

TEHNOLOGIJA PLASTIČNOG DEFORMISANJA

KOVANJE

Kovanje

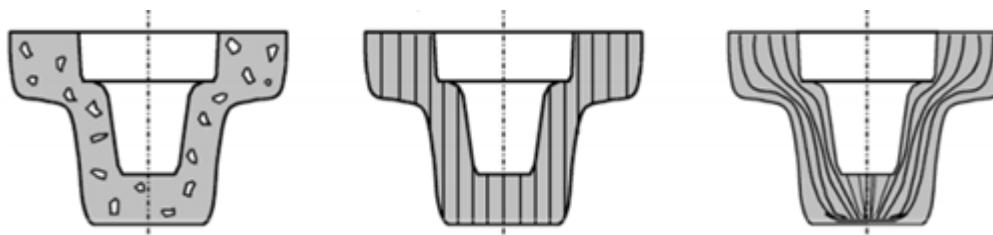
Kovanje je jedna od najstarijih metoda obrade metala. To je postupak plastičnog deformisanja metala između dva međusobno pokretna dela alata, pri čemu se materijal izlaže pritisnim i zateznim naponima i to impulsnim (udarnim) putem.

Kovanje je metoda koja se izvodi u topлом stanju, što znači da je temperatura obrade iznad temperature rekristalizacije materijala tako da ne dolazi do deformacionog ojačavanja.

I pored toga delovi dobijeni kovanjem (otkovci) imaju odlične mehaničke osobine.

Najveći broj delova koji su izloženi statičkim i dinamičkim opterećenjima dobija se kovanjem.

Kod delova dobijenih livenjem često postoji porozna struktura koja se kovanjem može poboljšati. Usmerena struktura koja se dobije kovanjem čini da delovi dobijeni na taj način imaju znatno bolja mehanička svojstva od delova dobijenih livenjem ili skidanjem strugotine.



Livenje

Obrada skidanjem
strugotine

Deformisanje

Poređenje toka materijala kod dela dobijenog livenjem, obradom skidanjem strugotine i plastičnim deformisanjem

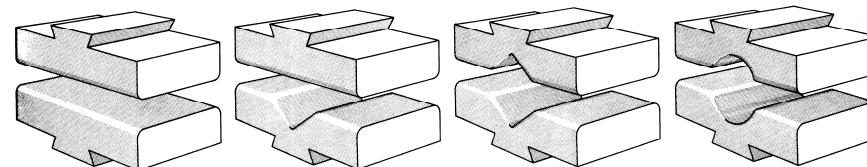
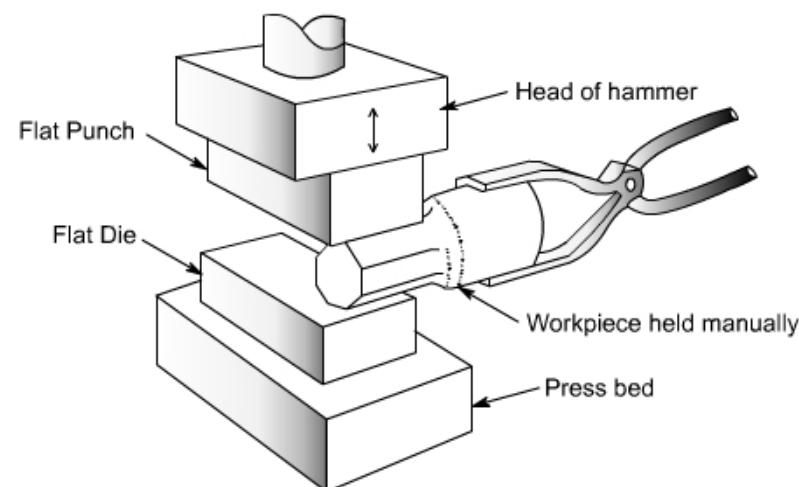
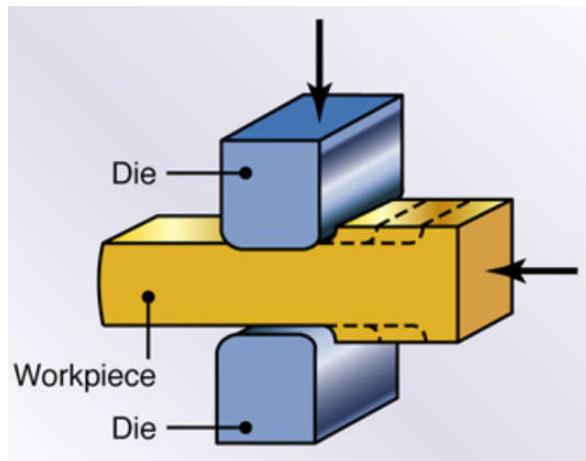
Postoje dve vrste kovanja:

- Slobodno kovanje i
- Kovanje u kalupu

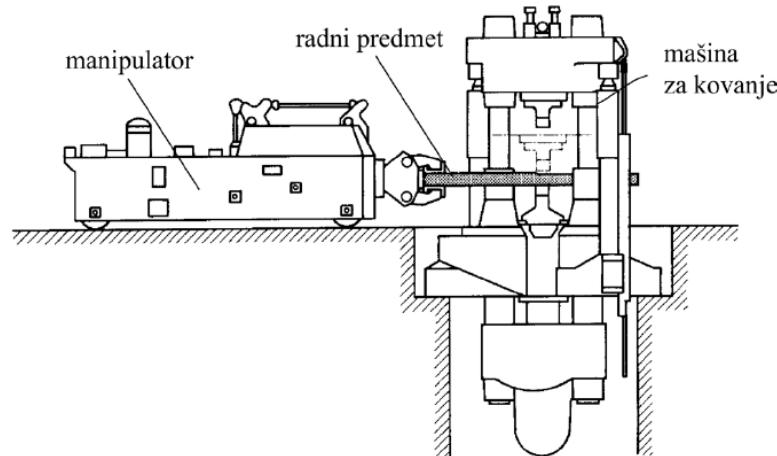
Slobodno kovanje je obrada pomoću univerzalnih alata čija je osnovna karakteristika da ne moraju imati oblik koji odgovara obliku obratka.

Oblikovanje se najčešće obavlja uz upotrebu većeg broja udaraca.

Kod delova manjih dimenzija manipulisanje izvodi radnik pomoću ručnog alata dok se kod većih delova koristi poseban uređaj – manipulator.



Slobodno kovanje delova većih dimenzija

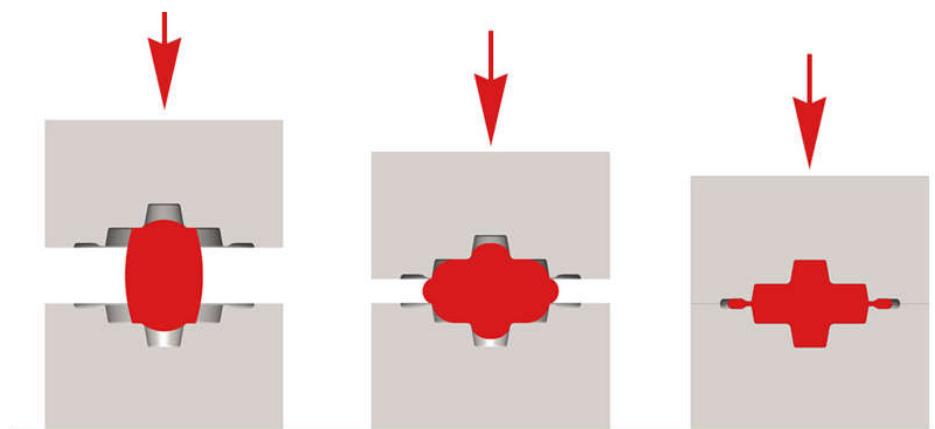


Kovanje u kalupu

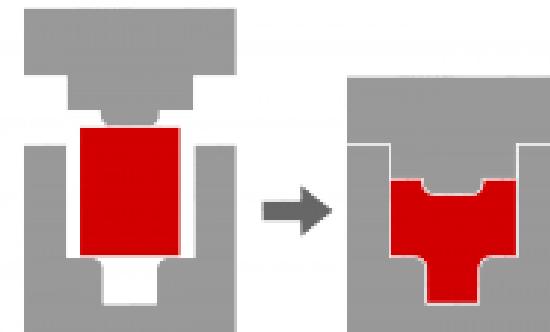
Alat za kovanje naziva se kalup. Šupljina u kalupu (alatu) naziva se gravura i odgovara obliku otkovka.

Kovanje u kalupu može biti:

- Kovanje sa vencem (srhom) i
- Kovanje bez venca (srha)



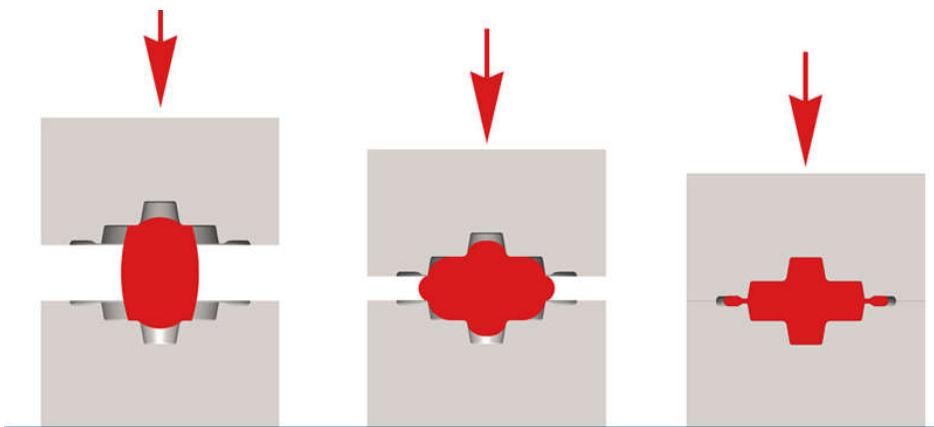
Kovanje sa vencem



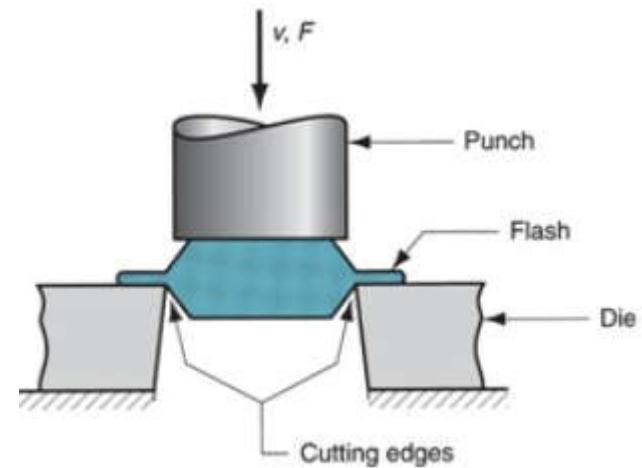
Kovanje bez venca

Kod **kovanja sa vencem** zapremina pripremka je veća od zapremine otkovka koji treba da se dobije. Zbog toga u kalupu pored gravure postoji i kanal u koji ističe višak materijala i na taj način se formira venac – SRH.

Zbog formiranja srha nakon operacije kovanja uvek je potrebno opseći taj višak materijala, pa je potrebna još jedna dodatna operacija.

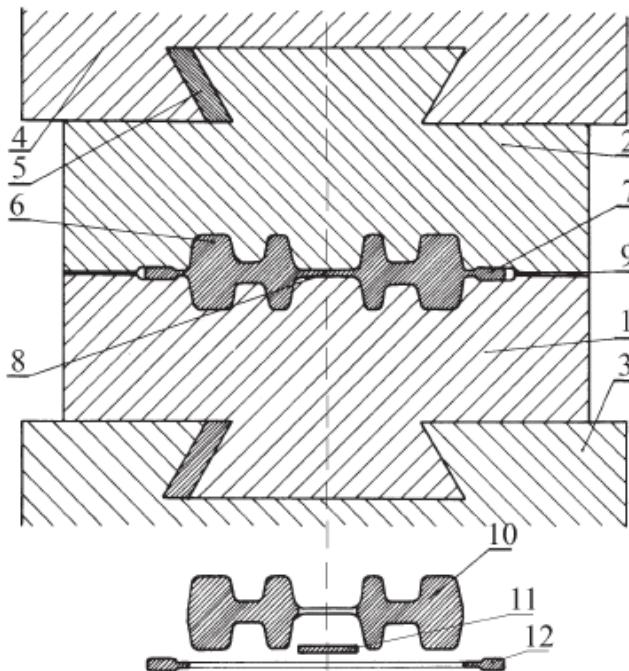


Kovanje sa vencem (srhom)

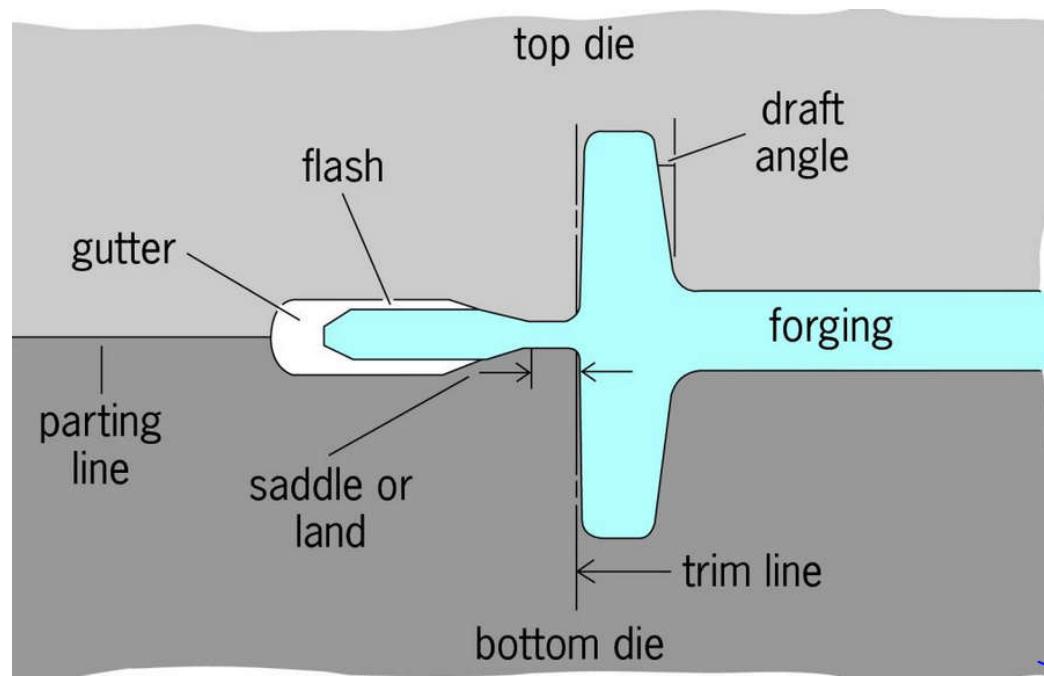


Opsecanje venca
(srha)

Kovanje sa vencem



- 1 – donji deo kalupa
- 2 – gornji deo kalupa
- 3 – nosač donjeg dela kalupa (nakovanj)
- 4 – nosač gornjeg dela kalupa (malj)
- 5 – klin za učvršćivanje alata
- 6 – otkovak
- 7 – spoljni srh (venac)
- 8 – unutrašnji srh
- 9 – podeona ravan
- 10 – otkovak izvan kalupa nakon obrezivanja
- 11 – 12 – otpad

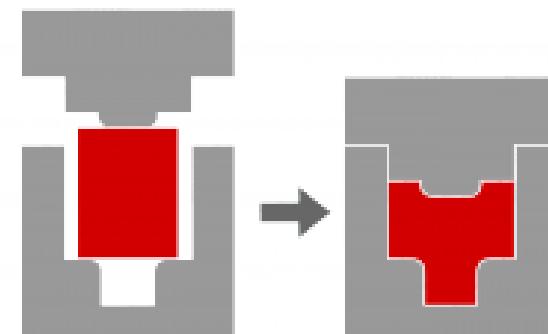
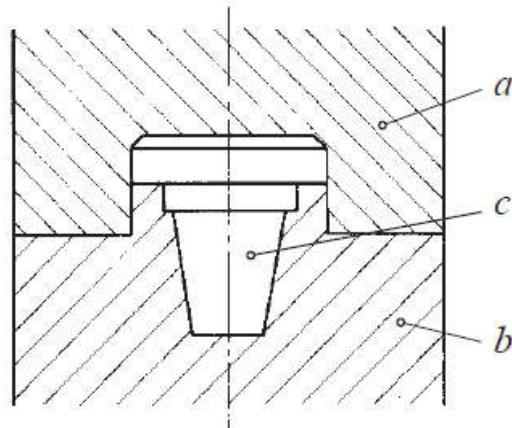


Kovanje bez venca

Specijalna vrsta kovanja je kovanje bez venca. U ovoj vrsti kovanja nema viška materijala i zapremina gravure odgovara zapremini otkovka. Izračunavanje dimenzija i izrada pripremka u ovoj vrsti kovanja mora biti veoma tačno.

Netačnost u zapremini pripremka dovodi ili do nekompletног ispunjavanja kalupa (ako je zapremina pripremka manja od potrebne) ili do preopterećenja i loma alata (ako je zapremina pripremka veća od potrebne).

a – gornji alat
b – donji alat
c – radni komad



Kovanje bez venca

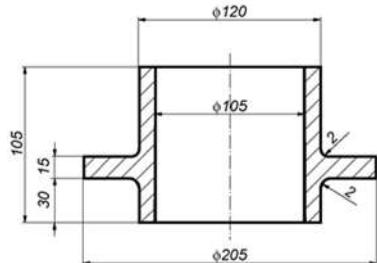
Projektovanje tehnološkog procesa kovanja u kalupu sastoji se od:

- Određivanja težine, oblika i dimenzija pripremka
- Zagrevanja pripremka
- Operacija pripremnog kovanja
- Operacije završnog kovanja
- Opsecanja venca (srha) i probijanja potrebnih otvora
- Žarenja otkovka
- Čišćenja
- Kalibrisanja
- Konstrukcije alata za kovanje i
- Izbora opreme za kovanje

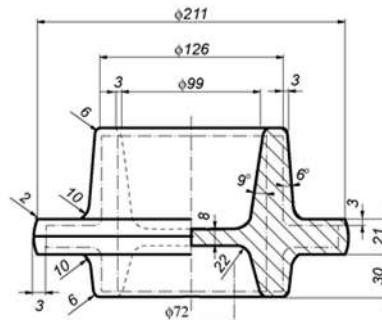
Otkovak se, najčešće, koristi kao pripremak za izradu nekog elementa. Zbog specifičnosti tehnologije kovanja otkovak i element koji treba da se izradi od njega se razlikuju po obliku i dimenzijsima. Zbog toga se na osnovu crteža elementa vrši konstrukcija otkovka.

Tek kada su poznate dimenzije i izgled otkovka određuju se težina, oblik i dimenzije pripremka za kovanje.

Nakon izrade pripremka za kovanje i njegovog zagrevanja slede operacije pripremnog i završnog kovanja, kojih može biti više ili manje u zavisnosti od oblika i dimenzija otkovka.



Gotov deo



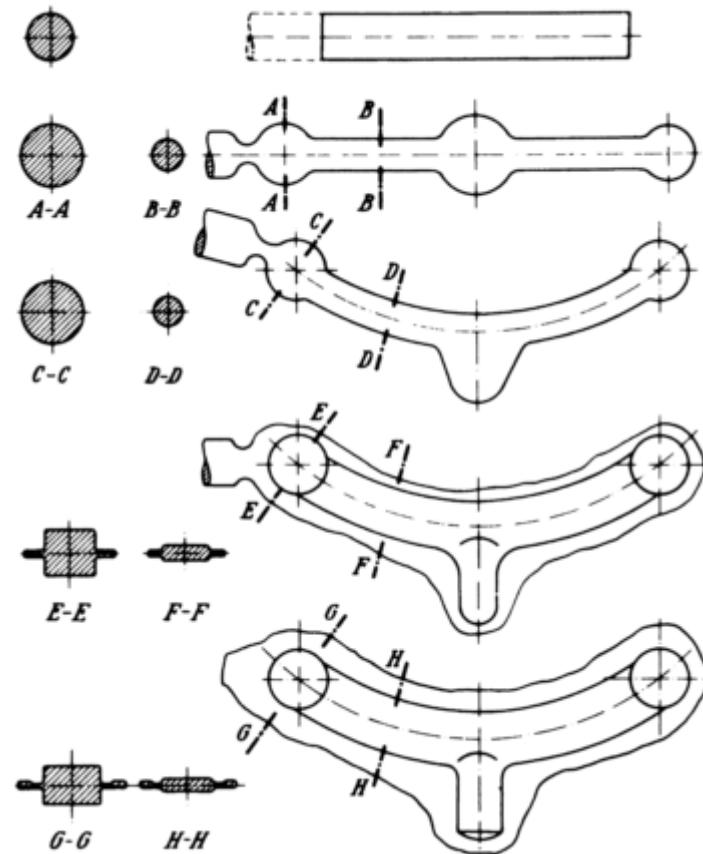
Otkovak

Kod kovanja sa vencem pripremak postepeno, u nekoliko operacija, dobija oblik otkovka.

Osim definisanja oblika pripremka, potrebno je odrediti međuoblike i završni oblik – oblik otkovka.

U operacije pripremnog kovanja spadaju:

- Rasporед мase materijala по дужини главне оse otkovka,
- Savijanje,
- Predoblikovanje poprečnog preseka.



Pripremak

Pripremno kovanje radi rasporeda mase materijala

Pripremno kovanje savijanjem

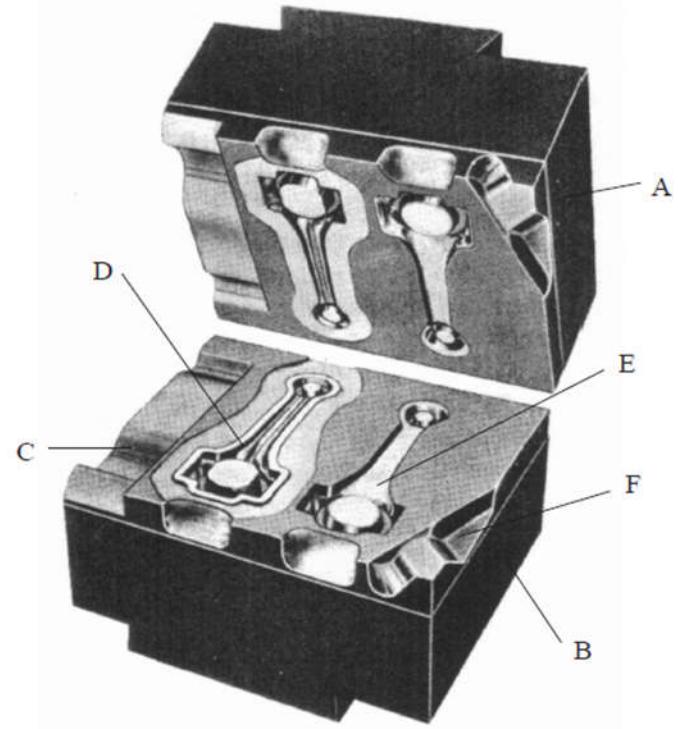
Predoblikovanje poprečnog preseka

Završno kovanje

Alat za kovanje

Kao što je već rečeno alat za kovanje naziva se kalup. U zavisnosti od toga da li se radi o operacijama pripremnog kovanja, prethodnog ili završnog kovanja, razlikovaće se gravure u kalupu.

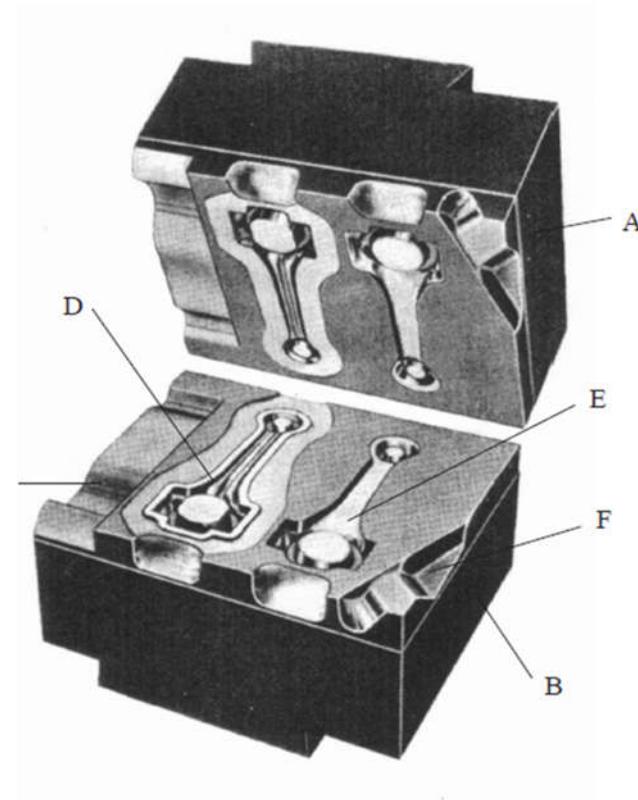
Gravure za **pripremno** kovanje služe da se oblik polaznog dela (pripremka) približi obliku završnog dela (savijanje, promena poprečnog preseka itd.). Ove gravure obično nisu složene, u njima se pripremak dovodi u oblik koji je približan obliku koji se dobija završnim kovanjem.



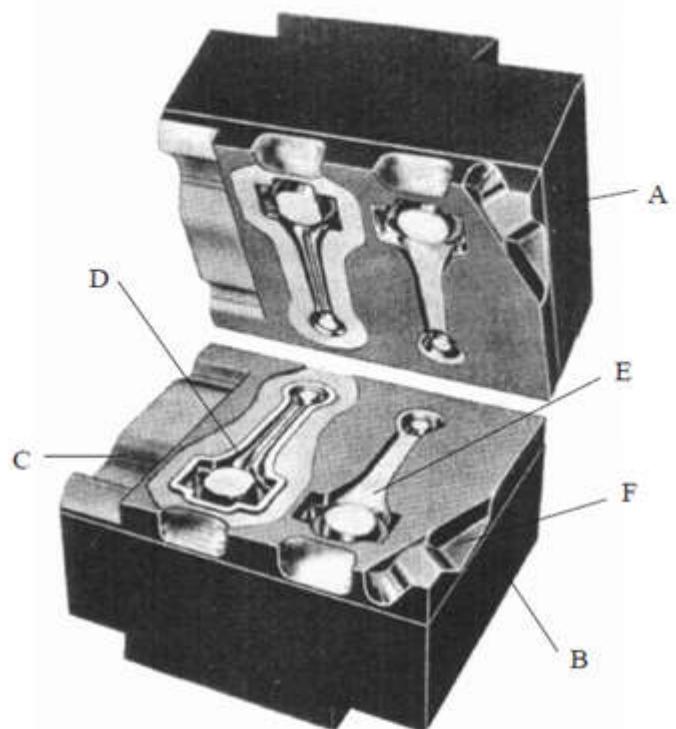
- A – gornji kalup
- B – donji kalup
- C – pripremna gravura
- D – završna gravura
- E – prethodna gravura
- F – pripremna gravura

U gravuri za prethodno kovanje, otkovak se priprema za završnu garuvuru (završno kovanje) i oblik ove gravure je sličan obliku završne gravure. Razlika postoji u radiusima, nagibima i ostalim elementima konstrukcije gravure.

U završnoj gravuri se dobija finalni otkovak i ona predstavlja negativ finalnog otkovka u topлом stanju.



- A – gornji kalup
- B – donji kalup
- C – pripremna gravura
- D – završna gravura
- E – prethodna gravura
- F – pripremna gravura



- A – gornji kalup
- B – donji kalup
- C – pripremna gravura
- D – završna gravura
- E – prethodna gravura
- F – pripremna gravura



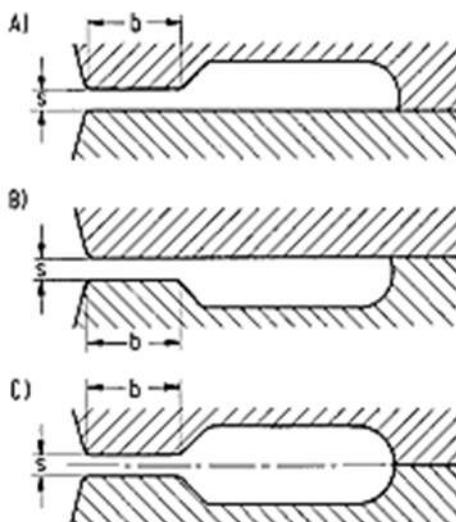
Faze kovanja klipnjače

- 1 – polufabrikat
- 2 – pripremno kovanje
- 3 – prethodno kovanje
- 4 – gotov otkovak pre odsecanja venca
(završno kovanje)
- 5 – gotov otkovak posle odsecanja
venca

Značajan uticaj na parametre procesa kao i na kvalitet samog otkovka imaju oblik i dimenzije kanala (mosta) za srh.

Oblik i dimenzije tog kanala zavise od oblika gravure.

Smanjenjem odnosa b/s smanjuje se i pritisak u gravuri kao i visina koju materijal može postići u gravuri, i obrnuto.

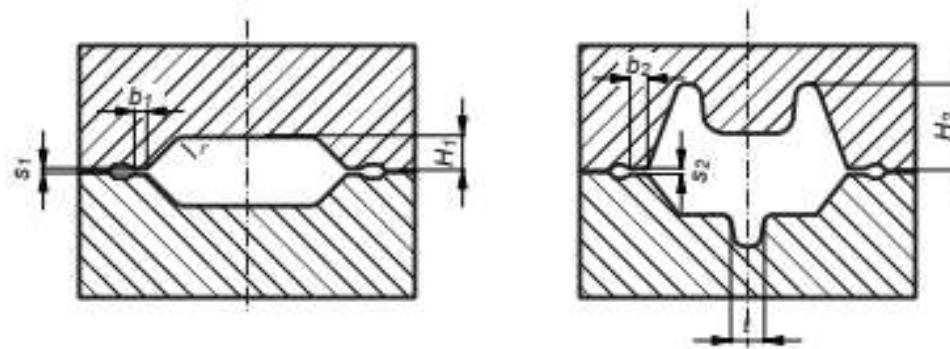


A – kanal i magacin u gornjem kalupu

B – kanal i magacin u donjem kalupu

C – kanal i magacin u oba kalupa (b – dužina kanala, s – visina kanala)

Za složenije konfiguracije gravure (veća visina gravure, manja debljina vertikalnih segmenata gravure) potrebno da odnos b/s bude veći nego za jednostavnije gravure (manja visina gravure, veće debljine vertikalnih segmenata gravure).

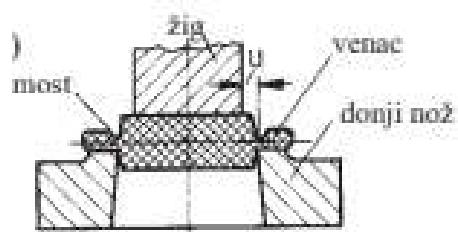


Jednostavna i složena gravura
s – visina mosta, b – dužina mosta, H – visina gravure

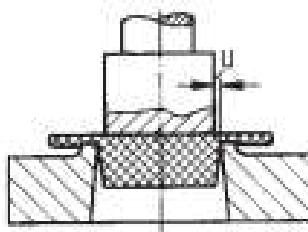
$$\frac{b_1}{s_1} < \frac{b_2}{s_2}$$

Odsecanje venca (srha) izvodi se na posebnoj mašini s mehaničkim pogonom, uz upotrebu specijalnih alata.

Odsecanje se može izvršiti u topлом ili hladnom stanju (ohlađeni otkovak).



Alat za odsecanje spoljašnjeg srha (venca)



Alat za probijanje dna otkovka.

Mašine za kovanje

Kovanje se izvodi na mehaničkim i hidrauličnim presama i čekićima.

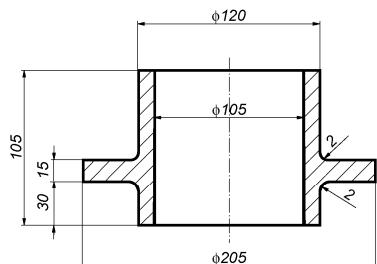
Hidraulične prese velike snage, po pravilu se koriste za slobodno kovanje velikih delova, na primer za kovanje vratila turbine. Manje hidraulične prese mogu se koristiti za kovanje u kalupu sitnijih otkovaka od čelika, obojenih metala i njihovih legura.

Mehaničke prese koje se koriste za kovanje u kalupu mogu biti krivajne i zavojne.

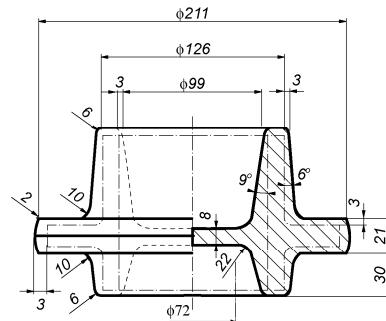
Čekići se koriste za kovanje najsloženijih otkovaka. Prema vrsti pogona oni mogu biti: parovazdušni, vazdušni, hidraulični i mehanički.

Konstrukcija otkovka

Otkovak ima različite dimenzije i oblik od završnog oblika dela. Po pravilu, završni oblik se dobija naknadnom obradom otkovaka skidanjem strugotine. Na osnovu crteža završnog oblika dela konstruiše se otkovak iz koga će se taj deo dobiti.



Gotov deo



Otkovak

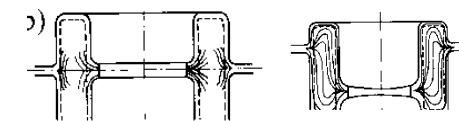
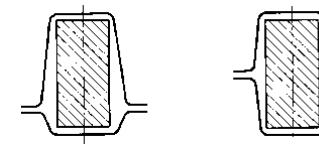
Glavni elementi konstrukcije otkovka su:

- podeona ravan
- dodaci za obradu
- kovački nagibi
- radijusi zaobljenja
- minimalne debljine kovanja
- tolerancije izrade otkovka

Podeona ravan je ravan gde se sastaju gornji i donji kalup. Položaj podeone ravni utiče na konstrukciju alata za kovanje i za opsecanje srha, kao i na iskorišćenje materijala.

Neke od preporuka za definisanje položaja podeone ravni su:

- Podeona ravan može da bude neka od ravni simetrije otkovka,
- Zbog manjeg gubitka materijala bilo bi dobro da podeona ravan deli otkovak na približno dva ista dela,
- Podeona ravan treba da bude tako postavljena da konstrukcija alata za kovanje i opsecanje bude što jednostavnija,
- Treba težiti da se oblikovanje materijala više izvodi sabijanjem, a ne istiskivanjem itd.



Dodaci za naknadnu obradu
 otkovka predviđaju se za one površine koje se nakon kovanja podvrgavaju nekoj od obrada skidanjem strugotine. Ovi dodaci su neophodni jer kompenzuju sva odstupanja koja nastaju zbog:

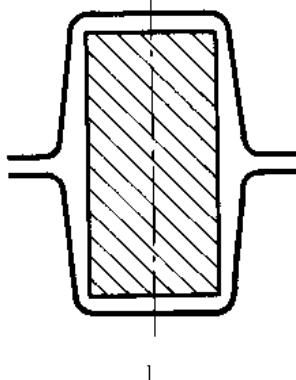
- razugljeničenja površine koje nastaje prilikom kovanja
- mikropukotina i neravnina površina
- eventualnih drugih netačnosti

Najveća širina b ili d [mm]	Kovački čekići			
	Najveća visina h_f ili dužina na obradenom mestu [mm]			
	< 63	63 – 160	160 – 400	400 – 1000
< 25	1,5	1,5	1,5	2
25 – 40	1,5	1,5	1,5	2
40 – 63	1,5	1,5	2	2,5
63 – 100	1,5	2	2,5	3
100 – 160	2	2,5	3	3,5
160 – 250	2,5	3	3,5	4

	Prese i horizontalne kovačke mašine			
	Najveća visina h_f ili dužina na obradenom mestu [mm]			
	< 63	63 – 160	160 – 400	400 – 1000
< 25	1,5	1,5	1,5	1,5
25 – 40	1,5	1,5	1,5	1,5
40 – 63	1,5	1,5	1,5	1,5
63 – 100	1,5	1,5	2	2
100 – 160	1,5	2	2,5	2,5
160 – 250	2	2,5	3	3

Kovački nagibi izvode se na svim spoljnim i unutrašnjim površinama otkovka koje su paralelne pravcu kretanja alata radi lakšeg vađenja otkovka iz kalupa nakon operacije kovanja. U kovačkim gravurama nema vertikalno postavljenih površina. Nagibi počinju od podeone ravni, tj. na njoj menjaju pravac (gornji i donji kalup).

Veličine kovačkih nagiba su standardizovane i date tabelarno u zavisnosti od toga na kojem tipu mašina se proces izvodi i od toga da li je reč o spoljašnjim ili unutrašnjim površinama.

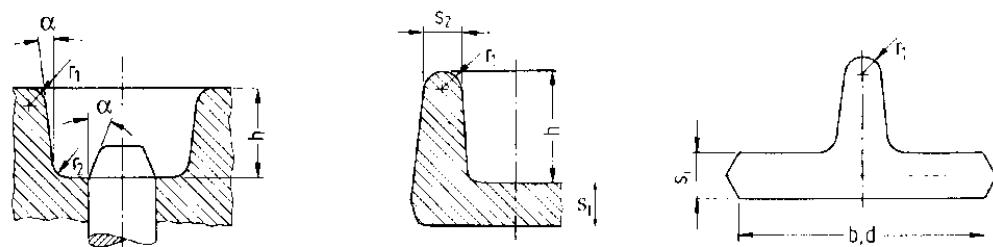


Veličine kovačkih nagiba			
Maštine za kovanje	Spoljašnje površine		Unutrašnje površine
	Ugao α^o	Primena	
Čekići	9	visoke	9 normalne
	6	normalne	6 kratke
	3	kratke	
Prese	6	kratke	9 duge
	3	normalne	6 normalne
	1	sa izbacivačem	3 sa izbacivačem
Horizontalne kovačke maštine	3	u tiskaču	3 normalne
	1	normalne	
	0	posebne	1 kratke

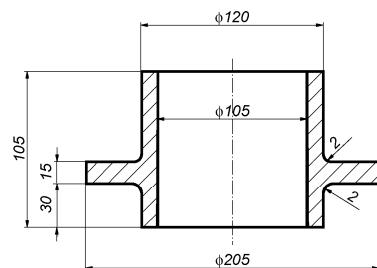
Radijusi zaobljenja se predviđaju zbog olakšavanja tečenja materijala prilikom kovanja ali i zbog izbegavanja koncentracije napona u alatu. Radijusi treba da su što veći.

Minimalne vrednosti zaobljenja za otkovke iz čelika		
h [mm]	r ₁ [mm]	r ₂ [mm]
< 25	2	4
25 – 40	3	6
40 – 63	4	10
63 – 100	6	16
100 – 160	8	25
160 – 250	10	40
250 – 400	16	63

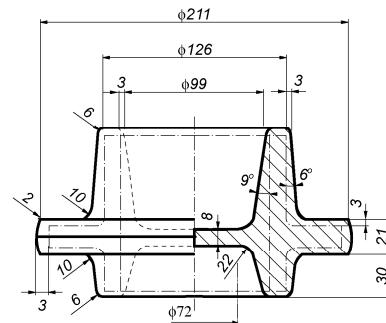
Minimalne vrednosti zaobljenja za otkovke iz lakih metala		
h [mm]	r ₁ [mm]	r ₂ [mm]
< 4	1.6	2.5
4 – 10	1.6	4
10 – 25	2.5	6
25 – 40	4	10
40 – 63	6	16
63 – 100	10	20



Minimalne debljine kovanja predstavljaju debljine zidova otkovka u pravcu kovanja i u pravcu normalnom na pravac kovanja. Ta ograničenja uvedena su da bi se izbeglo preopterećenje alata i da bi se obezbedilo dobro ispunjenje kalupa.



Gotov deo



Otkovak

Tolerancije otkovaka

Tolerancije otkovka određuju se na osnovu

- a) vrste materijala (njegove obradivosti),
- b) veličine otkovka, tj. njegove težine i
- c) složenosti

Složenost otkovka definiše se kao odnos zapremine otkovka i zapremine konture koju čine maksimalne dimenzije otkovka. Tolerancije se mogu odrediti za uobičajeni kvalitet otkovka i povišeni kvalitet otkovka.

Izotermno kovanje

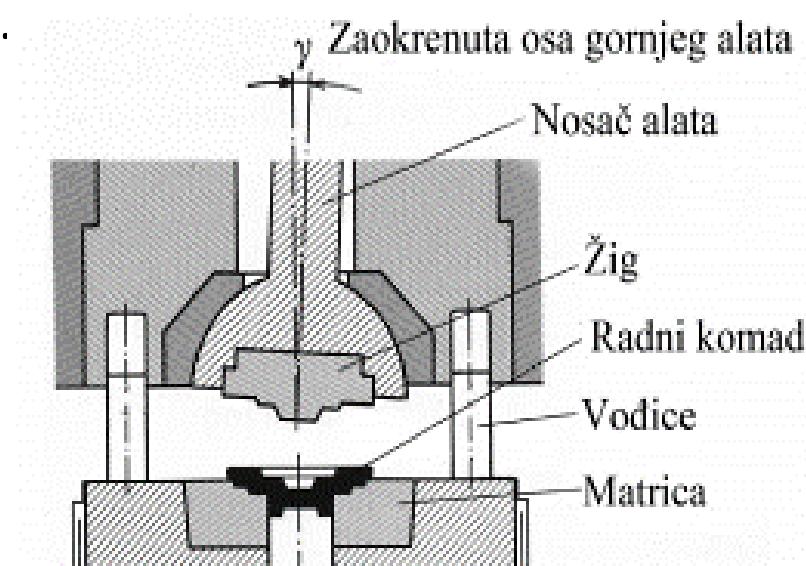
To je vrsta kovanja kod kojeg se alat (kalup) pre kovanja dovodi na temperaturu zagrejanog polufabrikata. Usled toga tokom kovanja ne dolazi do neželjenog hlađenja radnog komada zbog odvođenja toplote preko alata u okolini prostora, napon tečenja ne raste nego se održava na istom nivou, a materijal lakše teče tj. lakše ispunjava šupljine kalupa. Zahvaljujući tome, ovim postupkom mogu se kovati i delovi veoma kompleksne geometrijske konfiguracije i to u jednom hodu na hidrauličnim presama. Ovaj postupak primenjuje se za kovanje odgovornih delova, pre svega u auto i avio industriji i to najčešće iz aluminijumskih i magnezijumskih legura, gde se kalupi pre kovanja zagrevaju na temperaturu oko 400 °C.

Orbitalno kovanje

Orbitalno kovanje je metoda obrade deformisanjem u kojoj se delovi izrađuju specifičnim orbitalnim kretanjem alata.

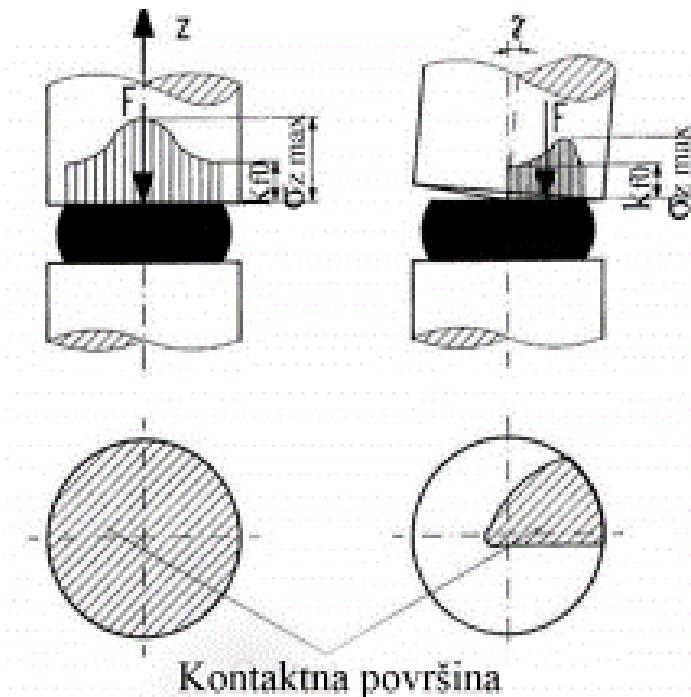
Ovaj inkrementalni proces obrade materijala ostvaruje se preko manjeg kontakta između alata i radnog komada, što kao rezultat ima da je potrebna sila deformisanja manja što omogućava duži vek alata (manje habanje).

Postoji nekoliko različitih varijanti orbitalnog kovanja. U najčešće upotrebljavanoj varijanti radni komad je pozicioniran između gornjeg i donjeg alata, pri čemu je osa gornjeg alata zakrenuta za određeni ugao (obično $1 - 4^\circ$).

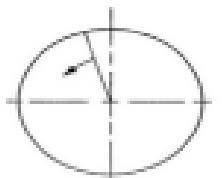


Gornji alat vrši samo orbitalno kretanje (osa gornjeg alata rotira oko vertikalne ose), a donji alat vrši translatorno kretanje naviše. Donja površina radnog komada je u potpunosti u kontaktu sa alatom, dok je gornja površina u svakom trenutku samo u delimičnom kontaktu.

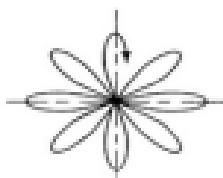
Poređenje kontakta površine na gornjem delu radnog komada za klasično i orbitalno kovanje prikazano je na slici.



Veličina ove kontakte površine kod orbitalno kovanja zavisi od veličine ugla za koji je gornji alat zaokrenut. Što je veći ugao, manja je kontaktna površina i obrnuto. Zaokrenuta osa gornjeg alata može, pored proste rotacije da vrši i planetarno, spiralno i pravolinijsko kretanje. Izbor načina načina kretanja gornjeg alata najviše zavisi od geometrije radnog komada.



Orbitalno (cirkularno)

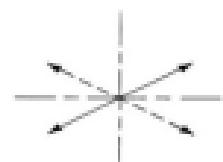


Planetarno

Varijante kretanja gornjeg alata



Spiralno



Pravolinijsko