skupljanje (0.2÷0.3%) pri očvršćavanju što omogućuje veliku tačnost reprodukcije dimenzija,
- zbog dobrih adhezijskih svojstava lako se vežu za većinu materijala (metal, drvo, plast. mase),
- nakon mešanja sa očvršćivačem masa ostaje u tekućem stanju još 1÷2 sata i mogu se za to vreme izvršiti sve potrebne radnje vezane za izradu negativa ili modela,
- lako se meša sa raznim punilima (radi pojeftinjenja i usmeravanja mehaničkih osobina),
- postojani prema vlazi i uljima, na metale nemaju korozijskog uticaja,
- temperaturna izdržljivost modela do 120°C,
- može se mehanički obraditi glodanjem, struganjem, brušenjem,
- postojanost modela od epoksidnih smola je prosečno do 20000 kalupovanja, pa i više.

Izrada modela od epoksidnih plastičnih masa

Za izradu plastičnih (aralditnih) modela potreban je :

- *predmodel i*
- *negativ*

Predmodel je u stvari model izrađen najčešće od mekanog drveta. Dodatak za skupljanje kod predmodela je isti kao skupljanje liva za koji se izrađuje model.

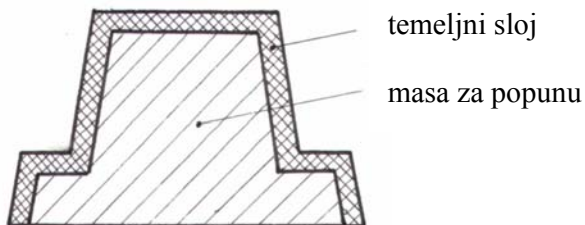
Negativ je otisak predmodela u koji se ulije epoksidna smola za model, izrađuje se od gipsa ili od smole za negative.



Šema izrade modela od epoksidnih plastičnih masa

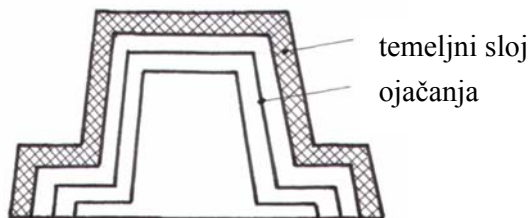
Po načinu izrade radnog modela postoji više postupaka

- **ulivanjem negativa** sa smolom za modele - koristi se za modele manjih dimenzija
- **temeljenje i ulivanje.**



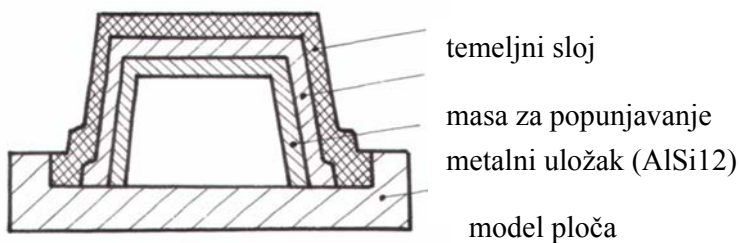
Na negativ se nanosi temeljni sloj, a nakon očvršćavanja temeljnog sloja šupljina se ispunjuje masom za popunjavanje.

- **temeljenje sa slojevitim ojačanjem**



Na negativ se nanosi temeljni sloj, a dalje se zid modela ojača slojevima staklenih vlakana pomešanim sa smolom.

- **temeljenje i ulivanje metalnog uloška**



Od metala - najčešće od silumina... uložak koji grubo prati reljef modela. Na negativ se nanosi temeljni sloj i u unutrašnjost se stavi metalni uložak. Prostor između metalnog uloška i temeljnog sloja se popuni (ulije) sa epoksidnom plastičnom masom. Razna rebra ili druge tanke izbočine se na ovaj način mogu biti povezani sa metalnim jezgrom.

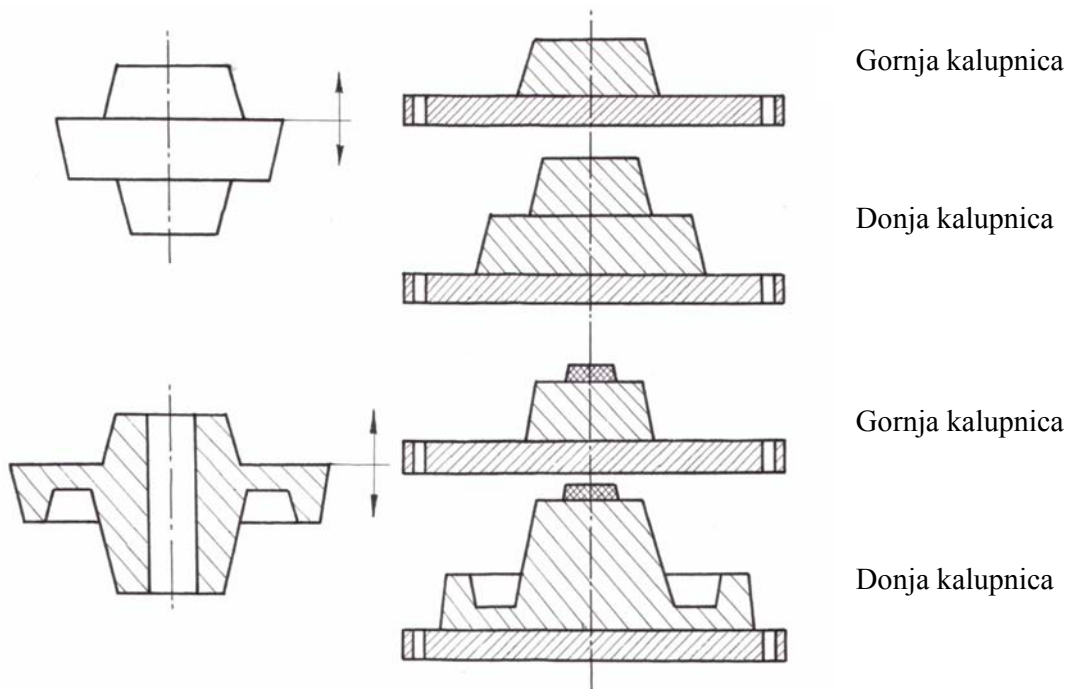
1.7.4 Metalni modeli

Metalni modeli se upotrebljavaju u serijskoj proizvodnji odlivaka za izradu kalupa i za odlivke sa tankim zidovima. Modeli i jezgrenici prilagođeni su mašinama za kalupovanje (to su razni automati za izradu kalupa i jezgara) i izrađuju se najčešće od aluminijumskih legura i legura bakra (bronz), pa i od sivog liva.

Metalni modeli su skuplji od ostalih modela, međutim imaju visoku postojanost i tačnije oblike. Kalupi izrađeni pomoću metalnih modela imaju pravilne oblike, oštrije ivice i tačnije dimenzije jer ovi modeli zbog glatke površine lakše se vade iz peska.

Izrada metalnih modela se najčešće vrši livenjem t.z. predmodela, na približne oblike i naknadnom mehaničkom obradom se izrađuje model na konačni oblik.

Pri mašinskom kalupovanju metalni modeli su pričvršćeni na model ploči.



1.7.5 Modeli za jednokratnu upotrebu

Ovi modeli su ili isparljivi ili su lako topljivi, u poslednje vreme često se primenjuju isparljivi modeli izrađeni od sunđerastog polistirola. U dodiru sa rastopljenim metalom polistirol se brzo istopi i ispari, a njegove pare u dodiru sa vazduhom se zapale.

Izrada kalupa primenom lakotopljivih materijala je bilo poznato još u starom Egiptu gde su ih koristili za izradu umetničkih odlivaka, ovakav postupak se primenjuje u zadnje vreme za izradu preciznih odlivaka - postupkom preciznog livenja.

Za izradu topljivih modela služe smeše voska i smole koje se rastapaju ili izgore bez ostatka pepela (parafin, stearin, pčelinji vosak, sintetička smola).

2. LIVENJE U PESKU

2.1 MATERIJALI ZA IZRADU PEŠČANIH KALUPA I JEZGARA

Kalupi za jednokratnu upotrebu izrađuju se od mešavine peska, veziva i dodataka. Za izradu kalupa najčešće se upotrebljava mešavina kvarcnog peska i gline.

Dodatkom vode mešavini dobijaju se tražene osobine od kojih su najvažnija :

- *propustljivost,*
- *čvrstoća,*
- *i kalupljivost.*

Ove osobine omogućuju oblikovanje i zadržavanje oblika.

2.1.1 Pesak

Za izradu kalupa koriste se sledeća vrsta peska :

- o Kvarcni pesak (SiO_2)- u najvećem broju se koristi kao osnovna sirovina za izradu kalupa za kalupovanje sivog liva, temper liva, nodularnog liva, za livenje čelika, obojenih i lakih metala. Temperatura topljenja 1720°C
- o Olivinski pesak - je magnezijum - gvožđe - ortosilikat sastoji se od forsterita (Mg_2SiO_4) i fajalita (Fe_2SiO_4). Ima visoku temperaturu topljenja i koristi se za kalupe i za livenje sivog liva. Temperatura topljenja 1865°C
- o Hromitni pesak. Hromit Cr_2O_3 - je veoma kvalitetan sa temperaturom topljenja 1900°C i u nekim livnicama služi kao zamena za kvarcni pesak.
- o Cinkonski pesak - Oksid cinkona (cinkonijuma) i silicijuma (ZnSiO_4) ima vrlo visoku vatrostalnost sa temperaturom topljenja od $2200 \div 2600^\circ\text{C}$. Upotrebljava se za izradu manjih jezgara koje su duže vreme u dodiru sa rastopljenim metalom. Veliku primenu ima i kao cinkonski premaz.

Osobine peska su sledeća :

- *veličina, površina i oblik zrnaca,*
- *količina štetnih sastojaka,*
- *otpornost prema povišenim temperaturama.*

Sa veličinom zrnaca raste propustljivost za gasove i postojanost na visokim temperaturama, prečnik zrnaca ne sme biti veći od 0.75mm.

Za izradu manjih odlivaka uzima se sitniji pesak da bi se dobila bolja površina odlivka, pesak se klasifikuje prema veličini zrna. Pesak se osuši, preseje kroz sito i ocenjuje se kao :

	srednja veličina zrna
-sitnozrnast	0.15mm
-srednjezrnast	0.20mm
-grubozrnast	0.30mm
-vrlo grubozrnast	0.45mm i veći

Bitno je da zrnca peska bude što jednoličnije, tj. da u pesku ima najviše zrnaca iste veličine jer neravnomerna zrnatost smanjuje propustljivost gasova.

2.1.2 Gline

Glina međusobno vezuje zrnca peska i daje kalupnoj mešavini čvrstoću i plastičnost. Vrste glina koje se upotrebljavaju u livnicama kao vezivo su vatroostalne gline i bentoniti.

- Vatroostalne gline** su - kaolinitna $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$
- ilitna glina $3Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot K_2O + 2H_2O$

upotrebljava se za izradu sušenih kalupa zbog veće vatroostalnosti.

- **Bentoniti** - su plastične gline nastale raspadanjem vulkanskog pepela i sastoje se od minerala MONTMORILONIT ($Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O \cdot nH_2O$).

Osobina bentonita je da dodatkom vode bubri, usled čega se povećava plastičnost, bolje obavije zrnca i daje veću čvrstoću od kaolinitnih glina. Bentonitne gline se koriste za izradu sirove (nesušene) kalupne mešavine.

2.1.3 Priprema kalupne mešavine

Osnovne osobine kalupne mešavine su :

- kalupljivost (sposobnost zadržavanja oblika),
- čvrstoća,
- propustljivost,
- termostabilnost.

Kalupljivost - je osobina kalupne mešavine da se da oblikovati i da svoj oblik sačuva. Zavisi od količine i raspodele gline i veličine pešćanih zrna. Raste sa porastom količine gline i smanjenjem zrna peska.

Čvrstoća - je osobina peska da se suprotstavlja deformacijama zbog statičkih i dinamičkih pritisaka pri livenju. Na čvrstoću peska utiču vrsta i količina gline, veličina i oblik zrnaca, sadržaj vlage, način pripreme i stepen sabijenosti kalupa.

Propustljivost - je sposobnost peska da propušta gasove. Propustljivost se povećava ukoliko su zrna ravnomerno raspoređena, imaju iste veličine i sadržaj gline da je što manji.

Termostabilnost - je osobina kalupne mešavine (peska) da na višim temperaturama ne dođe do sintezovanja (slepljenja) i da oko odlivka ne stvara tvrdu koru od peska. Termostabilnost zavisi od mineraloškog i hemijskog sastava peska. Za izradu kalupa služe različite vrste kalupnih mešavina (kalupni pesak), od kojih su najvažniji :

- novi pesak - neupotrebljiv pesak bez dodataka i primesa,
- stari kalupni pesak koji se dobije istresanjem kalupa.

Prema načinu primene razlikuju se :

- **modelni pesak** - koji je veoma pažljivo pripremljen novi pesak propisanih osobina. Modeli se oblažu sa slojem od 20÷50mm, dok preostali deo se popuni

dopunskim peskom. Udeo modelnog peska obično je 15÷30%. Koristi se petežno pri ručnom kalupovanju.

- **dopunski pesak** - služi za popunu kalupa sa kombinacijom sa modelskim peskom, za čega se koristi već upotrebljen pesak koji nije potrebno posebno pažljivo pripremiti.
- **jedinstveni kalupni pesak** - se upotrebljava u mehanizovanim livnicama za mašinsko kalupovanje. Predstavlja mešavinu starog i novog peska uz dodatak veziva. Upotreba jedinstvenog peska znatno pojednostavljuje proizvodnju.

Za 1 tonu odlivka potrebno je od 2 do 10 tona peska.

Prema načinu izrade i vrste kalupa razlikuju se sledeće kalupne mešavine :

- *mešavina za izradu sirovih kalupa,*
- *mešavina za izradu suvih kalupa,*
- *mešavine za izradu jezgara.*

Mešavine za izradu sirovih kalupa

Sirovi kalupi se izrađuju neposredno pre livenja.

Prednosti primene sirovih kalupa :

- *odlivci imaju glatku i čistu površinu,*
- *ekonomičnije livenje, jer nisu potrebne peći za sušenje kalupa,*
- *prostor za odlaganje kalupa je manji, jer livenje se vrši odmah nakon kalupovanja,*
- *kalupi se lakše istresaju, brže se hlade.*

Sirovi kalupi se primenjuju :

- *za livenje svih materijala*
- *pri livenju na automatskim linijama*

Mešavina peska i bentonita se podešava prema zahtevima proizvodnje.

Mešavine za izradu suvih kalupa

- *suvi kalupi se pre livenja suše u specijalnim pećima,*
- *za sivi liv suše se na temperaturi 400°C a za čelični liv na 600°C,*
- *koriste se za livenje velikih i teških odlivaka,*
- *za mešavinu se koristi kvarcni pesak sa dodatkom kaolinitne gline, ove mešavine imaju veću termostabilnost,*
- *dok kod sirovih kalupa zrnca peska se vežu zbog lepljivosti vlažne gline, kod suvih kalupa ova veza je keramička.*

Mešavina za izradu jezgara

Jezgra su više izložena nego kalup delovanju rastopljenog metala i visokim temperaturama.

Iz ovih razloga treba da imaju sledeće osnovne osobine :

- *povećana čvrstoća da bi izdržali sile uspona,*
- *veliku propusnost da bi gasovi nastali izgaranjem veziva mogli napustiti kalupnu šupljinu,*
- *veliku termostabilnost da ne dođu u reakciju sa rastopljenim metalom,*
- *mogućnost istresanja iz odlivka posle očvršćavanja.*

Ove osobine jezgara se postižu upotrebom grubozrnastog peska bez gline, a čvrstoću jezgrima daje određena prikladna veziva.

Upotrebljavaju se organska i anorganska veziva.

U vodi **nerastvorljiva** veziva su :

- veziva biljnog porekla,
- mineralna ulja,
- bitumen.

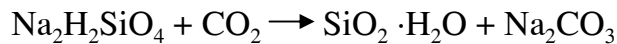
Rastopljiva u vodi su :

- veštačke smole,
- dekstrin ,
- melasa,
- celulozna veziva.

Dodatkom ovih veziva pesak očvrstne zbog polimerizacije smola ili polikondenzacije sredstva. Najvažnije polikondezacijske smole (iz kojih se pri očvršćavanju izlučuje voda) su furanske i formaldehidne smole.

Posebna grupa veziva su anorganska veziva kao što su vodeno staklo, cement.

Vodeno staklo stvrdnjava se produvanjem CO₂ (ugljendioksida)



izlučuje se silicijumov gel koji vezuje zrnca peska.

Izbor veziva treba prilagoditi složenosti i veličini jezgara, dodatak veziva je između 3÷5%.

Priprema livarskog peska

Priprema livarskog peska se sastoji u rastresanju starog i novog peska u čišćenju i mešanju sa dodacima da bi se dobila odgovarajuća mešavina.

Sušenje peska je potrebno jer u vlažnom pesku se stvaraju grudve pa je otežana homogenizacija smeše i tačno odmeravanje vlage. Sušenje peska se izvodi u rotacionim pećima pod nagibom ili u vertikalnim pećima.

Sejanje peska nakon sušenja se seje da bi se odvojile posebne gradacije. Sejanje se vrši raznim vibracionim sitima.

Istresanje kalupa, drobljenje i separacija peska - su sledeće radnje u livnicama. Odlivci se vade na rešetkama za istresanje iz kalupa. Usled vibracija ovih rešetaka kalup se raspadne i pesak propada kroz rešetku sa otvorima 40 ÷ 80 mm, dok odlivak se dalje transportuje na čišćenje.

Iz peska sa magnetima se odstranjuje preostali metalni komadi u magnetnim separatorima. Zatim stari pesak se prebacuje u drobilice u kojima grudve peska se drobe valjcima.

Za mešanje peska za pripremu kalupne mešavine služe razne mešalice u kojima se meša pesak sa glinom i raznim dodacima.

Mešalice su raznih izvedbi : - sa lopaticama i
- sa valjcima.

Organizacija pripreme peska - može biti individualna, polumehanizovana i automatizovana.

Kod **automatske** pripreme sve radnje su automatizovane :

- skupljanje starog peska,
- mešanje sarog i novog peska,
- ovlaživanje i transport do mesta kalupovanja.

Kod **polumehanizovane** pripreme, utovar i transport je ručni, dok ostale radnje se rade mašinski u odvojenim jedinicama.

Kod **individualne** pripreme pak svaki livac priprema sebi mešavinu pomoću prenosne mešalice.

Kontrola kalupne mešavine - se deli na sledeći vid kontrolisanja :

- pogonska kontrola (svakih 1 ÷ 2 sata),
- dnevna kontrola,
- kontrola svakih 15 dana.

Pogonskom kontrolom svakih 1 ÷ 2 sata se vrši :

- određivanje udela vlage,
- određivanje propustljivosti,
- određivanje čvrstoće,
- određivanje sabijenosti.

Kontrola se vrši prenosnim instrumentima.

Dnevna kontrola obuhvata :

- određivanje udela aktivnog bentonita,
- određivanje udela neaktivnog bentonita,
- određivanje količine nečistoća,
- sposobnost kalupovanja,
- pH - vrednosti.

Kontrola se vrši u centralnoj laboratoriji.

Dvonedeljnom kontrolom se kontroliše :

- ceo proces pripreme mešavine merenjem količinskih udela raznih sastojaka u mešavini,
- brzina propustljivosti povratne mešavine.

Kontrola se vrši u pogonu merenjem određenih parametara.

2.1.4 Dodaci i premazi

Ukoliko između kalupa i rastopljenog metala dolazi do međusobne reakcije ili metal obavija zrnca peska dobije se loša površina odlivaka. Da se spreči ova pojava upotrebljavaju se sredstva za površinsku zaštitu kalupa kao posipi, dodaci ili premazi.

Posipima se vrši naprašivanje radnih površina sirovih kalupa. Za tu svrhu upotrebljavaju se prah drvenog uglja, kamenog uglja ili grafit.

Pri ulivanju se stvara redukcijska atmosfera u obliku tankog sloja gasa između legure i kalupa, koja štiti površinu odlivka.

Dodaci se mešaju sa peskom kod sirovih kalupa. Na pr. za livenje sivog liva pesku se dodaje prah kamenog uglja od 4 ÷ 8%.

Premazi poboljšavaju površinu odlivaka livenih u pesku sprečavajući međusobne reakcije i mešanje liva sa peskom. Premazi se izrađuju najčešće od grafitnog praha i alkohola ili od cirkonskog praha i acetona. Premazi u skorije vreme se kupuju kao gotovi u obliku paste i pre upotrebe se razblažuju sa vodom, alkoholom ili propisanim sredstvima. Nanošenje premaza sa vrši ili sa četkom ili prskanjem ili za jezgra manjih dimenzija potapanjem.

2.2 IZRADA PEŠČANIH KALUPA

Sabijanje peska u izradi pešćanih kalupa za jednokratnu upotrebu je jedan od najvažnijih operacija. Ujednačenost sabijanja peska u kalupu po celoj zapremini nisu iste, postoje znatne razlike između dva osnovna načina kalupovanja :

- ručnog kalupovanja,

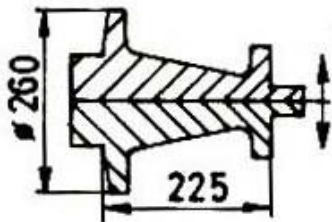
- *mašinskog kalupovanja.*

2.2.1 *Ručna izrada kalupa*

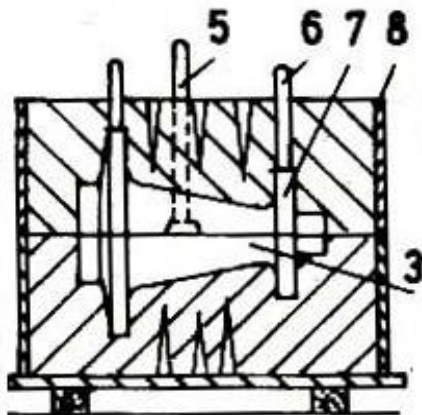
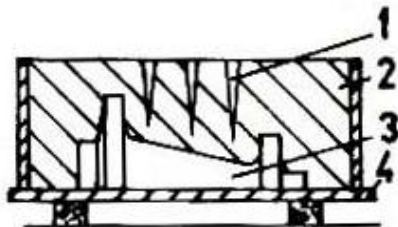
Koristi se u maloserijskoj proizvodnji i u izradi komplikovanih kalupa velike mase. Osnovne operacije u izradi kalupa su :

- *centriranje modela u kalupnicima,*
- *punjenje i nabijanje peskom kalupnicu,*
- *izrada ulivnog sistema i hranilice,*
- *vađenje modela,*
- *popravak kalupne šupljine i obrada premazima,*
- *ulaganje jezgara,*
- *sklapanje donje i gornje kalupnice.*

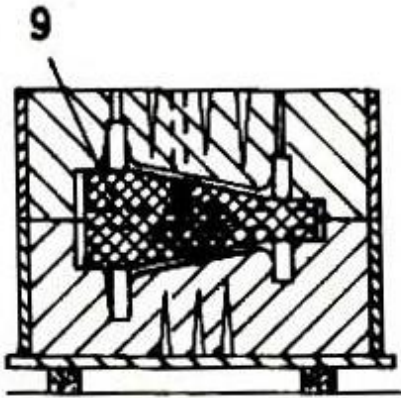
Faze izrade kalupa:



- punjenje peska i nabijanje u slojevima,
- najčešće ručnim pneumatskim nabijačima.



- okretanje donje kalupnice sa modelom,
- postavljanje gornje polovine modela,
- punjenje i nabijanje peska,
- ulivni sistem i hranioe se ubacuje..



- kalup se sklapa i spreman je za livenje,
- ponekad treba kalup i opteretiti da ne dođe do podizanja gornje kalupnice usled pritiska rastopljenog metala.

1 - kanali za izlaz gasova
 2 - donja kalupnica
 3 - donja polovina modela
 4 - ravna daska
 5 - model sprovodnika

6 - model oduška
 7 - gornja polovina modela
 8 - kalupnik
 9 - jezgro

2.2.2 Izrada kalupa na mašinama

Koristi se za izradu kalupa u serijskoj i masovnoj proizvodnji odlivaka. Pri mašinskom kalupovanju pesak se u kalupnici nabija :

- treskanjem,
- presovanjem,
- nabacivanjem.

Modeli su metalni ili plastični (aralditni), pričvršćeni na model pločama.

Mašine za kalupovanje mogu biti sa presovanjem, treskanjem, vibriranjem, nabacivanjem i kombinovane mašine (treskanjem+presovanjem ili vibriranjem+presovanjem).

Mašine za presovanje peska rade na pritiscima od 2÷8 bara. Koriste se uglavnom za manje kalupnice. Sabijenost peska je najveće na gornjoj pritisnoj površini i na površini modela, dok na sredini modela je nešto manji.

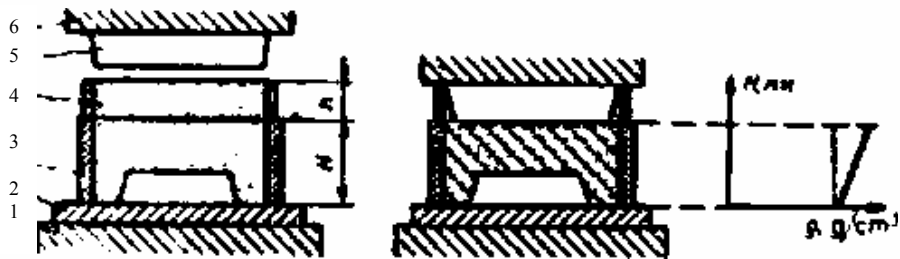
Postoje mašine visokog pritiska - automati - koji prvo uduvaju pesak pod pritiskom i potom još presuju.

Mašine sa treskanjem dižu radni sto sa kalupom na 30÷80 mm spuštaju ga na nakovanj i pesak usled ovih udaraca se sabija. Broj hodova je približno 80/min.

Vibracione mašine rade sa malom amplitudom visoke frekvencije. Obično se koriste za vađenje modela iz kalupa, ali i za nabijanje peska.

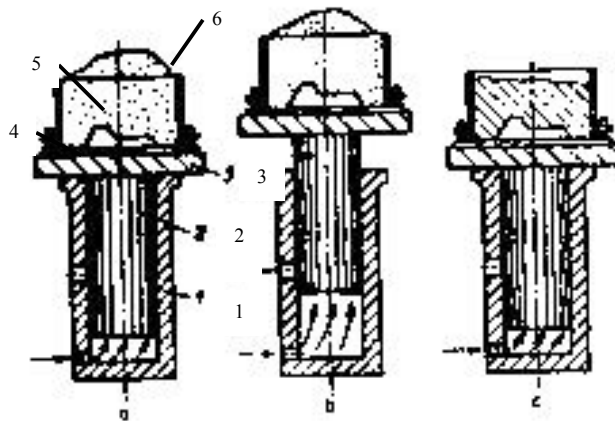
Mašina za nabacivanje peska peskomati ubacuju pesak u kalupnicu pomoću brzo rotirajuće lopatice. Glava peskometa je pomerljiva iznad kalupa, izbacuje pesak velikom brzinom na model i tako se vrši istovremeno i punjenje i nabijanje peska.

Vađenje modela posle kalupovanja može biti ručno ili posebnim mehanizmima mašine.



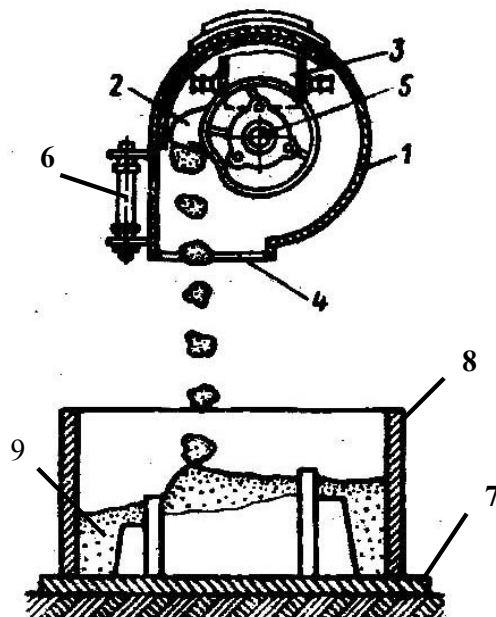
princip rada mašine za presovanje

- 1 - sto mašine
- 2 - model ploča
- 3 - kalupnica
- 4 - ram za punjenje
- 5 - glava za presovanje
- 6 - ploča za presovanje



princip rada treskalice za izradu kalupa

- 1 - pneumatski cilindar
- 2 - klip
- 3 - sto mašine
- 4 - model ploča sa modelom
- 5 - kalupnik
- 6 - pesak



- 1 - glava peskometa
- 2 - rotirajuća lopatica
- 3 - gumeni transporter peska
- 4 - otvor
- 5 - vratilo
- 6 - nosač za masu sa stakom
- 7 - model ploča sa modelom
- 8 - kalupnik
- 9 - pesak

princip rada peskometa

2.3 IZRADA PEŠČANIH JEZGARA

Jezgra su najviše opterećeni delovi kalupa, trpe najveća toplotna opterećenja, a ponekad i mehanička.

Jezgra moraju imati sledeće osnovne osobine :

- da su dovoljno čvrsta,
- da imaju dovoljnu propustljivost za gasove,
- da se nakon očvršćavanja odlivka lako raspadnu,
- da sastojci razvijaju što manje količine gasova prilikom ulivanja rastopljenog metala i
- da su otporni prema prodiranju liva kroz površinu jezgra.

Za izradu jezgara se koriste nekoliko postupaka od kojih najznačajnije biće u daljnjem obrađeni.

2.3.1 Postupak - cold box

Postupak izrade jezgara u “hladnoj komori”. Koristi se uglavnom za izradu jezgara u mehanizovanim i automatizovanim livnicama. Pogodan je za izradu srednjih i velikih serija jezgara od kvarcnog, cirkonskog i hromitnog peska. Jezgra se koriste za sve vrste liva (sivi liv, nodularni liv, čelični liv, obojeni i laki metali).

Vezivo za postupak sastoji se od dvokomponentne smole organskog porekla (fenolna smola, poliizocijanat) i katalizatore za stvrdnjavanje (trietilamin). Ukupan sadržaj veziva je u granicama 1.2 do 2% (1:1 komponenta I i II).

Jezgra se obično izrađuju na automatskim mašinama sličnim mašinama za livenje pod pritiskom na način upucavanja mašine u jezgrenik, gde se preduvanjem sa gasovitim katalizatorima vrši očvršćavanje mešavine.

Vreme izrade jezgara je od 20 ÷ 40 sekunde.

Prednosti primene :

- visoki kvalitet površine jezgara
- tačne dimenzije i oblika
- dobro se istresu iz odlivaka
- energija za sušenje nepotrebna
- nije potreban premaz za jezgra
- mogućnost potpune mehanizacije izrade

Nedostaci:

- visoka cena vezivnog materijala,
- stroge zaštitne mere pri radu (isparavanja) i veći ekološki zahtevi.

2.3.2 Postupak hardox - SO₂

Takođe spada u postupke za izradu jezgara u “ hladnoj kutiji “.

Koristi se za izradu jezgara za sve vrste odlivaka. Vezivo je i za ovaj sistem dvokomponentan :

- I - furanska smola ili fenalno - furanska smola,
- II - organski peroksid.

Kao očvršćivač služi gas SO₂ (sumpor dioksid). Ukupan sadržaj veziva kreće se od 1.5 ÷ 2%.

Jezgra za manje serije mogu biti izrađene ručno ili na klasičnim mašinama za kalupovanje presovanjem ili vibriranjem. Za serijsku površinu manjih jezgara koriste se mašine.

Vreme očvršćavanja mešavine je od 10÷60 sekundi u zavisnosti od veličine jezgara. Prednosti i nedostaci su isti kao kod prethodnog postupka (Cold-box)

2.3.3 Postupak hot-box

Postupak izrade jezgara u “toplotnoj kutiji”. Koristi se za izradu jezgara za sve vrste liva. Pogodan je za izradu jezgara u velikim serijama, za izradu jezgara koristi se suvi kvarcni pesak. Vezivo je čista smola i katalizator. Očvršćavanje smeše peska i smola sa katalizatorom se vrši na povišenoj temperaturi.

Sadržaj smole kreće se od 2÷2.2%, katalizatora 0.12 do 0.14 i dodaje se još i konzervans od 0.2% sredstvo koje povećava vreme upotrebljivosti smeše. Izrada jezgara se vrši na specijalnim mašinama tako što se u zagrejani jezgrenik (strujom ili gasom) na temperaturi od 180÷250°C upućuju mešavinu. Izmešana mešavina je upotrebljiva 3÷4 časova. Vreme pečenja, u zavisnosti od veličine jezgra, kreće se

- za masu do 10 kg - 30÷60 sek
- od 10 ÷ 25kg - 50 ÷ 100 sek
- od 25 ÷ 50kg - 150 ÷ 280 sek

2.3.4 Školjkasta jezgra

Postupak se često zove i Croning postupak.

Služi za izradu i školjkastih kalupa pa i jezgara. Karakterističan je po tome što se mogu izraditi puna i šuplja jezgra. Šuplja jezgra imaju za 20÷30% manju masu od punih. Koristi se za izradu kalupa i jezgra za sve vrste legura. Izrada kalupa i jezgra se vrši od t.z. obloženog kvarcnog peska. Sadržaj smole za oblaganje je od 2.5÷4.5% (fenolformaldehid).

Izrada jezgara i modela se vrši na mašinama, na kojima su metalni jezgrenici zagrejani gasom ili električnom energijom, na temperaturu 260÷310°C. Obloženi pesak se dovodi u kalup i zadržava se od 10 sekundi do 2 min., dok se ne formira zid jezgra potrebne debljine. Višak nestvrdnutog peska se istrese iz jezgra.

2.3.5 Postupak sa CO₂

Postupak je doskoro bio veoma rasprostranjeno upotrebljen u svim livnicama za sve vrste legura. Postupci sa smolama kao vezivom u serijskoj proizvodnji su istisnuli CO₂ postupak. Međutim u maloserijskoj proizvodnji i za pojedinačnu proizvodnju postupak sa CO₂ je i dalje ostao najpogodniji način izrade jezgara.

Kao vezivo služi natrijum silikat (vodeno staklo ili popularno “sigel”).



produvanjem ugljen dioksidom izlučuje se silicijumov gel koji povezuje zrnca peska.

Količina vodenog stakla je u granicama 3÷8%, a osim veziva mogu se dodati i komponente koji poboljšavaju istresanje iz odlivaka i propustljivost za gasove (drvena prašina, melas, kaolinska glina, grafit) u 3÷5%.

Izrada jezgara može biti i na mašinama ili ručno. Posle punjenja jezgrenika vrši se preduvanje sa gasom CO₂ u trajanju od 10÷40 sekundi i za to vreme jezgro očvršćava. Jedini nedostatak jezgra CO₂ je što posle izvesnog vremena stajanja sami se raspadaju, (1÷2 dana) pa treba ih neposredno pre livenja pripremiti.

2.3.6 Uljna jezgra

Ovo je jedan od najstarijih postupaka izrade jezgara. Koristi se za izradu jezgra za sve vrste liva. Danas se upotrebljava za maloserijsku i pojedinačnu proizvodnju.

Za vezivo koristi se razna biljna ulja (laneno, kukuruzno, suncokretovo), koja se očvršćavaju na povišenim temperaturama i vezuju zrnca peska. Koristi se kvarcni pesak u sastavu sa uljem od 1÷3%, vode 1÷1.5%, dodatka 3÷6% (glina). Izrada je pretežno ručna, a sušenje se vrši u raznim komornim pećima posebnim režimom - npr.

1 sat na 150°C, hlađenje do 100°C,

1 sat na 200÷250°C i hlađenje do 50°C - sojino ulje od 2.3÷2.5%,

3÷4 sata na 250÷300°C - suncokretovo ulje 2.3÷2.5%.

3. LIVENJE POD PRITISKOM

3.1 PRIKAZ POSTUPAKA LIVENJA POD PRITISKOM

Rastopljeni metal se ulije pod visokim pritiskom u tačno izrađenu šupljinu čeličnog alata koju u potpunosti ispunjava. Metal se nalazi sve vreme pod dejstvom visokog pritiska sve do stvrdnjavanja.

Odlivci imaju glatku površinu, dobru strukturu i tačne dimenzije.

Livenjem pod pritiskom odlivci se izrađuju brzo jedan iza drugog i tako se dobije serija odlivaka koji po karakteristikama i dimenzijama kao i po obliku međusobno ne razlikuju.

Mašine za livenje pod pritiskom mogu biti :

- *sa vrućom komorom (topljenje metala je u sklopu mašine),*

- *sa hladnom komorom (kada je topljenje metala odvojeno).*

Ove mašine mogu biti izvedbe sa :

- *vertikalnom,*

- *horizontalnom komorom za presovanje.*

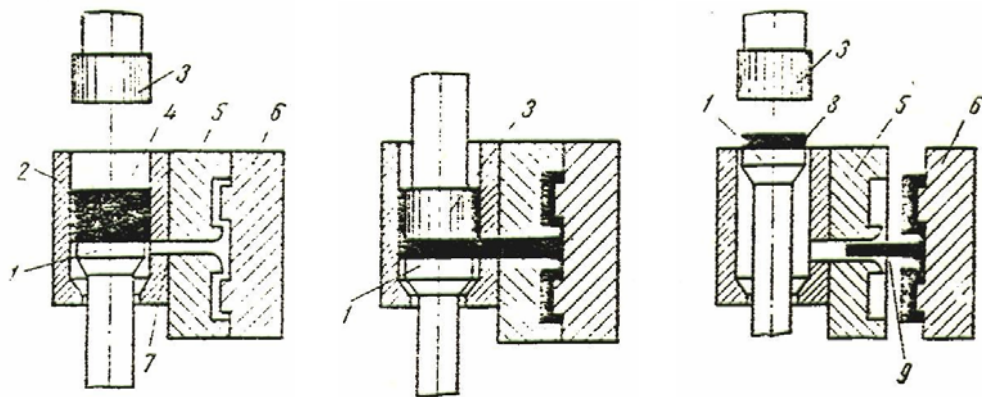
Legure sa niskim temperaturama topljenja (legure Zn i Pb) liju se najčešće na mašinama sa toplom komorom, dok ostale legure (legure Al i Cu) se liju na mašinama sa hladnom komorom.

Masa radnih komada livenih pod pritiskom kreće se od nekoliko grama do 40kg, ali isključivo je ekonomičan za velike serije odlivaka jer skupa mašina i skup alat u poređenju sa peščanim livom, zahteva daleko veća ulaganja i stručnog znanja.

3.2 LIVENJE NA MAŠINAMA SA TOPLOM KOMOROM

Komora za ulivanje na ovim mašinama nalazi se uronjena u rastopljeni metal i zagrejana na temperaturu rastopljenog metala. Pritisak u ulivnoj komori proizvodi se klipom na hidraulični pogon.

Faze livenja prikazani su na sledećim skicama:



1 donji klip
2 cilindar
3 gornji klip
4 tečni metal

5,6 polovine metalnog kalupa
7 ulivni kanal
8 ostatak tečnog metala
9 odlivak

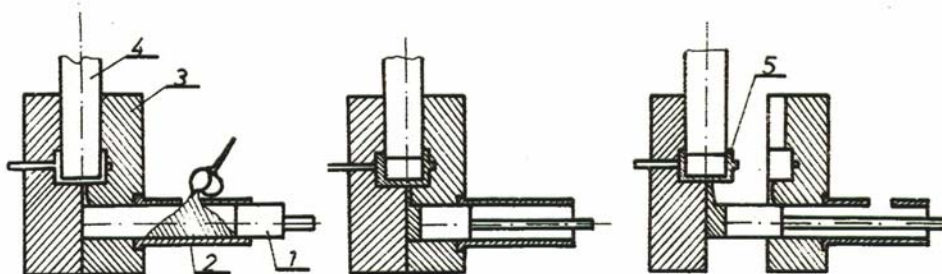
Mašinama sa vrućom komorom liju se delovi izrađeni od:

- legura Zn-a (cink),
- legura Pb-a (olovo),
- legura Sn-a (kalaj),
- i legure Mg-a (magnezijuma).

Koristi se za livenje komada male mase do 0.5kg. Pritisak rastopljenog metala sa kreće od 50÷250 bara.

3.3 LIVENJE NA MAŠINAMA SA HLADNOM KOMOROM

Ove mašine nemaju zagrejanu komoru za ulivanje. Rastopljeni metal ulazi pod niskim pritiskom kroz ulivne kanale u šupljinu alata. Razlikuju se mašine sa horizontalnom i vertikalnom komorom za ulivanje. Faze livenja prikazane su na sledećim skicama:



a) sipanje materijala

b) ulivanje

c) izbacivanje odlivka

1 - klip
2 - komora presovanja
3 - kokila
4 - metalno jezgro
5 - odlivak

Mašinama sa hladnom komorom liju se delovi od aluminijumskih i bakarnih legura. Za veće radne komade do 40kg mase. Pritisak metala dostiže vrednosti od 300÷3000 bari.

3.4 PARAMETRI LIVENJA POD PRITISKOM

Kvalitet alata u procesu igra presudnu ulogu, prema tome za optimalnu konstrukciju alata neophodna je dobra prethodna priprema.

Potrebno je obratiti pažnju na sledeće :

- izbor legure za livenje,
- određivanje tolerancije odlivka,
- provera tehnološkičnosti oblika odlivka,

- veličina serije (za izbor broja udubljenja u jednom alatu),
- proračun projekcije odlivka na podeonu ravan radi izbora snage mašine,
- određivanje specifičnog pritiska livenja,
- određivanje potrebne sile zatvaranja mašine,
- određivanje preseka ulivnog sistema.

Specifični pritisak - određuje se u zavisnosti od materijala odlivka i zahtevu prema strukturi materijala odlivka.

Vrednosti se usvajaju iz tablice :

Specifični pritisak metala [bar]

VRSTA LEGURE	Al	Zn	Mg	Cu
VRASTA ODLIVKA				
Odlivci za opštu upotr.	200÷400	100÷200	200÷400	300÷400
Kvalitetni delovi	400÷600	200÷300	400÷600	400÷500
Odlivci izloženi unutrašnjim pritiscima	800÷1000	250÷400	800÷1000	800÷1000

Sila zatvaranja - određuje se u zavisnosti od specifičnog pritiska i površine odlivka u ravni zatvaranja

$$F_z = p \cdot A$$

F_z - sila zatvaranja, p - specifični pritisak
 A - projekcija površine odlivka u podeonoj ravni povećano za 30% za ulivni sistem

Ulivni sistem - da bi se postiglo ravnomerno popunjavanje šupljine kalupa, brzina metala mora biti konstantna do ulaska u šupljinu ili nešto veća u odnosu na početak ulivnog sistema.

Određivanje poprečnih preseka ulivne čaure, razvodnih kanala i preseka ulivnog kanala se vrši u zavisnosti :

- od vrste mašine (toplokomorna, hladnokomorna horizontalna ili vertikalna),
- od preporučenog vremena popunjavanja kalupa,
- od zapremine odlivka,
- vrste legura,
- brzine ulivanja.

Po raznim formulama i preporukama proizvođača mašina.

Kanali za odvođenje gasova pri proračunu kanala za odvođenje gasova treba uzeti u obzir zapreminu odlivka, zapreminu gasova u ulivnom sistemu i zapreminu gasova koje nastaju izgaranjem premaza.

Sistem za odvođenje gasova definitivno se oblikuje nakon probe alata.

Hlađenje alata - količina dovedene toplote sa rastopljenim metalom posle svakog ciklusa livenja potrebno je odvoditi. Iz ovih razloga šupljina alata mora biti hlađena. Hlađenje se vrši ili vodom ili uljem koje cirkuliše u odgovarajućim kanalima (rupama) izvedenim u delovima alata.

Materijali za izradu alata - materijali za izradu kalupa moraju zadovoljiti sledeće zahteve :

- homogenost strukture i sposobnost poliranja,
- dobre osobine termičke obrade,
- minimalne deformacije u toku termičke obrade,
- otpornost prema toplotnim udarima,
- otpornost prema habanju,
- zadržavanje tvrdoće na povišenim temperaturama,

- otpornost prema hemijskim uticajima rastopljenog metala.

Ovim zahtevima zadovoljavaju niskolegirani alatni čelici za rad na toplo.

Koriste se sledeće vrste čelika :

- Č4751
- Č4753
- Č6451 sa tvrdoćama od 46÷53HRc
- Č9750

Postojanost alata za livenje u zavisnosti od vrste materijala su:

- za Al legure od 100000 ÷ 120000 komada ulivanja,
- za Zn legure od 300000 ÷ 500000 komada ulivanja,
- za Cu legure od 20000 ÷ 35000 komada ulivanja.

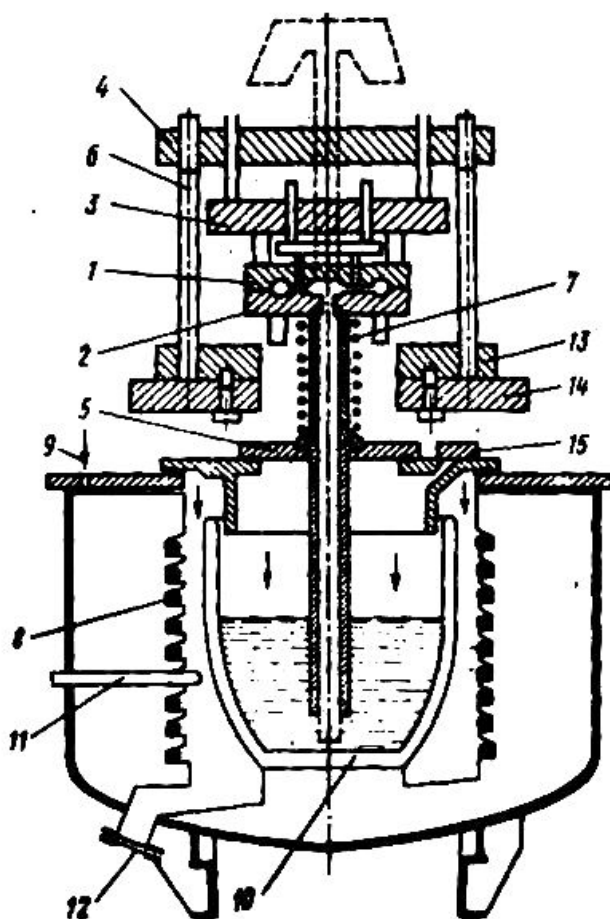
Prednosti livenja pod pritiskom :

- od rastopljenog metala se direktno dobije odlivak,
- ulivni sistem je mali - manji gubici materijala,
- kratko vreme livenja - otpada izrada kalupa i čišćenje,
- veoma kvalitetni odlivci sa tačnim dimenzijama i finom površinom,
- proces veoma produktivan,
- moguće je proces i automatizovati.

3.5 LIVENJE POD NISKIM PRITISKOM

Livenje pod niskim pritiskom je postupak ranijeg datuma (1970g.), a sastoji se u ulivanju liva u kokilu pod pritiskom do 1 bar-a.

Kalup je uvek postavljen iznad lonca za topljenje metala. Rastopljeni metal se uliva u donji deo alata, dovodi se pomoću cevi koja je uronjena u liv. Potiskujući površinu liva sa gasom pritiska 0.1÷0.7 bara, rastopljeni metal se potiskuje u cev i ulije u šupljinu alata. Postupak livenja se koristi za legure aluminijuma i magnezijuma.



- 1 pokretni deo alata
- 2 nepokretni deo
- 3 nosač pokretnog dela kokile
- 4 glavi nosač izbacivača
- 5 nosač ulivne cevi
- 6 vođica kokile
- 7 grejači ulivne cevi
- 8 grejači lonca
- 9 dovod gasa pod pritiskom
- 10 lonac za topljenje
- 11 termostat
- 12 otvor za pražnjenje u slučaju pucanja lonca
- 13, 14 elementi kokilne mašine
- 15 poklopac i otvor za dovod metala

Šema uređaja za livenje pod niskim pritiskom

Stvrdnjavanje metala se vrši pod pritiskom i manjak metala zbog skupljanja nadoknađuje se iz ulivne cevi. Iz ovog razloga nisu potrebne hranilice kao kod gravitacionog livenja.

Najvažnije prednosti livenja pod niskim pritiskom je dobro popunjavanje kalupa sa malim gubicima materijala. U poređenju sa postupkom gravitacionog livenja, gde masa materijala u ulivnom sistemu i u hraniteljima obično iznosi od 60÷100% od mase odlivka, udeo ovih gubitaka kod livenja sa niskim pritiskom je od 2÷10%.

Cena odlivaka sa niskim pritiskom je 50% od cene gravitacionih odlivaka i manje od 10% od cene odlivaka livenim pod pritiskom. Pogodan je za odlivke jednostavnijih oblika izrađenih u velikim serijama.

4. GRAVITACIONO LIVENJE

4.1 KARAKTERISTIKE POSTUPKA

Gravitaciono livenje u kokile (ulivanje u metalne kalupe) ima veoma široku primenu u izradi aluminijumskih odlivaka.

Odlivci liveni gravitaciono primenjuju se u svim granama mašinstva (motori sa unutrašnjim sagorevanjem, gasna tehnika, brodogradnja itd.). U odnosu na druge postupke livenja imaju određene prednosti, te veoma su rasprostranjeni.

U poređenju sa ulivanjem u pešćane kalupe ulivanje u kokile ima sledeće prednosti :

- *bolje mehaničke karakteristike - (brže odvođenje toplote omogućuje hlađenje za kraće vreme i formiranje sitnozrnaste strukture,*
- *tačnost dimenzija i oblika je veća, kao i kvalitet površine (manji dodaci za obradu),*
- *ekonomičnija proizvodnja :*
 - otpada potrošnja peska za kalupovanje
 - manja potrošnja peska za jezgra jer neke od jezgara moguće je zameniti metalnim
 - manje vreme izrade jer otpada izrada pešćanih kalupa
 - manji radni prostor - otpada skladištenje i obrada peska

U poređenju sa livenjem pod pritiskom prednosti su :

- *jednostavniji i jeftiniji alati - prema tome primena i kod manjih serija je ekonomična,*
- *bolje mehaničke osobine materijala - (sitnozrnasta bez šupljina od uključenih gasova),*
- *nisu ograničene dimenzije i masa odlivaka,*
- *komplikovanost oblika zbog mogućnosti kombinacija pešćanih i metalnih jezgara su neograničene.*

Nedostaci livenja u kokilama :

- *izrada alata opravdano samo za dovoljan broj komada,*
- *izrada metalnog kalupa (kokile) više puta je duža od izrade modela za kalupovanje u pesku,*
- *troškovi osvajanja proizvodnje su relativno veliki.*

4.2 TEHNOLOGIJA GRAVITACIONOG LIVENJA

Za livenje u kokilima zbog veće brzine hlađenja u odnosu na pešćane kalupe treba izabrati legure koji imaju manju sklonost pucanju tokom stvrdnjavanja, uzan interval kristalizacije i dobru sposobnost popunjavanja kalupa.

4.2.1 Konstrukcija odlivka

Kao što za sve odlivke i za ove važe osnovna pravila konstruisanja odlivaka, kao što su :

- *sve prelaze treba izvesti sa radijusima,*
- *nagle promene debljine zida izbegavati,*
- *izbegavati tanke, dugačke izlivke, koja zahtevaju složenu izradu jezgara ili postavljanje pešćanih ili metalnih jezgra,*
- *sve površine u smeru otvaranja alata izvesti pod nagibom.*

Nekoliko parametara u konstrukciji odlivaka

VELIČINA ODLIVAKA	MIN. DEBLJINA ZIDA	MIN. DEBLJINA REBARA	MINIMALNI NAGIB		MINIMALNI PREČN.OTV.
			SPOLJN. POV.	UN. POV.	
MALI DO 200mm ²	3	3	1°	2°	5
SREDNJI DO 500mm ²	4	5	45'	1°	7

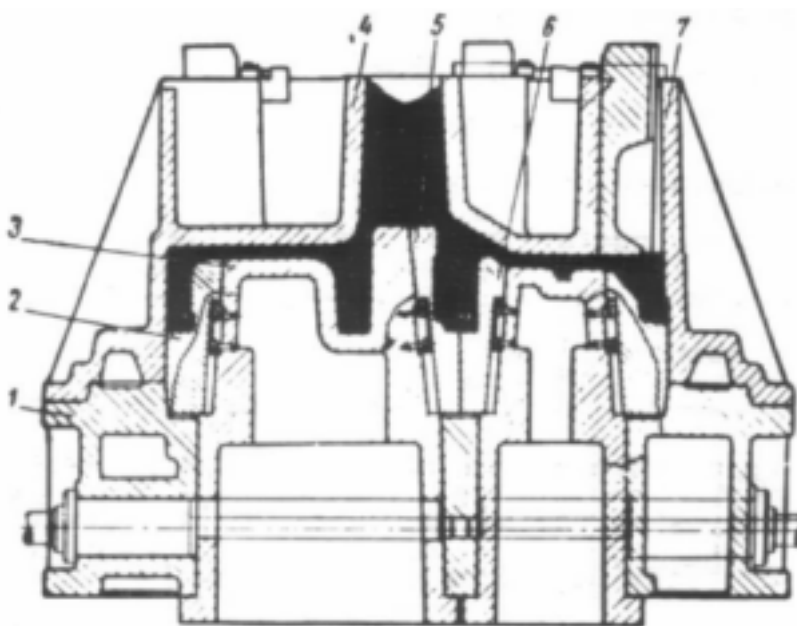
VELIKI IZNAD 500mm ²	5	8	30'	45'	8
---------------------------------------	---	---	-----	-----	---

4.2.2 Kokile za livenje

Konstrukcija kokile treba prvenstveno da osigura usmereno stvrdnjavanje materijala, od donjih prema gornjim delovima odlivka.

Veoma je važan položaj odlivka u kokili koji će obezbediti pravilno stvrdnjavanje i lako vađenje iz šupljine. Konstrukcija ulivnog sistema i hranitelja je obično ključni problem u proizvodnji kvalitetnih odlivaka.

Izgled jedne gravitacione kokile :



- 1- donja polovina kokile
- 2- umeci
- 3- osnova
- 4- poklopac sa ulivnim sistemom
- 5- umeci
- 6- umeci
- 7- polovina kokile

Konstrukcija alata - izvedba ulivnog sistema treba da omogući sledeće :

- kontinualan dovod rastopljenog metala u šupljinu alata,
- ulivanje liva treba da je bez stvaranja vrtloga, treba da omogući istiskivanje gasova iz šupljine alata,
- hranitelje postaviti na najvišlja mesta,
- ulivni sistem po pravilu postavlja se na donjoj strani.

Pored vazdušno hlađenih delova, u alatima mogu se ugraditi i kanali za hlađenje - ili u novije vreme vezano sa uređajem za temperiranje zagrevanje i hlađenje alata sa uljem.

Premazi za kokile treba da omogućuju lako odvajanje odlivaka. Izrađeni su na bazi različitih metalnih oksida i grafita. Ravnomerno nanošenje premaza najbolje se osigurava prskanjem.

Materijali za izradu kokila - za izradu jezgara koji su izloženi najvećim toplotnim opterećenjima i velikom habanju koriste se visokolegirani alatni čelici za rad u toplom stanju.

Konstruktivska izvedba kokila u zavisnosti od oblika odlivka, veličine serije i raspoložive opreme mogu biti sledeće :

Jednostavne kokile služe za livenje manjih delova bez jezgra ili sa jednostavnim jezgrom pretežno za manje serije odlivka, najčešće sa ručnim rukovanjem.

Mašine za gravitaciono livenje upotrebljavaju se za rad sa većim alatima velike mase, koja se teško otvaraju. Jezgra u ovim alatima mogu biti uložene ručno ili mašinski.

Postoje mašine sa pneumatskim ili hidrauličnim pogonom, gde su mehanizovane sledeće operacije:

- *otvaranje i zatvaranje alata,*
- *izbacivanje odlivka,*
- *ulivanje rastopljenog metala.*

Za veliko serijsku proizvodnju odlivka gravitacionim livenjem (npr. : blokovi motora, glave motora) koriste se automatske mašine za livenje t.z. karusel stolovi prečnika 3÷5 metara na kojoj su pričvršćena i do 12 alata. Na ovim automatima sve radnje su programirane i sprovode se automatski :

- *ulaganje jezgra,*
- *zatvaranje alata,*
- *ulivanje materijala,*
- *hlađenje,*
- *otvaranje alata i izbacivanje odlivka,*
- *odsecanje ulivnog sistema i hranitelje,*
- *podmazivanje šupljine alata, i ponovo se ponavlja ceo ciklus.*

5. CENTRIFUGALNO LIVENJE

Za razliku od dosadašnjih postupaka livenja, pri centrifugalnom livenju kalup se rotira, pa zbog delovanja centrifugalne sile metal se raspoređuje u šupljini kalupa.

5.1 POSTUPAK CENTRIFUGALNOG LIVENJA

Ulivanje i stvrdnjavanje odlivka se vrši istovremenim delovanjem centrifugalne sile i težine materijala. Centrifugalna sila ne deluje samo na oblik nego i na osobine odlivka. Osa okretanja kokile može biti **vertikalna** - formira se unutrašnja površina u obliku parabole. Osa okretanja može biti **horizontalna** - formiraju se cilindrični delovi.



Veličina centrifugalne sile treba da bude veća od težine, da bi se liv podelio ravnomerno po zidu kokile. Iz ovih razloga uspeh livenja zavisi od brzine okretanja, koja mora biti velika, da bi se sprečilo kapljenje liva sa zida alata.

- **centrifugalna** sila je jednaka

$$F_c = m \cdot r \cdot \omega^2$$

m - masa [kg]

r - poluprečnik okretanja [cm]

ω - ugaona brzina [rad/s]

Odnos centrifugalne sile i težine se zove **gravitacioni koeficijent k**.

$$k = \frac{F_c}{G} = \frac{r \times \omega^2}{g}$$

zamenom za $\omega = \pi \cdot n/30$ dobije se za n

$$n = 299 \sqrt{\frac{k}{d}}$$

n - broj obrtaja [min⁻¹]

k - gravitacioni koeficijent

r - unutrašnji poluprečnik odlivka [cm]

ili za unutrašnji prečnik odlivka

$$n = 1337.2 \cdot \sqrt{\frac{k}{d}}$$

Vrednost gravitacionog koeficijenta k za razne legure

LEGURA	k
sivi liv	35÷65
čelični liv	50÷80
bakar	45÷54
ležajne legure	22÷40
aluminijumske legure	80÷120

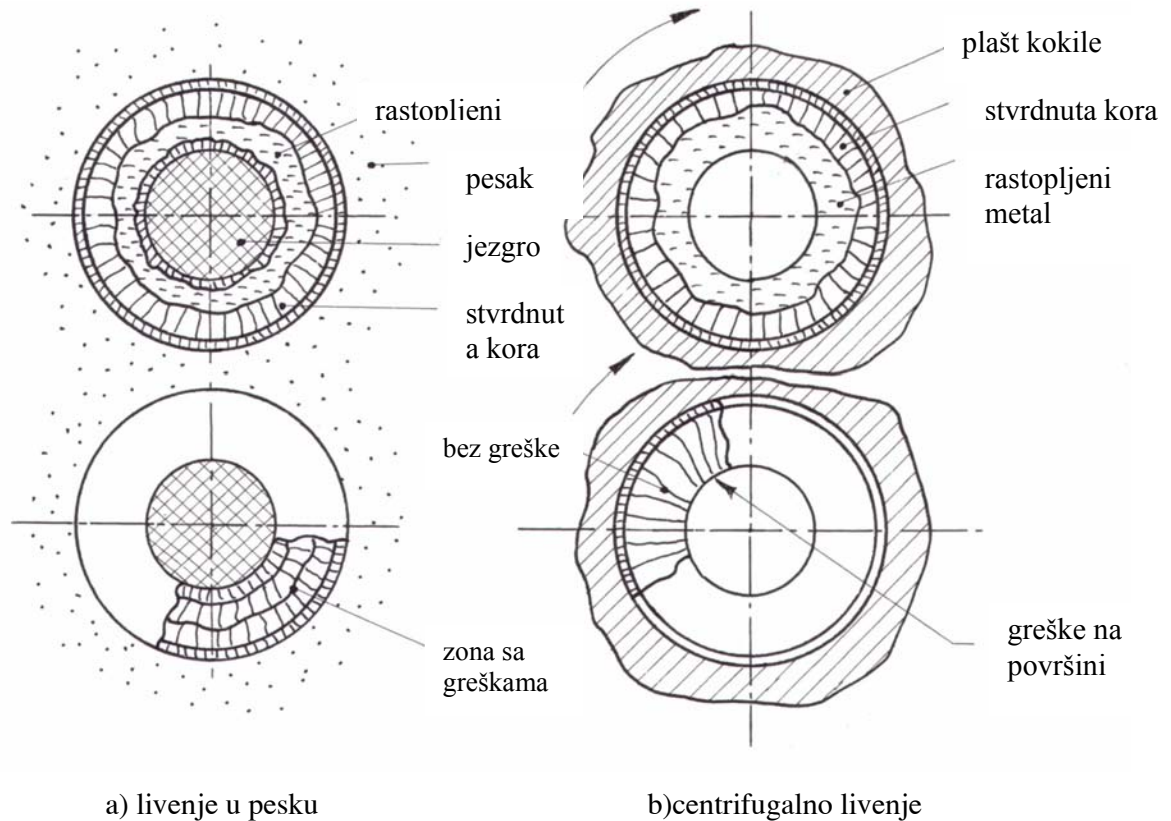
Uticaj centrifugalne sile - Pod delovanjem centrifugalne sile nemetalni uključci iz rastopljenog metala mnogo brže isplivaju na površinu, nego pod delovanjem gravitacije.

Iz ovih razloga odlivci liveni centrifugom imaju manje uključaka i manje su porozni.

Upoređujući mehanizam stvrdnjavanja odlivka u pesku i centrifugalnog liva razlike su :

- **kod peščanog liva** - kristalizacija počinje jednovremeno i na spoljašnjem i na unutrašnjem zidu. Tokom stvrdnjavanja debljina tvrde kore raste i nečistoće pa i gasovi se potiskuju prema sredini odlivka.

- **pri centrifugalnom ulivanju u kokile** - zbog brzog hlađenja spoljašnjeg dela kristalizacija počinje na spoljnjem zidu i postepeno se proširuje ka unutrašnjosti, a nečistoće i gasovi se potiskuju prema unutrašnjim površinama.



5.2 OBLAST PRIMENE CENTRIFUGALNOG LIVENJA U IZRADI ODLIVKA

Centrifugalno livenje primenjuje se za livenje cilindričnih šupljih delova kod kojih je neophodna kompaktna struktura materijala bez gasne pozornosti npr.: košuljice cilindara motora SUS (sa unutrašnjim sagorevanjem) razni prstenasti umeci, klizni ležajevi. Postupak je primenljiv za livenje svih legura.

Za odlivke čiji je prečnik veći od dužine (visine) upotrebljavaju se mašine sa vertikalnom osom. Za dugačke odlivke - cevi - upotrebljavaju se mašine sa nagnutom osom od $3\div 5^\circ$ u odnosu na horizontalu, a kokila može i da se uzdužno pomera.

Alati - kokile se izrađuju od sivog liva sa unutrašnje strane se premazuju premazima (mešavine kvarcnog peska i grafita), alati mogu biti i hlađeni spolja sa vodom. Pored svih prednosti, kod centrifugalnog livenja nije potreban ulivni sistem ni hranitelj i tako iskorišćenje materijala je veoma velik - od $95\div 98\%$.

Pri pravilnom radu procenat škarta je mnogo manji u poređenju sa livenjem u pesku.

6. PRECIZNO LIVENJE - PRECIZNI LIV -

Odlivci koji se dobiju ulivanjem metala u kalupe izrađene pomoću rastopljivih (voštanih ili plastičnih) modela zovu se precizni odlivci.

U ovom postupku i modeli i kalupi su jednokratno upotrebljivi.

6.1 OBLAST PRIMENE I SPECIFIČNOST ODLIVAKA

Postupkom preciznog livenja izrađuju se delovi komplikovanog oblika koji drugim postupcima ne bi mogli izraditi ili izrada bi bila veoma skupa.

Primenjuje se za livenje svih vrsta legura :

- legure gvožđa do 20kg,
- legure aluminijuma do 15kg,
- legure bakra do 10kg.

Odlivci imaju veoma kvalitetne površine i tačne oblike kao i dimenzije. Ekonomičnost postupka; isplativ je za serije od nekoliko stotina odlivaka, izuztno za veoma složene oblike možda već i od 50 komada.

Specifičnost u konstrukciji odlivaka

Delovi sa velikim ravnim površinama nisu pogodni, ove površine treba prekinuti rebrima upustima ili otvorima.

Odlivci NEMAJU kose površine, što je neophodno za sve druge postupke livenja.

Minimalne debljine zida zavisi od materijala odlivka :

- legure aluminijuma - 1.3 mm
- legure bakra - 1 ÷ 1.5mm
- ugljenični čelik - 2.3 mm
- nerđajući čelik - 1.3÷1.7mm

Veličina otvora i dubina otvora za prolazne i neprolazne rupe :

PREČNIK d [mm]	DUBINA OTVORA	
	PROLAZNA	ŠUPLJA
2÷4	d	0.5 · d
4÷6	2 · d	d
6÷10	3 · d	1.5 · d

Tačnost dimenzija odlivaka :

OPSEG	6	18	30	50	80	120	180	250	315	400
DIMENZIJA	18	30	50	80	120	180	250	315	400	500
DOZVOLJ. ODSUP.	±0.25	±0.32	±0.5	±0.71	±0.9	±1.15	±1.18	±2.2	±2.6	±3.1

6.2 PRIKAZ POSTUPKA PRECIZNOG LIVENJA

Postupak preciznog livenja obuhvata sledeće tehnološke operacije :

- izradu kalupa za ubrizgavanje (ulivanje) voska,
- izradu voštanih modela, delova ulivnog sistema i njihovo spajanje u grozdove (voštani modelni

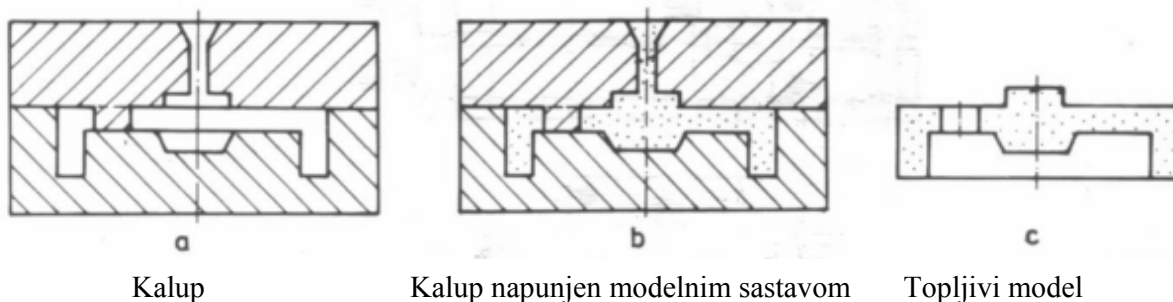
komplet),

- izradu keramičkih školjki (kalupa) oblaganjem voštanih grozdova keramičkom masom i posipanjem peskom,
- otapanje voska i žarenje keramičkih kalupa,
- ulivanje odgovarajuće legure,
- čišćenje i rasecanje odlivaka,

6.2.1 Izrada voštanih modela

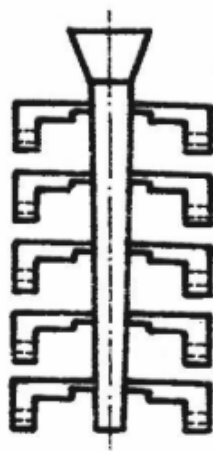
Kalupi (alati) za izradu voštanih modela najčešće se izrađuju od čelika ili aluminijumske legure. Osnovna funkcija kalupa je da se dobije voštani model oblika odlivka.

Voštani modeli i delovi ulivnog sistema izrađuju se gravitacionim ulivanjem ili ulivanjem rastopljenog voska pod pritiskom ($50\pm 90^{\circ}\text{C}$).



Sastav voska :

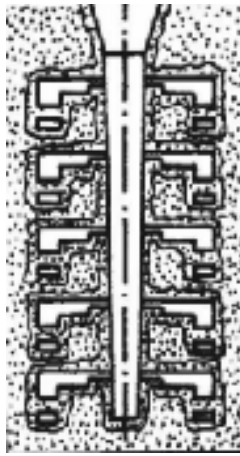
- | | |
|-----------------|-----|
| -tvrđi vosak | 40% |
| -mikrokristalin | 25% |
| -meka plastika | 15% |
| -tvrda plastika | 20% |



Na vertikalni glavni ulivni kanal spajaju se voštani modeli sa ulivnim sistemom pomoću zagrejanog alata(lemilice) formirajući grozd

6.2.2 Izrada keramičke školjke

Voštani grozd se uranja u keramičku emulziju i posipa se peskom. Pesak treba da je sitnozrnast manji od 0.04mm prečnika.



Sastav keramičke emulzije

kaloidni silikat	9.46 l
voda	3.78 l
prah cinkonskog peska	45.30 kg
ovlaživač	10 cm ³

Model sa keramičkim slojem se posipa peskom

Nakon višestrukog uranjanja i posipanja dobije se keramička školjka, čija debljina zavisi od slojeva od 2÷6 mm.

Topljenje voska je sledeća operacija, koja se zagrevanjem školjke po određenim režimima sprovodi. (≈100°C)



Žarenjem keramička školjka dobije potrebnu čvrstoću da može primiti rastopljeni metal. Na temperaturi 1040°C isparavaju se ostaci voska.

6.2.3 Ulivanje

U odnosu na ostale postupke **ulivanje** se razlikuje po tome, što se rastopljeni metal ulije u užarenu školjku. U zavisnosti od legure, od komplikovanosti oblika temperatura školjke može dostići i 1000°C pa i više. Posle stvrdnjavanja legure vrši se **odstranjivanje školjke**.

Školjka može biti odstranjena

- vodom pod visokim pritiskom (500bar) (koristi se za Al legure) ili
- vibracionim čekićem za legure sa većom čvrstoćom.

Nakon odstranjivanja školjke **odlivci se odrezuju** sa ulivnog sistema i brušenjem doteruju na konačni oblik. Odlivci od legiranih čelika posle čišćenja najčešće se termički obrađuju već prema nameni delova.

7. ČIŠĆENJE ODLIVAKA

Posle završenog livenja, odlivci se moraju hladiti u kalupu. Naglo hlađenje na vazduhu dovelo bi do unutrašnjih naprezanja, deformacija a u težim slučajevima i do pucanja.

Pre daljnje obrade odlivci se čiste, čišćenje se obavlja u dve operacije :

- grubo čišćenje,
- završno čišćenje.

7.1 GRUBO ČIŠĆENJE ODLIVKA

Grubim čišćenjem skida se sa odlivka pesak istresanjem na vibracionim rešetkama. Odstranjuju se jezgra iz šupljina pneumatskim čekićima, raznim vibratorima ili mlazom vode (za veće odlivke).

Odstranjuju se razne nalivke kao što su ulivni sistem i hranilice. Ovi se odstranjuju :

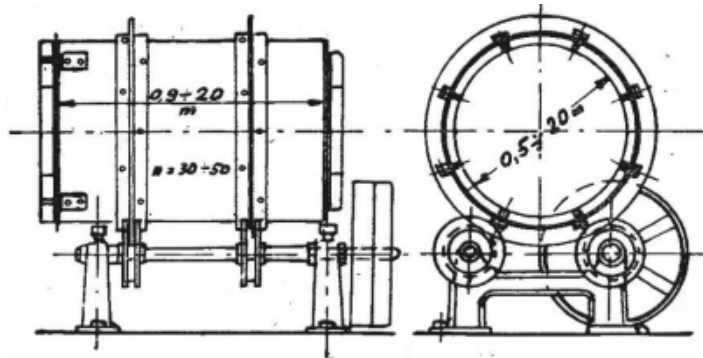
- za sivi liv se odlome čekićem,
- sa čeličnog liva autogenim rezanjem,
- sa nodularnog liva odsecanjem brušenjem,
- sa lakih metala odsecanjem na trakastim testerama.

7.2 POVRŠINSKO ČIŠĆENJE

To je završno čišćenje, a vrši se u bubnjevima za čišćenje ili sačmarenjem.

Čišćenje u bubnjevima - bubanj prečnika 1500mm, dužine do 3000mm rotira sa brojem obrtaja od 25°/min.

Odlivci smešteni u bubnju međusobno se žuljaju i trenjem se skida zaostali pesak sa površine odlivaka. Pored odlivaka u bubanj se sipa i određena količina metalnih zvezdastih komada prečnika 10÷15mm koji čiste odlivke i na nepristupačnim mestima.



bubanj za čišćenje odlivaka

Čišćenje pomoću sačme

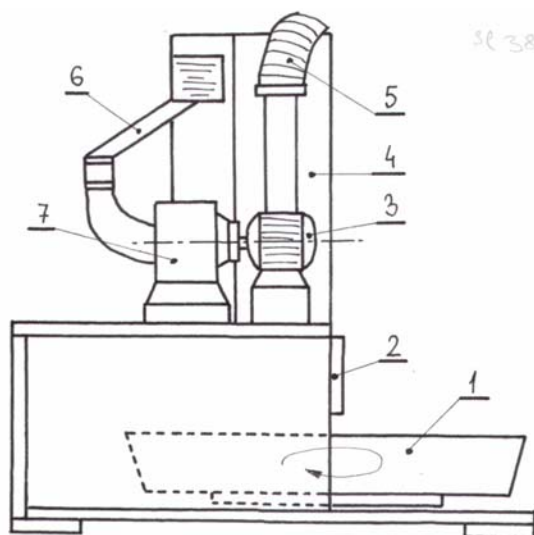
Danas se najčešće upotrebljava. Osnovni element ovih uređaja je rotor sa lopaticama, koja velikom brzinom nabacuje metalne sačme na površinu odlivka. Veličina zrna i vrsta sačme zavisi od veličine i materijala odlivka :

- čelična sačma veličine zrna od 0.8 do 1.2mm koristi se za odlivke sivog liva, čeličnog liva,
- odlivci od obojenog metala se čiste sačmom veličine zrna od 0.1 do 0.6mm,
- odlivci sa malom tvrdoćom (legure aluminijuma) se čiste aluminijumskom sačmom sa visokim sadržajem Si.

Sačma se dovodi do sredine rotora koja se vrti na 3000 o/min. Lopatice zahvataju zrnca i izbacuju ih velikom brzinom.

Prema konstrukciji postoji nekoliko tipova sačmarice, kao što su :

Sačmarica sa okrenutim stolom - služi za čišćenje manjih, pljosnatih i lomljivih odlivaka.

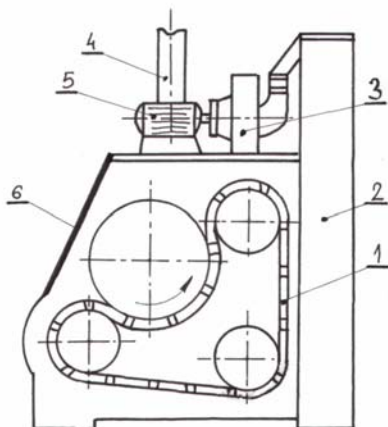


- 1- okretni sto
- 2- gumena zavesa
- 3- elektromotor
- 4- elevator za podizanje sačme
- 5- cev za isisavanje prašine
- 6- cev za dovod sačme
- 7- rotor za izbacivanje sačme

sačmarica sa okrenutim stolom

Na okrenutom stolu su poslagani odlivci, komora za čišćenje zahvata 2/3 stola. Okretanjem stola odlivci prolaze kroz komoru ispod ulaza sačme, zatim izlaze, treba ih okretati da bi bili zahvaćeni sa svih strana sačmom. Do konačnog čišćenja odlivci se nekoliko puta prepuste kroz komoru.

Sačmarica sa beskrajnom trakom - služi za čišćenje sitnih kompaktnih masivnih odlivaka. U komori za čišćenje se nalazi pokretna beskrajna traka na koju se ulažu odlivci.



- 1 - beskrajna traka (metalna ili gumena)
- 2 - elevator za dizanje sačme
- 3 - rotor za izbacivanje sačme
- 4 - isisavanje prašine
- 5 - elektromotor
- 6 - vrata za ubacivanje odlivaka

Sačmarica sa beskrajnom trakom

Kretanjem trake odlivci se prevrću, mešaju i tako sa svih strana su izloženi mlazu sačme.

Tunelska sačmarica - sa transportom odlivaka pomoću kontejnera koristi se u velikoserijskoj i masovnoj proizvodnji srednjih veličina odlivaka. Zakačeni odlivci na kuke ulaze u tunel za čišćenje, gde su sa više strana izloženi sačmama.

Komorna sačmarica - koristi se za čišćenje velikih odlivaka. Odlivak postavljen na pomični sto dovodi se u komoru, gde je sa više strana izložen ulazu sačme. Okretanjem stola u komori odlivak se čisti sa svih strana osim sa površine na koju je odložen. Za čišćenje 1 tone odlivka troši se 2÷5kg sačme.

7.3 BRUŠENJE ODLIVAKA

Brušenje je tehnološka operacija kojom se skidaju neravnine sa odlivka (srh, izbočine). Odlivci sa masom do 20kg bruse se na stabilnim brusilicama. Odlivci većih masa bruse se na visećim brusilicama. Ručne brusilice se koriste za brušenje odlivaka na nepristupačnim mestima.

Za brušenje odlivaka u velikoserijskoj i masovnoj proizvodnji koriste se specijalne namenske brusilice (klipni prstenovi, diskovi kočnica, blokovi motora itd.).

8. GREŠKE NA ODLIVCIMA

8.1 KLASIFIKACIJA GREŠAKA

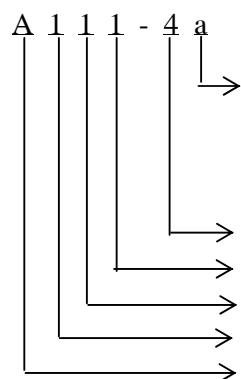
Prema međunarodnoj klasifikaciji, greške na odlivcima svrstavaju se u sedam klasa. Svaka klasa se dalje raspoređuje u grupe, svaka grupa u podgrupe, a podgrupe u pojedine greške.

Sa ovom klasifikacijom definisano je 110 vrsta pojedine greške.

Klase grešaka :

- A) metalni dodaci (suvišne površine, zadebljanja)
- B) šupljine (u unutrašnjosti ili na površini)
- C) prekinuti odlivak (masa odlivka delimično prekinuta)
- D) površinski nedostaci (nedovoljne glatke površine)
- E) nepotpun odlivak (nedostaje deo odlivka)
- F) netačnosti mere i odlivka (mere netačne, izvitoperen oblik)
- G) uključci i nepravilna struktura (uključci metala, peska, šljake)

Svaka greška se označava slovnim znakom i brojevima :



postupak livenja **

vrsta liva *
greška
podgrupa greške
grupa greške
klasa greške

** postupak livenja

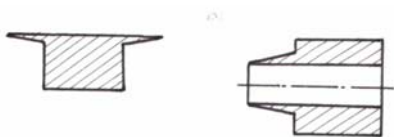
- a- peščani kalup - sirov
- b- peščani kalup - sušeni
- c- kalup od jezgra
- d- školjkasti kalup
- e- keramička školjka
- f- tačni liv
- g- precizni liv
- h- liven u kokilu
- i- livenje pod pritiskom
- k- centrifugalno livenje
- l- kontinualno livenje

* Materijal odlivka (vrsta liva)

- 1- čelični liv
- 2- sivi liv
- 3- nodularni liv
- 4- temper liv
- 5- legure lakih metala
- 6- legure obojenih metala

8.1.1 Srh (A 111)

Metalna izraslina male debljine u ravni deljenja kalupa ili na ivicama otvora formirana jezgrima.

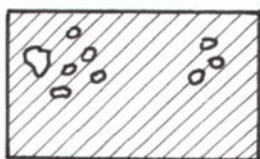


uzrok : nepravilan kalup; pohabanost modela

sprečavanje : popravak modela, zamena istrošenih, iskrivljenih kalupnika

8.1.2 Šupljine (B 111) - gasni mehuri

Okrugle šupljine sa glatkim površinama u unutrašnjosti odlivka. Ponekad čitava struktura porozna.

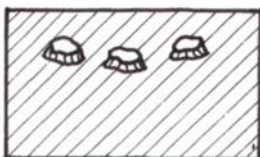


uzrok : mehuri nastaju zbog izdvajanja gasova za vreme stvrdnjavanja

sprečavanje : poboljšati odvođenje gasova, provera ulivnog sistema

(B113) - mehuri od šljake

Kao i kod prethodnog, ali u mehurima nalazi se i šljaka



uzrok : oksidacija liva, neodgovarajuća šarža

sprečavanje : provera sastava, povećanje temperature, ulivanje bez vrtloga

(B211) - ulegnuće - usahline

Otvorna šupljina u obliku levka, koja prema unutrašnjosti može nastaviti u obliku zatvorene šupljine. Najčešće nastaje na gornjem delu.



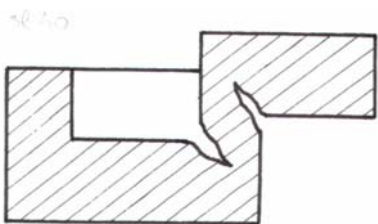
uzrok : nedovoljno napajanje odlivka u toku skupljanja

sprečavanje : izbegavati velike razlike u debljini zida, potrebno postaviti odgovarajući hranitelj, radi usmerenog stvrdnjavanja postaviti hladilice.

8.1.3 Prekid mase

(C221) - toplotne pukotine

Pukotine koje prodiru do manje ili veće dubine, nepravilnih oblika. Nastaju na delovima odlivka koja se zadnje stvrđnjavaju, i na prelazima.



uzroci: ometano skupljanje (velike razlike u zidu, mali radijusi, krut liv)

sprečavanje: otklanjanjem uzroka promenom oblika, postavljanjem rebara, hladilice.

(C311) - hladni var

Prekid mase sa zaokruženim rubovima. Najčešće na hladnim delovima odlivka. Može nastati po celom preseku ili samo do određene dubine. Nastaje na odlivcima velikih površina na manjim debljinama zida.



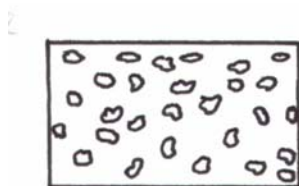
uzroci: dno odvojena ulaza metala zbog niske temperature nepotpuno ili se uopšte ne stope

sprečavanje: povećati temperaturu liva, poboljšati ulivni sistem

8.1.4 Greške na površini odlivaka

(D134) - hrapava površina - "kora pomarandže"

Manje ili više hrapava površina celog odlivka. Hrapavost je različite dubine.



uzroci: upotrebom starog peska bez dodatka novog. Stari pesak obično ima kiselog karaktera sa pH vrednošću oko 5.

sprečavanje: podesiti pH vrednost (bentonit sodom) da bude oko 8

(D231) - krasta

Nepravilna metalna izraslina debela nekoliko mm oštre ivice, hrapave površine, vezan uskim delom za odlivak. Ispod kraste na odlivku se nalazi brazda. Najčešće se pojavljuje na gornjim i donjim površinama.

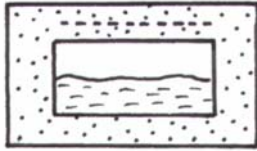


uzroci: ometano ili neometano stvaranje kore na užarenoj površini zbog širenja kvarca.

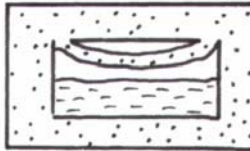


sprečavanje: povećanjem čvrstoće peska (sadržaj veziva, bolja priprema), izbegavanje prevelike vlažnosti peska.

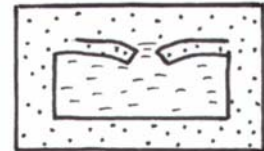
Faze nastajanja :



povećani sadržaj vlage zbog kondenzacije što prouzrokuje smanjenje čvrstoće peska



rastopljeni metal pritiska koru, koja se lomi i metal popunjava prostor ispod kore.

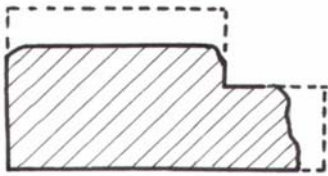


ako se kora ne polomi na površini se stvara samo udubljenje - brazda

8.1.5 Nepotpuna izlivenost

(E-121) - nedolivenost

Jedan deo odlivka nedostaje. Nepotpuni odlivak ima zaobljene ivice. Vertikalni ulivni kanal je pun. Najčešće nastane na odlivcima sa malom debljinom zida, sa velikom površinom, na gornjim površinama najudaljenije od ulivnog kanala (ušća).



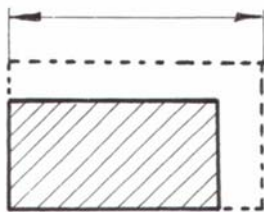
uzroci : niska temperatura ulivanja, nedovoljna livljivost metala, mala površina ulivnog sistema

sprečavanje : povećanje temperature livenja, rekonstrukcije ulivnog sistema.

8.1.6 Netačne mere ili oblika

(F-111) - netačno skupljanje

Ne odgovaraju mere odlivka merama na crtežu i modelu. Javlja se kod svih dimenzija.



uzroci : skupljanje prema kojem je izrađen model ne odgovara skupljanju odlivka odnosno liva.

sprečavanje : treba probom ustanoviti stvarno skupljanje; uticati na brzinu hlađenja.

8.1.7 Uključci i nepravilna struktura

(G-121) - uključak šljake

Nemetalni uključci nepravilnih oblika koji potiču iz peći. Pojavljuju se ili na površini ili na zidu. Obično na gornjim površinama.

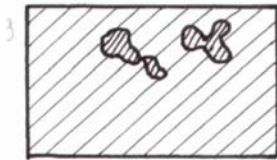


uzroci : za{itna obloga pe}i se izme{a sa metalom tokom topljenja.

spre~avanje : ispu{tati metal sa ve}om pa`njom, koristiti lonac sa sifonskim livenjem, procediti rastopljeni metal.

(G-141) - crne pege (kod nodularnog liva)

Slabe mehaničke osobine materijala. Na prelomu se jasno vide crne pege nepravilnog oblika. Nastanu obično na odlivcima debljim od 25mm u gornjim površinama.

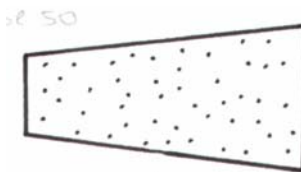


uzroci : visok sadržaj metalnih oksida

sprečavanje : sadržaj sumpora smanjiti ispod 0.01%
povisiti temperaturu ulivanja

(G-211) - bela mesta (kod SL i nodularni liv)

Delimično bela struktura naročito na tamnim delovima odlivka i na ivicama. Beli prelom postepeno prelazi u sivi.



uzroci : odnos ugljenika i silicijuma ne odgovara debljini zida, nedovoljno modifikovanje, prebrzo hlađenje

sprečavanje : otklanjanje mogućih uzroka, provera sastava legure

(G-221) - primarni grafit

Na prelomu sivog liva vide se sive pege, izdvojen primarni grafit posle temperiranja prelom je crne boje i krupnozrnast. Obično kod odlivaka sa debelim zidovima.



uzroci : previsok sadržaj ugljenika i silicijuma za tu debljinu zida, način topljenja

sprečavanje : izbegavati velike razlike u debljini zida, nagomilavanje materijala, menjati ulivni sistem, prilagoditi sastav liva.

8.2 POPRAVKA ODLIVAKA

Zbog veoma složenih poslova livarske proizvodnje i velikog broja uticaja na kvalitet odlivaka, postupak popravke odlivaka je sastavni deo tehnološkog procesa.

Bitno je da popravkom odlivaka ne bude umanjen kvalitet i funkcionalnost dela.

Postupci popravke odlivaka su :

- popravka sa gitovanjem
- popravka zavarivanjem
- popravka koničnim navojnim čepovima
- popravka impregnacijom

8.2.1 Popravka sa gitovanjem

Gitovima se popravljaju manje spoljašnje neravnine ili greške uglavnom estetske do 3 cm³ i to na neopterećenim mestima odlivaka. Koriste se dvokomponentne smeše na metalnoj osnovi sa

očvršćivačima od smola (epoksidne, akrilne, poliomidne). U zavisnosti od vrste metala koristi se git određenog sastava.

Gitovanjem se popravljaju :

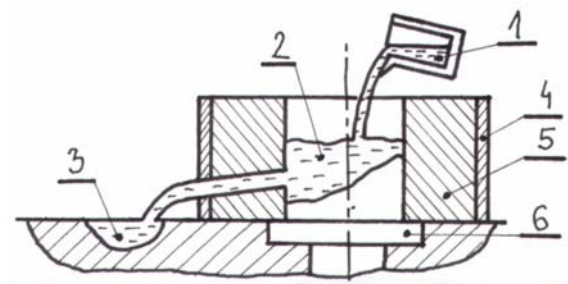
- manji nedostaci materijala na površinama
- popravka konture odlivaka
- male pukotine od 20÷30 mm

8.2.2 Popravka zavarivanjem

Veoma je bitno da pre početka zavarivanja mesto spoja bude temeljito očišćen do zdravog mesta na odlivku.

Popravka odlivaka livačkim zavarivanjem

Najstariji postupak - primenjuje se za popravku velikih odlivaka kao što su postolja alatnih mašina. Postupak je prikazan na skici. Potrebno je obezbediti potok tečnog metala radi zagrevanja i ujednačenja temperature na popravljenom mestu.



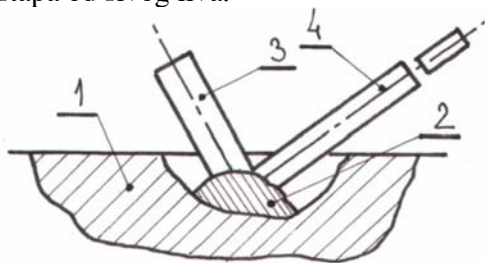
- 1- lonac za ulivanje
- 2- rastopljeni metal
- 3- višak materijala
- 4- kalupnica
- 5- pesak
- 6- odlivak

Utrošak liva je 4÷5 puta više nego obično potrebno za popravku.

livačko zavarivanje

Električno zavarivanje sivog, nodularnog i temper liva

Manje greške mogu biti zavarene bez zagrevanja odlivaka sa elektrodama od nikla, uz dodatak štapa od sivog liva.



- 1- odlivak
- 2- rastopljeni metal
- 3- štapa od sivog liva
- 4- elektroda (Ni)

Proizvođači elektroda daju posebna uputstva za zavarivanje. Za ostvarenje identične strukture sa osnovnim materijalom primenjuje se zavarivanje toplog odlivka.

- odlivak se zagreje na 600°C,
- zavarivanje je moguće samo do 300°C, ako temperatura pada ispod treba dogrevati,
- hlađenje u peći do 200°C, zatim na vazduhu.

Pošto je odlivak topao i zrači valiku količinu toplote treba se strogo pridržavati zaštite pri radu. Za zavarivanje se koriste specijalne namenske elektrode.

Zavarivanje bakarnih legura

Bakarne legure se veoma teško zavaruju zbog intenzivne oksidacije bakra, velike toplotne provodljivosti (brzo se hladi zona vara). Zavarivanje se vrši primenom specijalne elektrode i postupcima MIG (metal-inertni gas) i WIG (wolfram - inertni gas).

Zavarivanje aluminijumskih legura

I kod aluminijumskih legura zbog dobre toplotne provodljivosti teško je održati temperaturu u zoni zavarivanja. Pored toga u dodiru sa kiseonikom aluminijum stvara teškotopljivi oksid (2070°C). Koriste specijalne elektrode sa posebnim topiteljima. Odlivke sa većim debljinama zida od 10mm, potrebno je zagrejati na 150 do 250°C.

8.2.3 Poravka koničnim navojnim čepovima

Ova popravka je veoma efikasna, brza i jeftina, ali nažalost popravka ovom metodom moguća je samo na ravnim površinama pod uslovom da je greška udaljena od ivice odlivka najmanje za polovinu prečnika čepa.

Primenjuje se u prvom redu kod velikih skupih obrađenih odlivaka kada su greške ograničene na jednu užu zonu, kao što su:

- lokalna nedolivenost,
- veći pojedinačni gasni mehuri,
- lokalne greške koje se otkriju na odlivku prilikom ispitivanja na pritisak.

Sam postupak sastoji se u bušenju otvora, rezanju navoja u odlivak zatim uvrtanju čepa sa koničnim navojem koji je prethodno premazan sa lepilom za metal.

8.2.4 Popravak odlivka impregnacijom

Impregnacijom se popravljaju nevidljive livarske greške mikro i makro, koje se otkriju probama na nepropustljivost.

Za impregnaciju koristilo se vodeno staklo tako što je odlivak bio potopljen, a u ranije vreme postoje posebni rastvori za impregnaciju koje se nanose na površinu odlivaka ("Dichtal" - firme Diamant). Nanosi se četkom, ulivanjem u šupljinu ili potapanjem uz primenu vakuma.