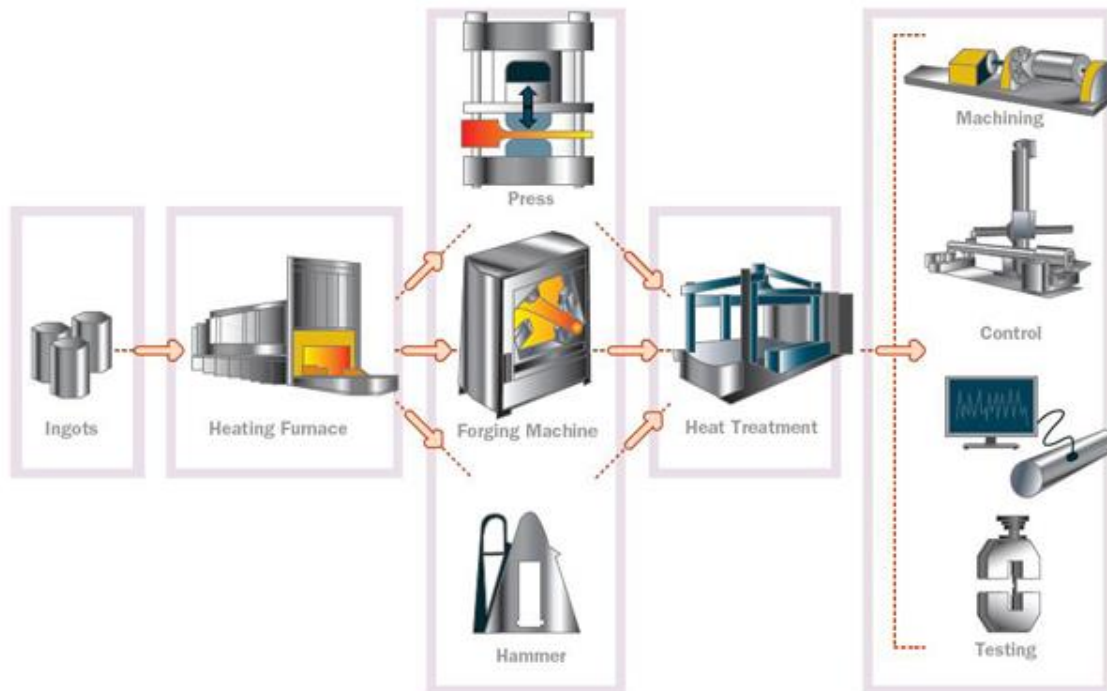


KOVANJE

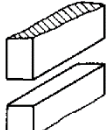
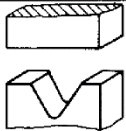
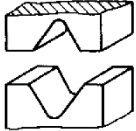
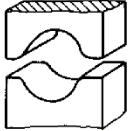
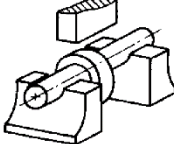
Kovanje je jedna od najstarijih tehnoloških operacija obrada metala deformisanjem. Izodi se u toplom stanju pomoću dvodelnog alata, pri čemu se materijal izlaže pritiskim i zateznim naponima, i to impulsnim (udarnim) putem.

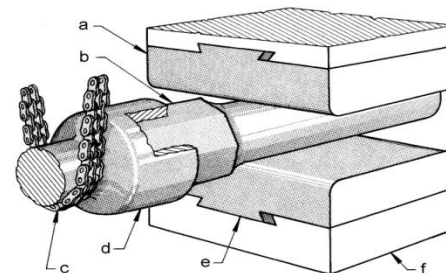
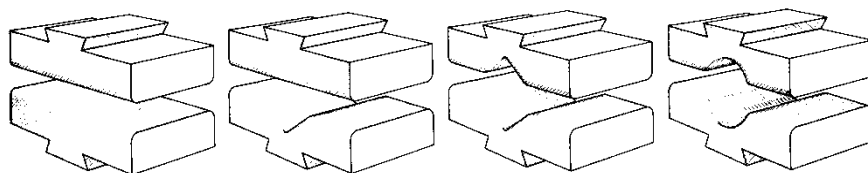
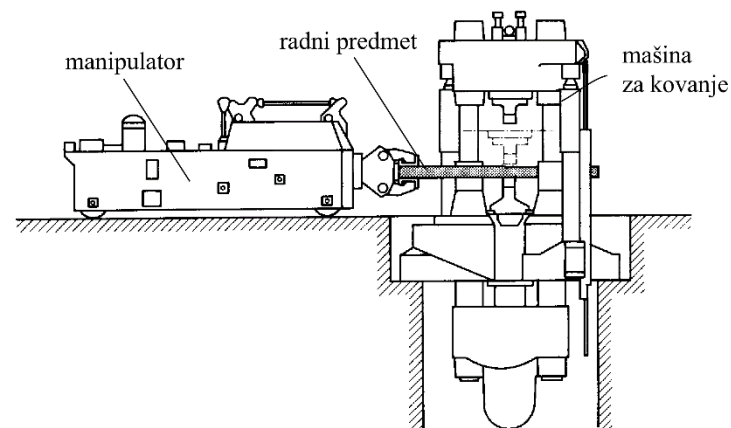
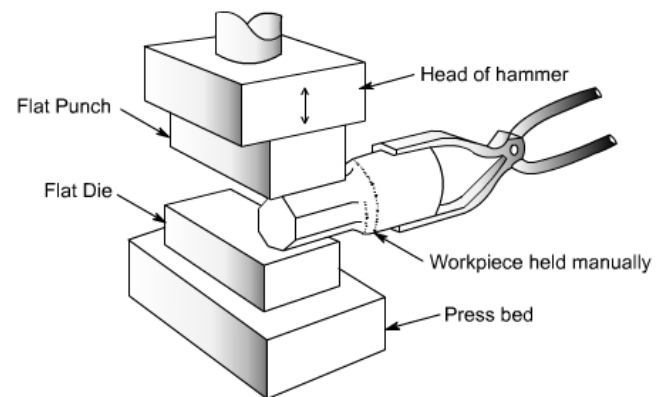
Prema konstrukciji alata kovanje se deli na:

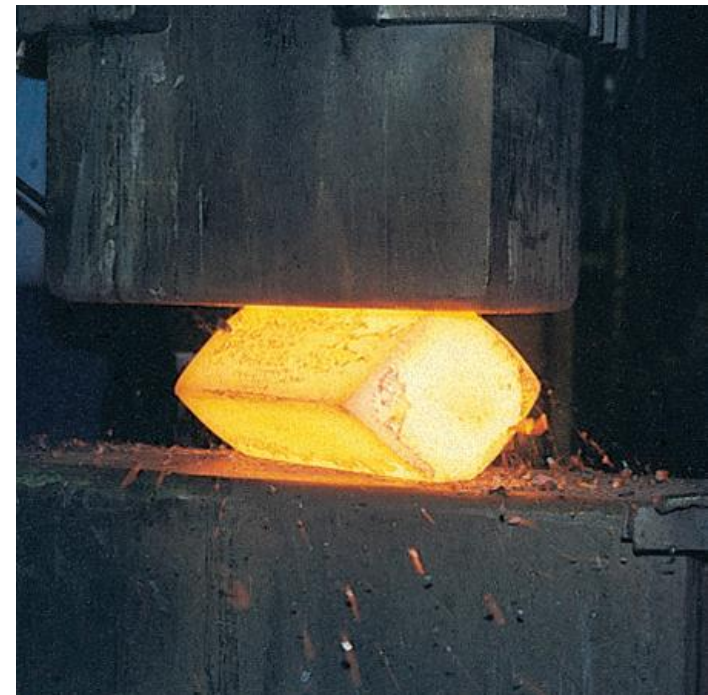
- slobodno kovanje
- kovanje u kalupu (otvoreni i zatvoreni)



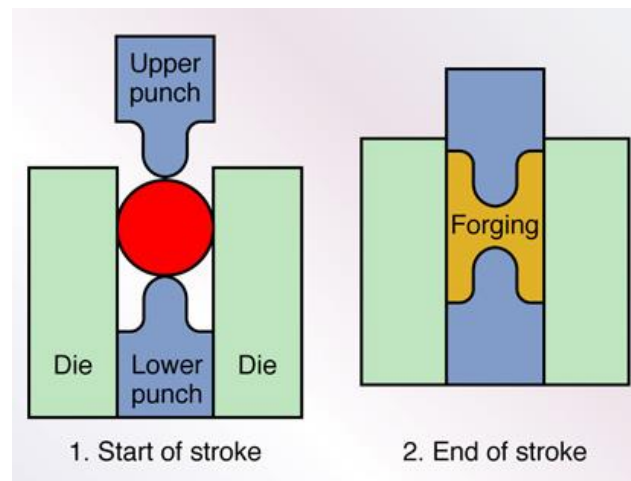
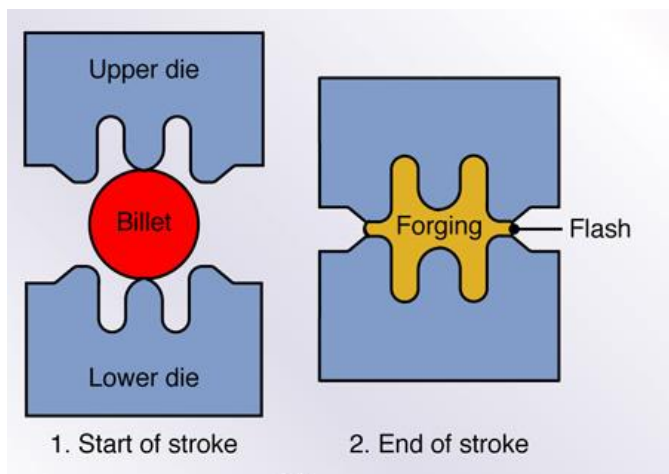
Slobodno kovanje

Kombinacija alata	Principijelna šema	Primeri primene
ravan — ravan		univerzalna primena
ravan — konkavan		izduživanje punih i šupljih kružnih profila uz smanjenje poprečnog preseka
konkavan — konkavan		izduživanje komada većih dimenzija uz smanjenje poprečnog preseka
kružni — kružni		izduživanje visokolegiranih polufabrikata čelika uz smanjenje poprečnog preseka
"sedlasti" alat		izduživanje kvadratnih i pravougaonih preseka u cilju postizanja velikih izduženja i proširenja komada
ravan — trn		kovanje prstenova

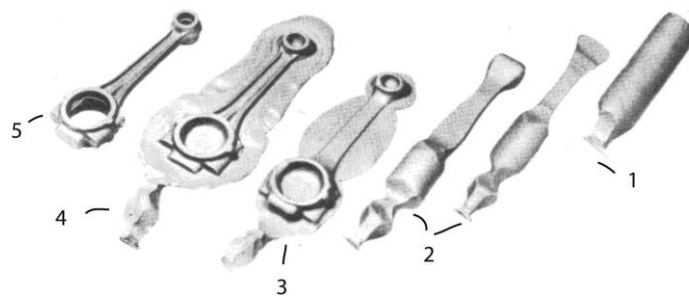
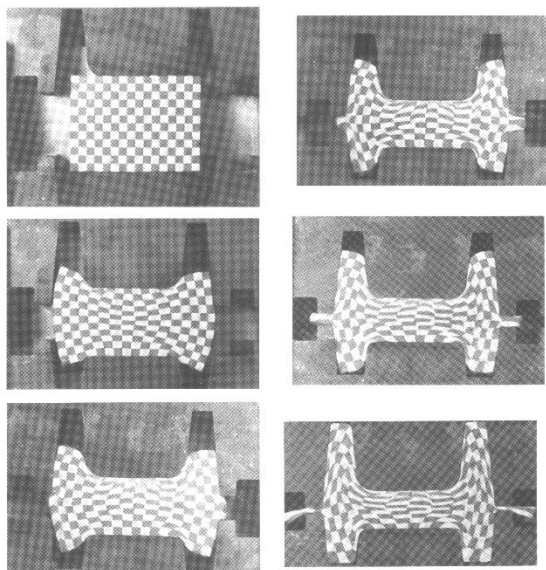
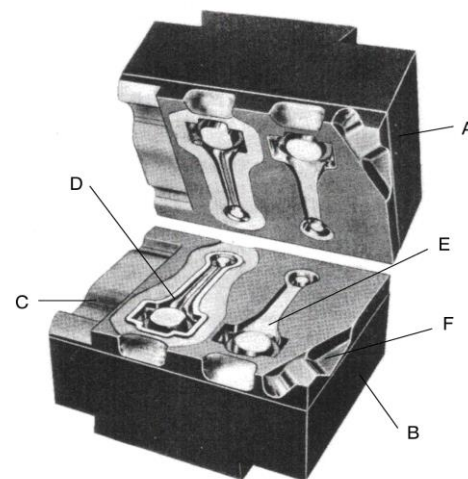
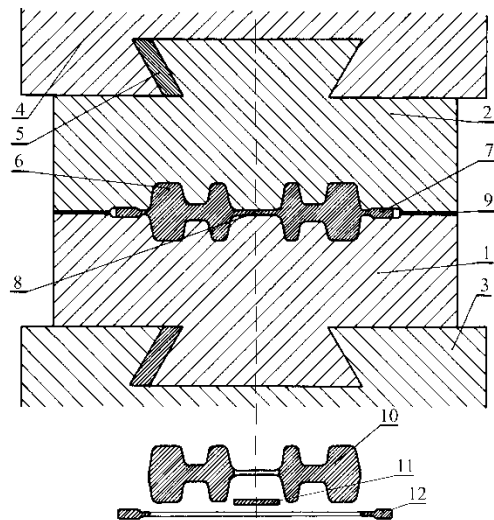




Kovanje u kalupu



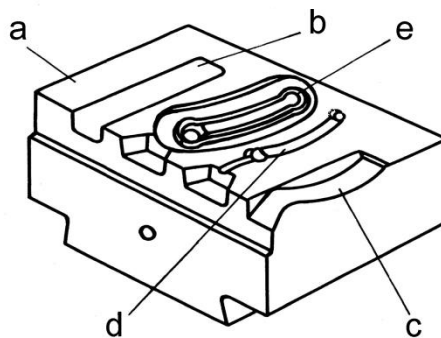
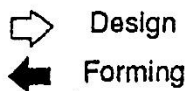
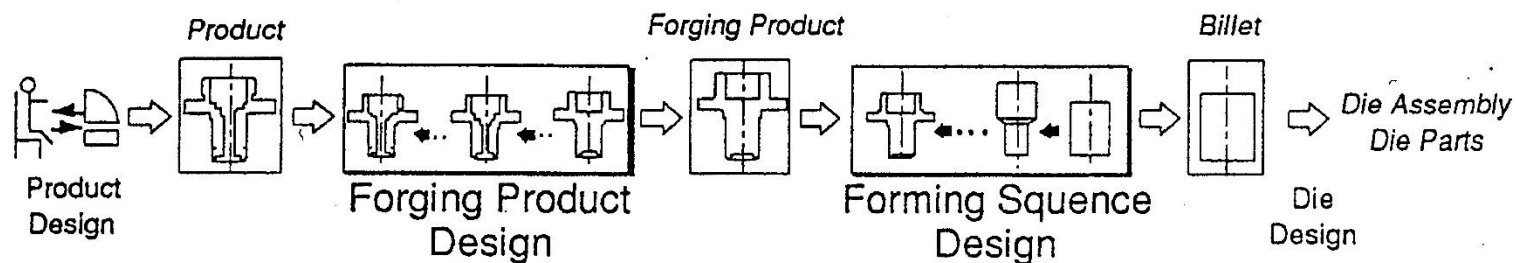
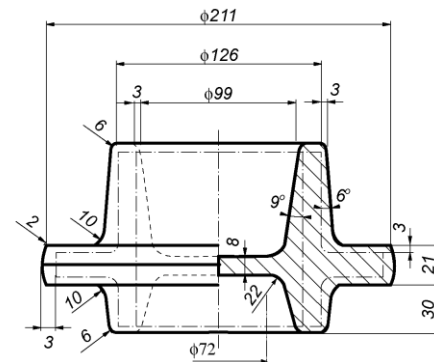
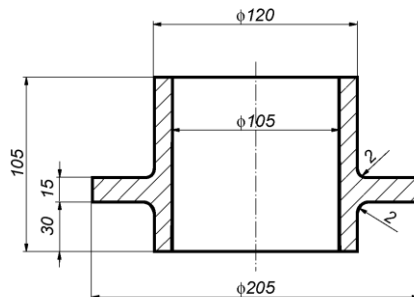
Kovanje u otvorenom kalupu



Konstrukcija otkovka

Glavni elementi konstrukcije otkovka

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



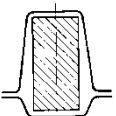
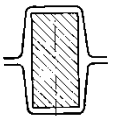
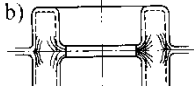
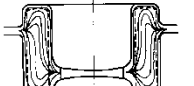
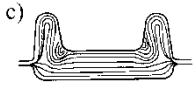
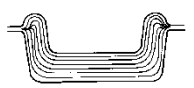
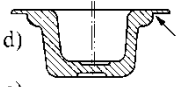
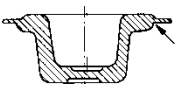
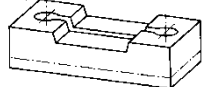
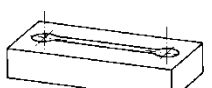
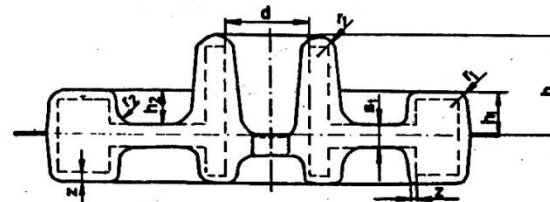
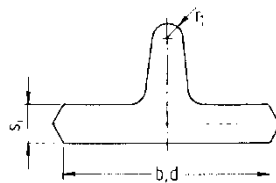
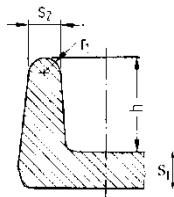
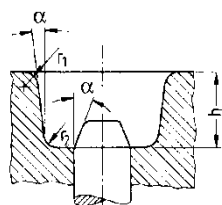
Položaj podeone ravni	
Nepovoljno	Povoljno
a) 	
b) 	
c) 	
d) 	
e) 	

Tabela 7.4 - Veličine kovačkih nagiba

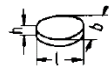
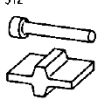
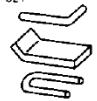
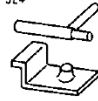
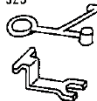
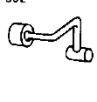
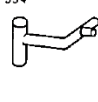
	Unutrašnje površine			Spoljašnje površine		
	Nagib	Ugao	Primena	Nagib	Ugao	Primena
Čekići	1:6 (1:8)	9°	normalno	1:6	9°	kod visokih rebara
				1:10	6°	normalno
	1:10 (1:12)	6°	kod kratkih žigova	1:20	3°	kod pljosnatih i okruglih oblika
Prese	1:6	9°	pri većem udubljenju	1:10	6°	kod pljosnatih i okruglih oblika
	1:10	6°	normalno	1:20	3°	normalno
	1:20	3°	sa izbacivačem	1:50	1°	sa izbacivačem
Specijalne kovačke mašine	1:20 do 1:50	3°	Prema dubini otvora ili udubljenju	1:20	3°	u tiskaču
				1:50	1°	normalno
					0°	na steznim površinama



Tolerancije otkovaka

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

Klasifikacija otkovaka

Oblik klase 1 kompaktni oblici $l \approx b \approx h$  Delovi slični kugli i kocki		101	102	103	104	
						
Oblik klase 2  Delovi kružnog, kvadratnog i sl. Krstasti kratki delovi i delovi s glavom na većoj dužini $l \approx b > h$	podgrupa grupa	bez izdanaka	s glavčinom	s glavčinom i otvorom	s vencem (prstenom)	s vencem i glavčinom
	21 pločasti oblici sa izdancima na jednoj strani	211 	212 	213 	214 	215 
	22 pločasti oblici sa obostranim izdancima		222 	223 	224 	225 
Oblik klase 3 izduženi oblici  $l > b \geq h$ Delovi sa izduženom osom Dužinske grupe 1. Kratki delovi $l < 3b$ 2. Poludugački delovi $l = 3 - 8b$ 3. Dugački delovi $l = 8 - 16b$ 4. Veoma dugački delovi $l > 16b$	podgrupa grupa	bez izdanaka	s izdancima koji leže simetrično u odnosu na osu glavnog oblika	s otvorenom ili zatvorenom viljuškom	s izdancima nesimetričnim prema osi glavnog oblika	s dva ili više različitih izdanaka slične veličine
	31 oblik glavnog elementa s pravom uzdužnom osom	311 	312 	313 	314 	315 
	32 uzdužna osa glavnog elementa savijena u jednoj ravni	321 	322 	323 	324 	325 
	33 uzdužna osa elemenata savijena u više ravni	331 	332 	333 	334 	335 

Alati za kovanje u otvorenom kalupu

Podela alata za kovanje u otvorenom kalupu:

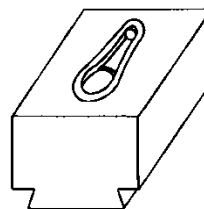
❖ Prema broju identičnih gravura :

- Jednostruki alati
- Višestruki alati

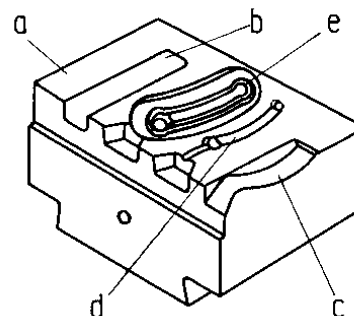
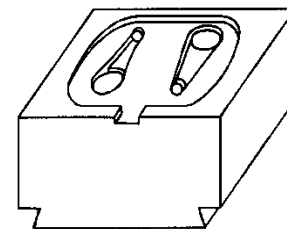
❖ Prema broju različitih gravura (pozicija):

- jednopozicioni alati
- višepozicioni alati

A)



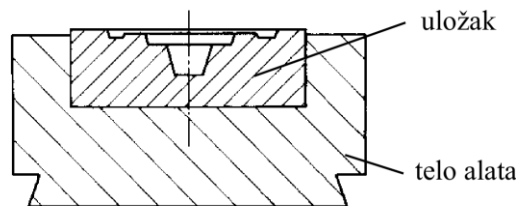
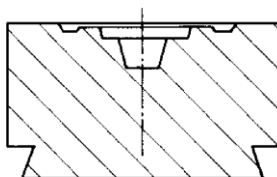
B)



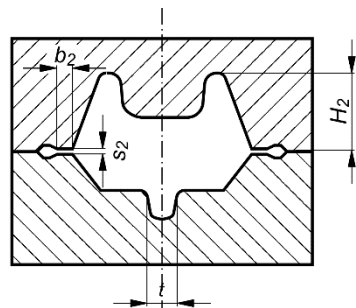
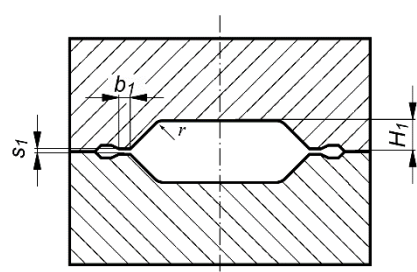
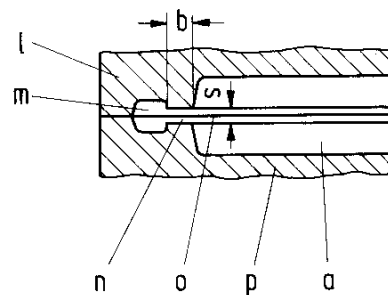
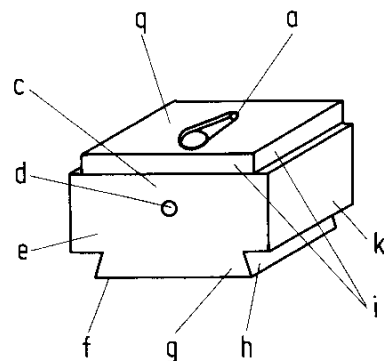
a - podeona ravan,
b – gravura 1,
c – gravura 2,
d – gravura 3,
e – završna gravura

❖ Prema izvedbi alati za kovanje u otvorenom kalupu mogu biti:

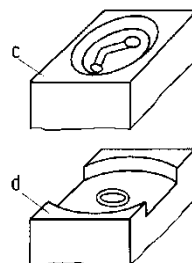
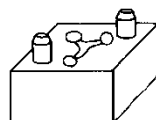
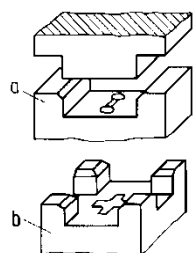
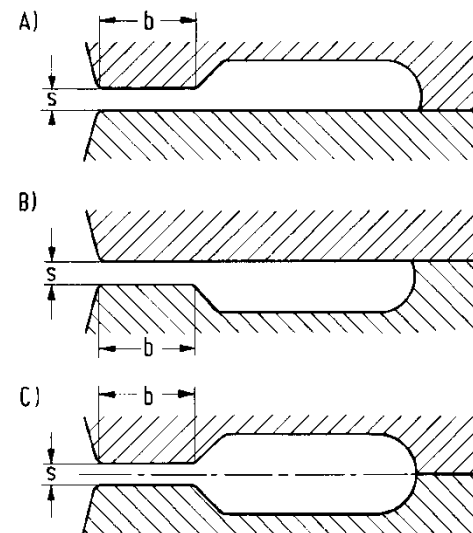
- jednodelni (ceo alat izveden je iz jednog dela materijala)
- višedelni, sa uloškom (deo alata gde se nalazi gravura urađen je iz kvalitetnijeg, a nosač alata iz manje kvalitetnog materijala)



Konstrukcija alata za kovanje



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



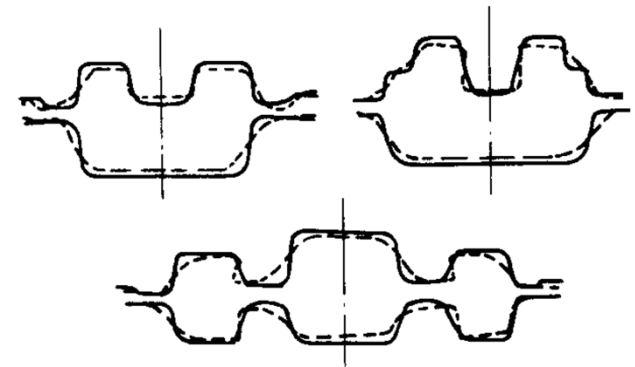
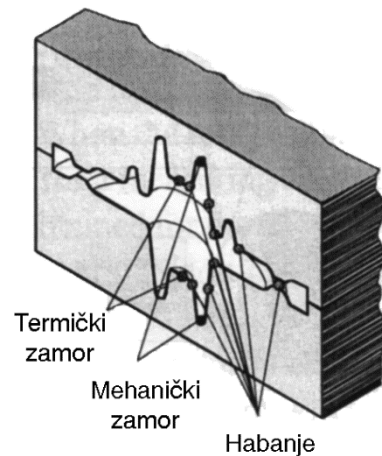
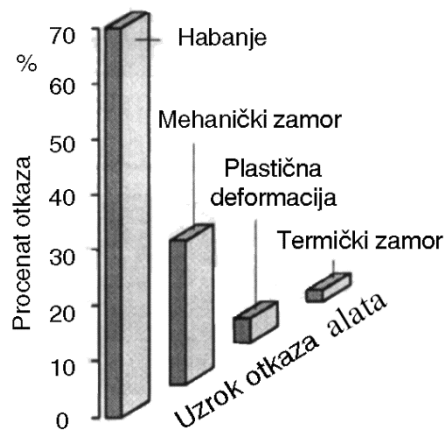
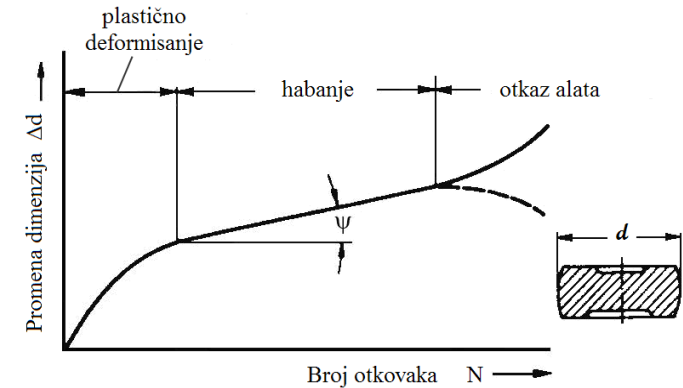
A – vođenje površinama
a – ivično vođenje
b – ugaono vođenje

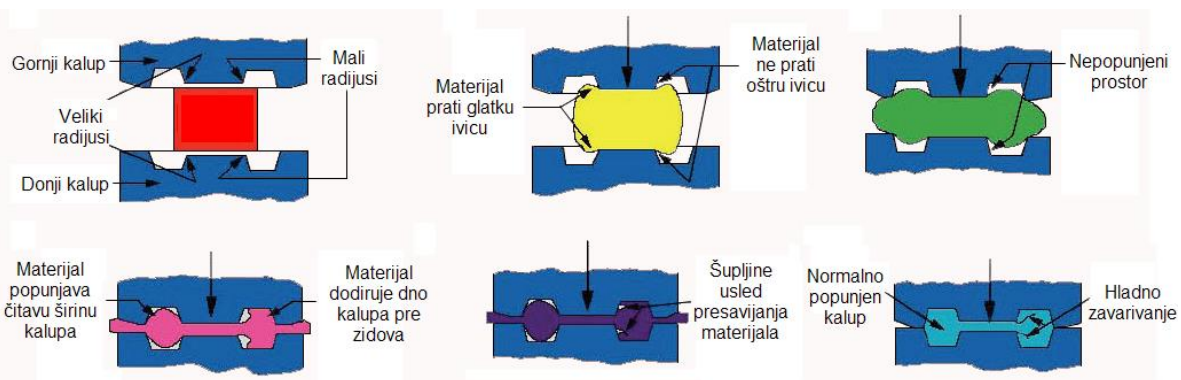
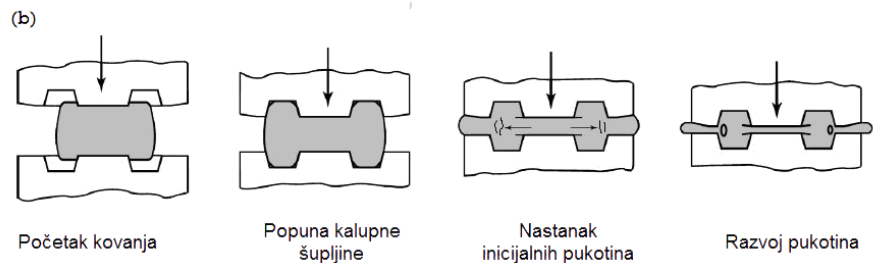
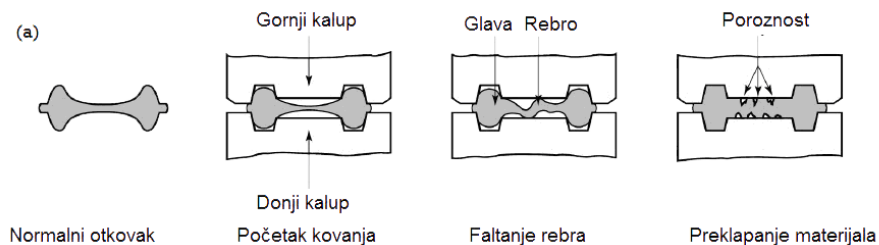
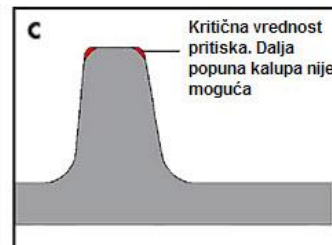
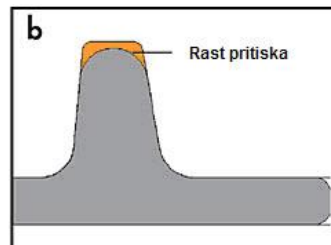
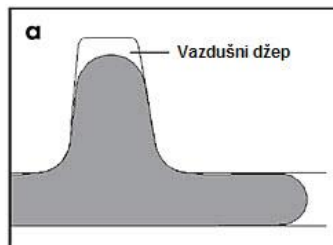
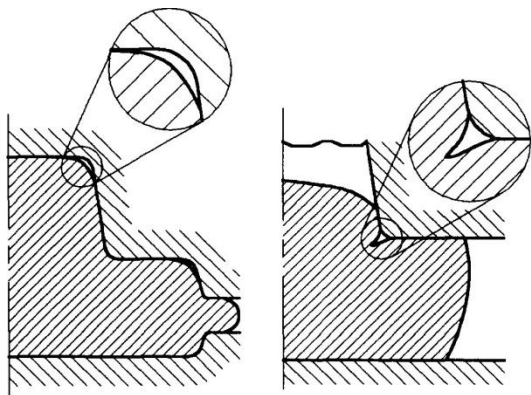
B – vođenje stubovima

C – kružno vođenje
c – zatvoreni oblik
d – otvoreni oblik

Materijali za izradu alata za kovanje

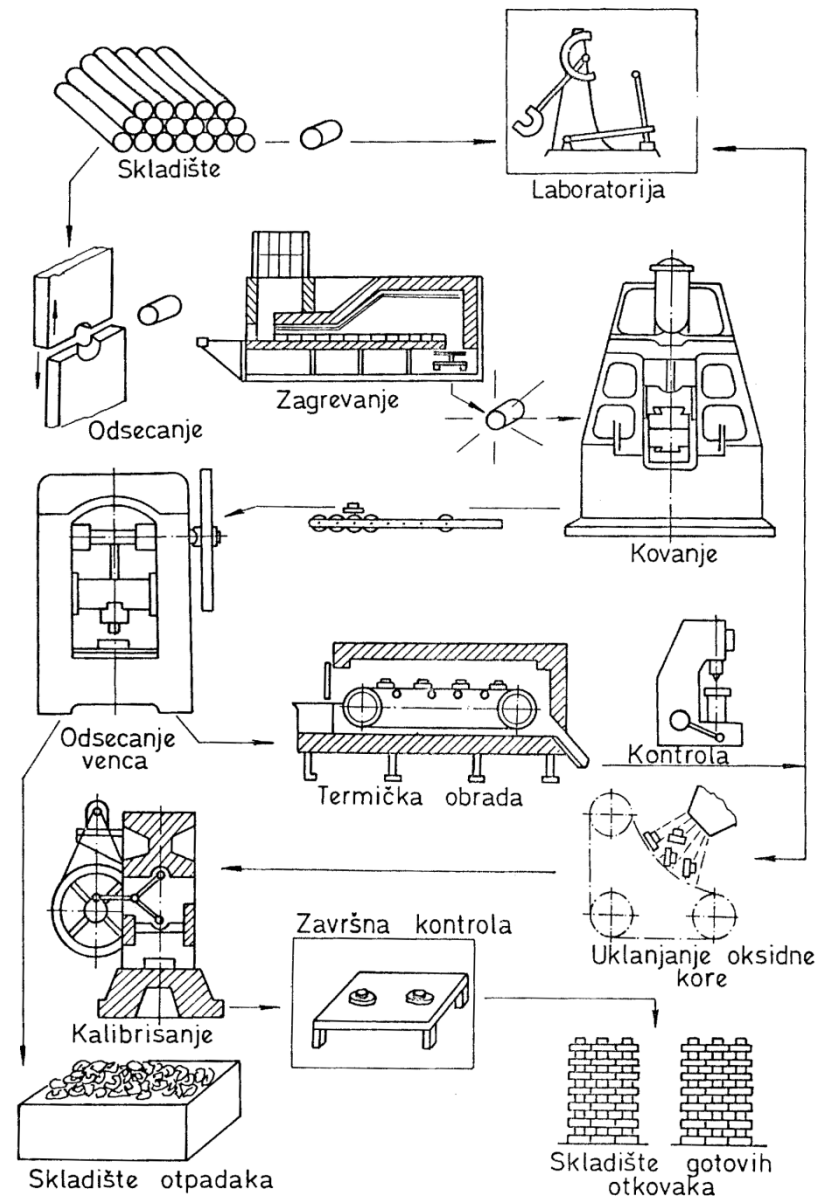
Oznaka čelika		Primena
DIN	JUS	
C70W2 C85W2	Č 1741	Manji kalupi sa žilavim jezgrom
40CrMnMo7 55NiCrMoV6	Č 5741 utop ex.1	Manji i srednji kalupi za čekice
56NiCrMoV7 57NiCrMoV77 35NiCrMo16	Č 5742 utop ex.2	Srednji i veliki kalupi za čekice s dubokom i složenom gravurom
X38CrMoV51 X32CrMoV33 X30WCrV53 X40CrMoV51	Č 4751 utop Mo1 Č 4753 utop Mo2	Umeci kalupa. Toplotno visokonapregnuti žigovi, oblikači, probijci za prese i HKM





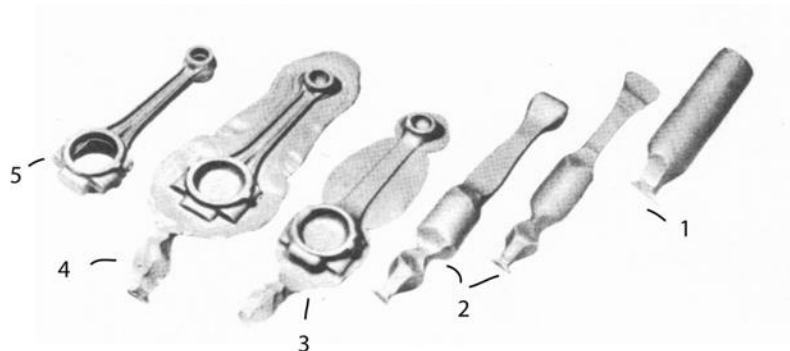
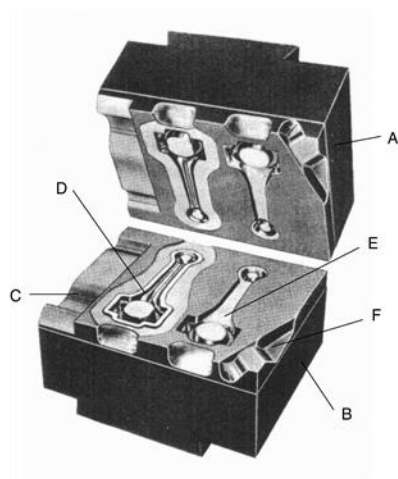
Projektovanje tehnološkog procesa kovanja

- 1) Određivanje težine, oblika i dimenzija priprema
- 2) Zagrevanje priprema
- 3) Operacije pripremnog kovanja
- 4) Završno kovanje
- 5) Obrezivanje otkovka
- 6) Žarenje otkovka
- 7) Čišćenje
- 8) Kalibrisanje
- 9) Alati za kovanje
- 10) Oprema za kovanje

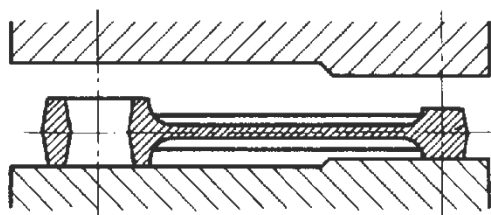


Višefazno kovanje klipnjače

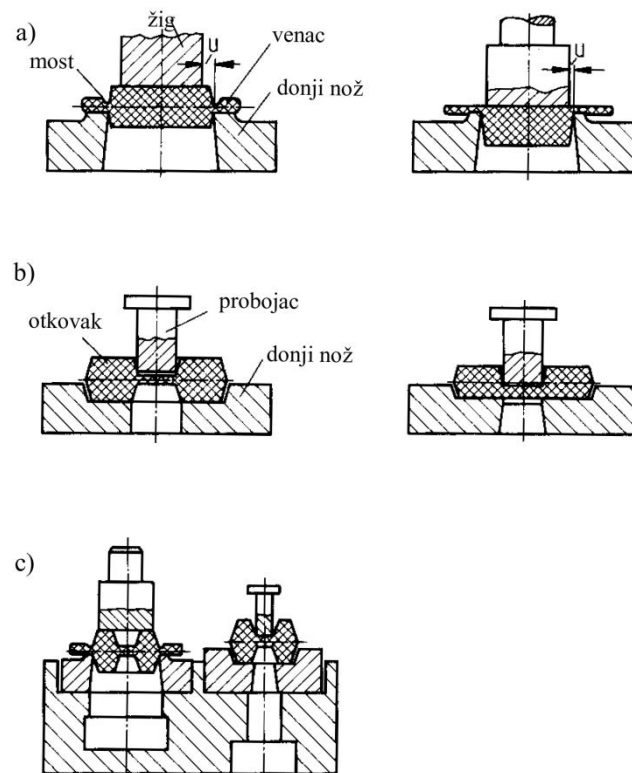
- A – gornji kalup
- B – donji kalup
- C – pripremna gravura
- D – završna gravura
- E – prethodna gravura
- F – pripremna gravura



Kalibrisanje otkovka

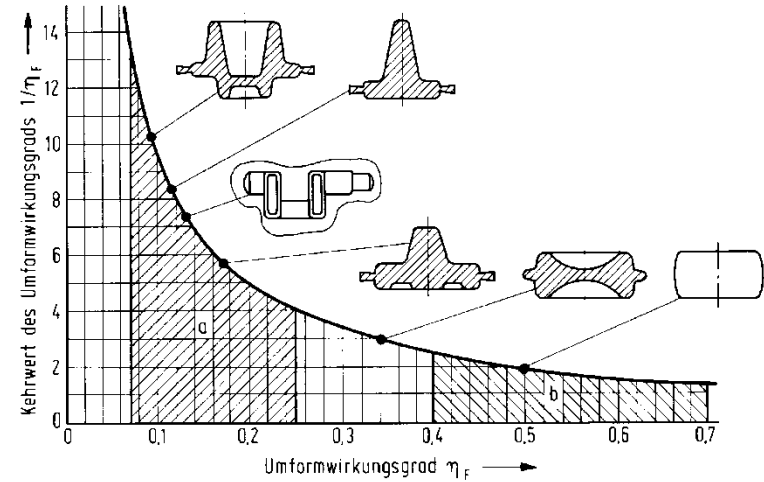
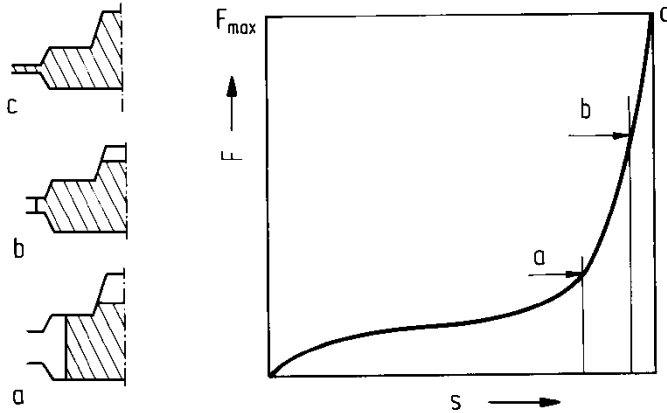


Odsecanje venca (srha)



Deformaciona sila kovanja

Varijanta I

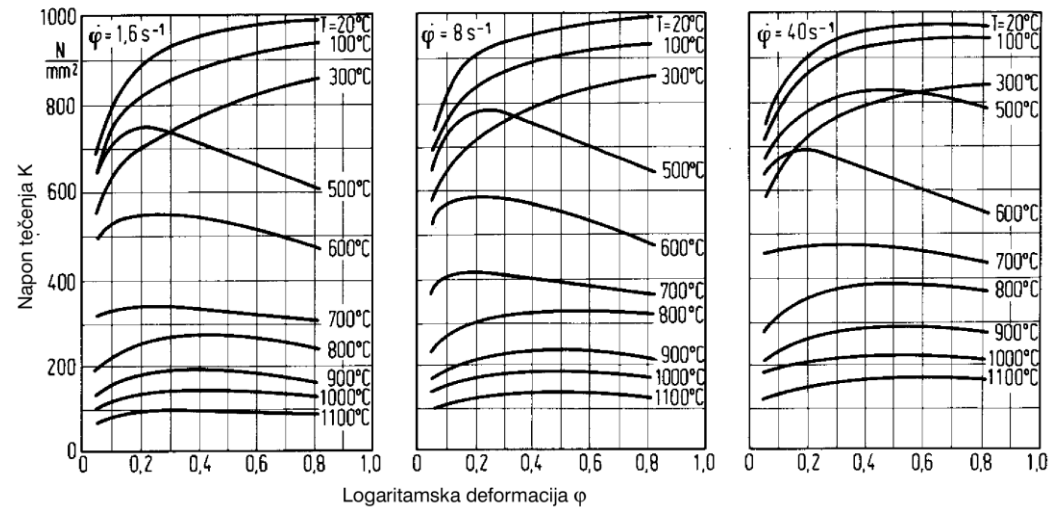


$$F_{\max} = A_p \cdot K_w$$

$$K_w = \frac{K}{\eta_F}$$

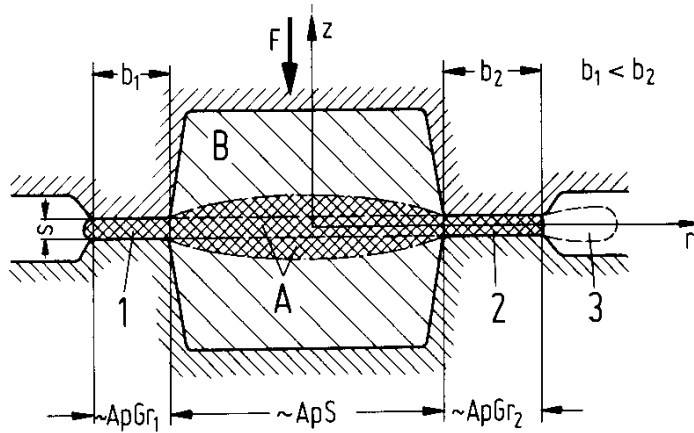
$$K = f(T, \varphi, \dot{\varphi})$$

$$\varphi = \ln \frac{h}{h_0}$$



Deformaciona sila kovanja

Varijanta II

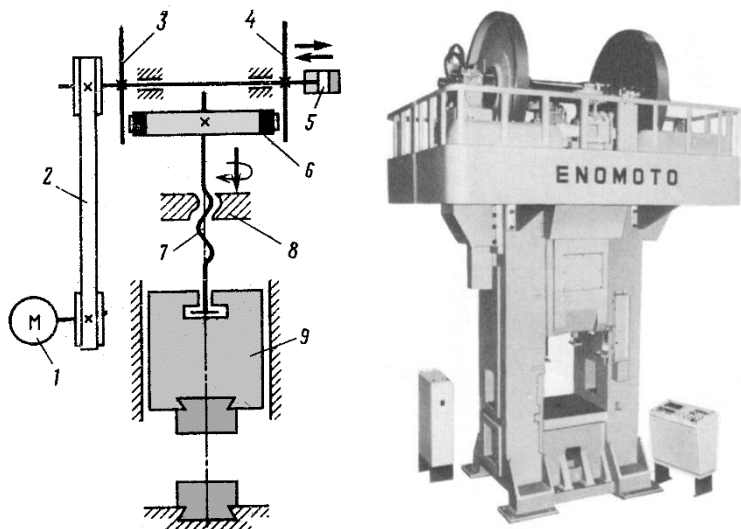


$$\sigma_{z \max} = K \left(1 + 2 \cdot \mu \cdot \frac{b}{s} \right) \quad \mu = 0,3-0,4$$

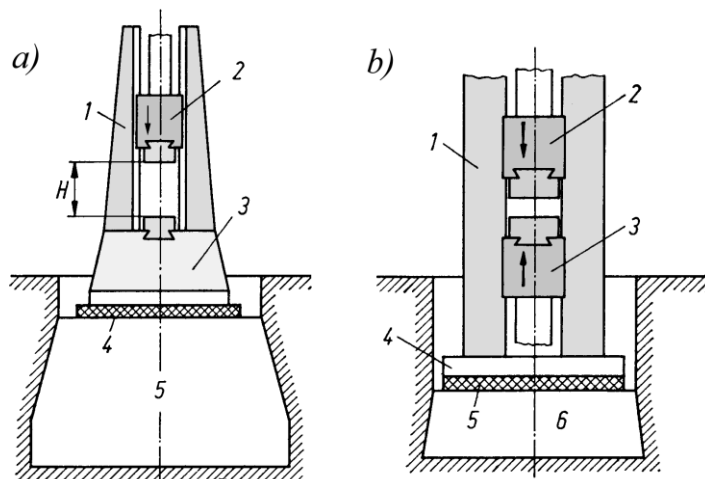
$$F_{\max} = A_p \cdot K \left(1 + 2 \cdot \mu \cdot \frac{b}{s} \right)$$

$$A_p = A_p S + A_p Gr$$

Mašine za kovanje



Frikciona (zavojna) presa



a) čekić s nakovnjem, b) čekić bez nakovnja

$m \cdot g \cdot H$	$m \cdot g \cdot H$	$m \cdot g \cdot H$	$m \cdot g \cdot H$	$m \cdot g \cdot H$	$\frac{1}{2} m \cdot v^2$

$$W_r = E_p = m \cdot g \cdot H$$

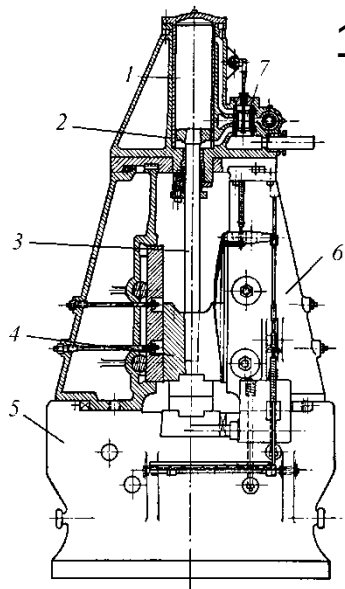
$$W_r = E_k = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

$$W_r = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2}$$

Osnovne tehničke karakteristike čekića:

- raspoloživa energija
- masa malja
- broj hodova malja u jedinici vremena
- maksimalni hod malja
- površina čela malja
- površina stola
- nominalni pritisak radnog fluida
- časovna potrošnja radnog fluida (kod parovazdušnog čekića)
- masa nakovnja
- gabariti čekića
- ukupna masa čekića

Parovazdušni čekić

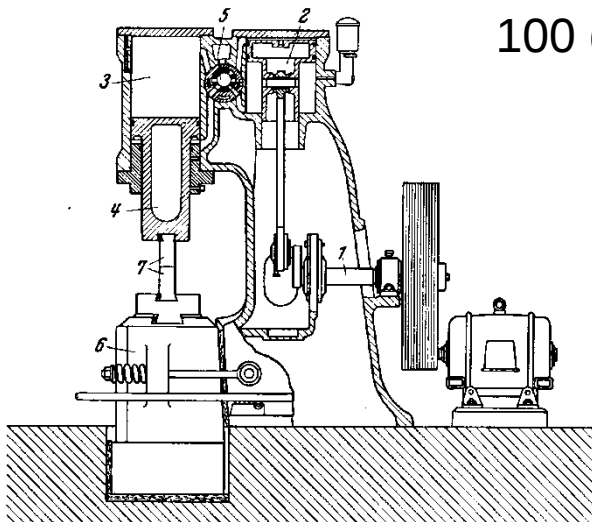


1 do 50 t



- nominalna energija 36 kJ,
- broj hodova 110/min.,
- maksimalni hod 800 mm,
- masa nakovnja 24 t,
- ukupna masa 35 t,
- potrošnja vodene pare 650 kg/čas

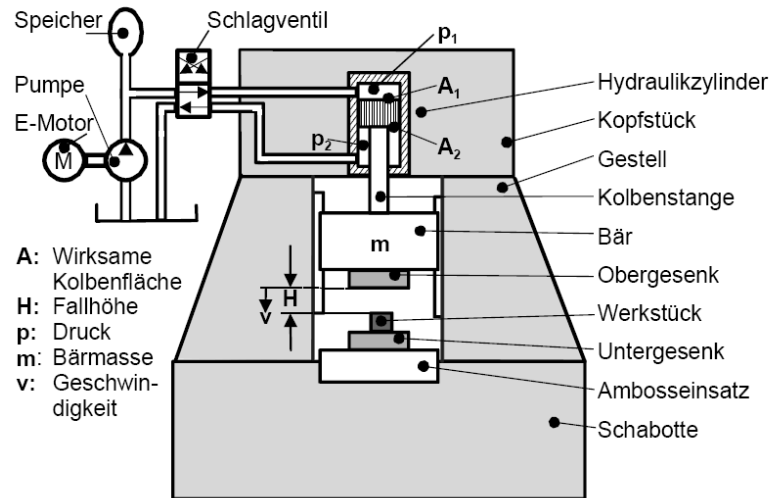
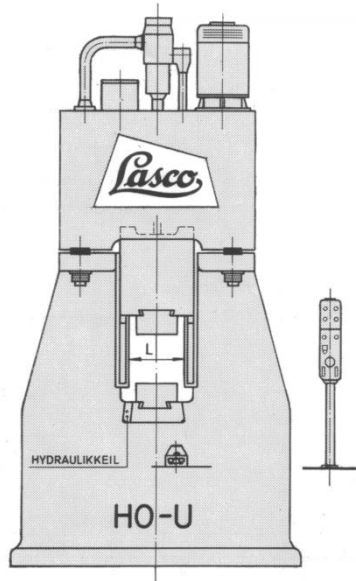
Pneumatski čekići



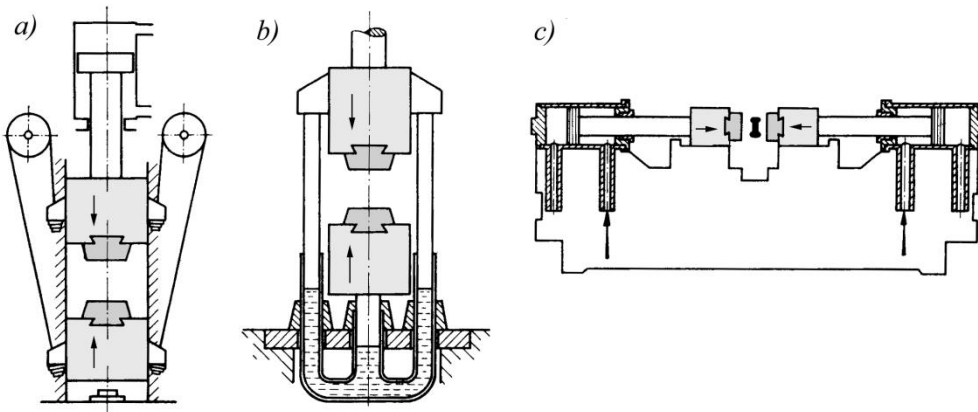
100 do 3000 kg



Hidraulični čekić

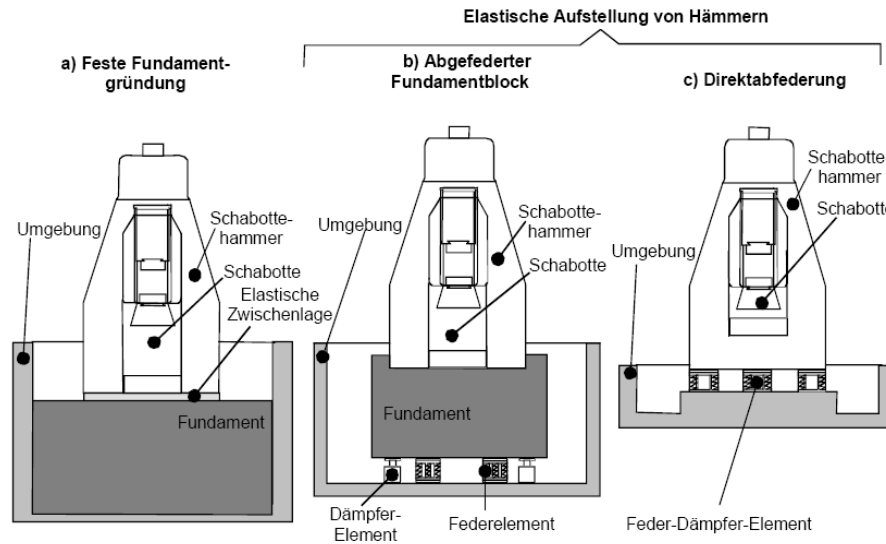


Protivudarni čekići



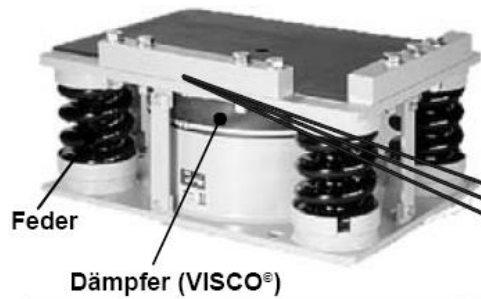
0000116F

Fundamenti čekića



Oberdruckhammer

Feder-Dämpfer-Element



SPECIJALNI POSTUPCI KOVANJA

Polutoplo kovanje

Temertura : 450- 900 °C (600-800 °C – niskouglenični čelici)

Primena:

- kada materijal otkovka nema dovoljan deformacioni potencijal ili zahteva veoma visoka opterećenja alata
- ako je potrebno smanjiti broj operacija u nekom postupku hladnog deformisanja
- ako se delovima koji se inače kuju na toplo potrebno povećati tačnost i kvalitet spoljne površine.

Izotermno kovanje

$$T_{\text{alata}} = T_{\text{otkovka}}$$

Primenjuje se za kovanje odgovornih delova (u auto i avio industriji) i to najčešće iz aluminijumskih i magnezijumskih legura, gde se kalupi pre kovanja zagrevaju na temperaturu oko 400 °C.

	Hot forging (Die forging)	Warm forging	Cold forging (Extrusion)
Shape spectrum	Arbitrary	Rotationally symmetrical if possible	Mainly rotationally symmetrical
Used steel quality	Arbitrary	Arbitrary	Low alloyed steels C<0.45%
Normally achievable accuracy	IT 12 – IT 16	IT 9 – IT 12	IT 7 – IT 11
Normally achievable surface quality <i>R</i>	> 100 µm	< 50 µm	< 10 µm
Economic lot size	> 500 parts	> 10 000 parts	>3 000 parts
Surface treatment of the slugs	Generally none	Generally none or graphite layer	Annealing, phosphating
Intermediate treatments	None	Generally none	Annealing, phosphating
Tool materials	Hot work tool steels	Hot work tool steels, high speed steels, hard metals	Cold work tool steels, high speed steels, hard metals
Tool life	5 000 – 10 000 parts	10 000 – 20 000 parts	20 000 – 50 000 parts
Material utilisation	60 – 80%	Approx. 86%	85 – 90%
Energy required per kg forged part	46 – 49 J/kg	40 – 42 J/kg	40 – 42 J/kg

TAČNO I PRECIZNO KOVANJE

Tačno kovanje - kovanje u zatvorenom kalupu kod kojeg otkovak ima veću tačnost i kvalitet spoljne površine od otkovka dobijenog klasičnim kovanjem u otvorenom kalupu.

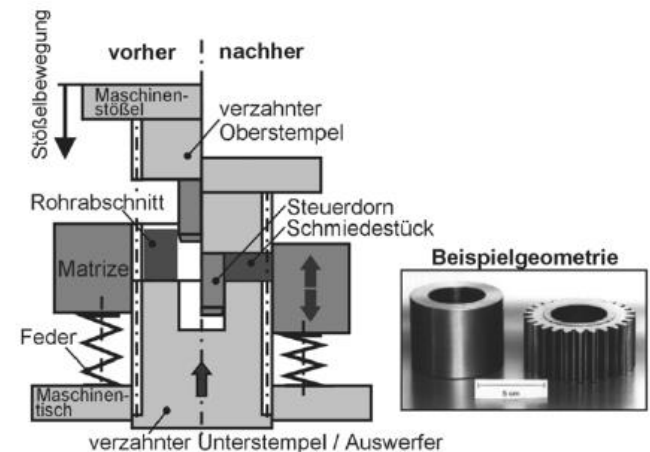
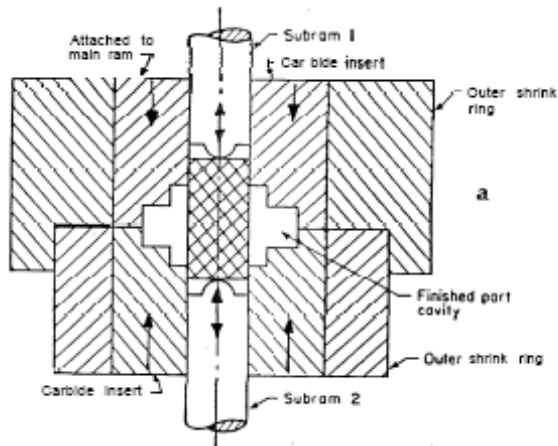
Precizno kovanje

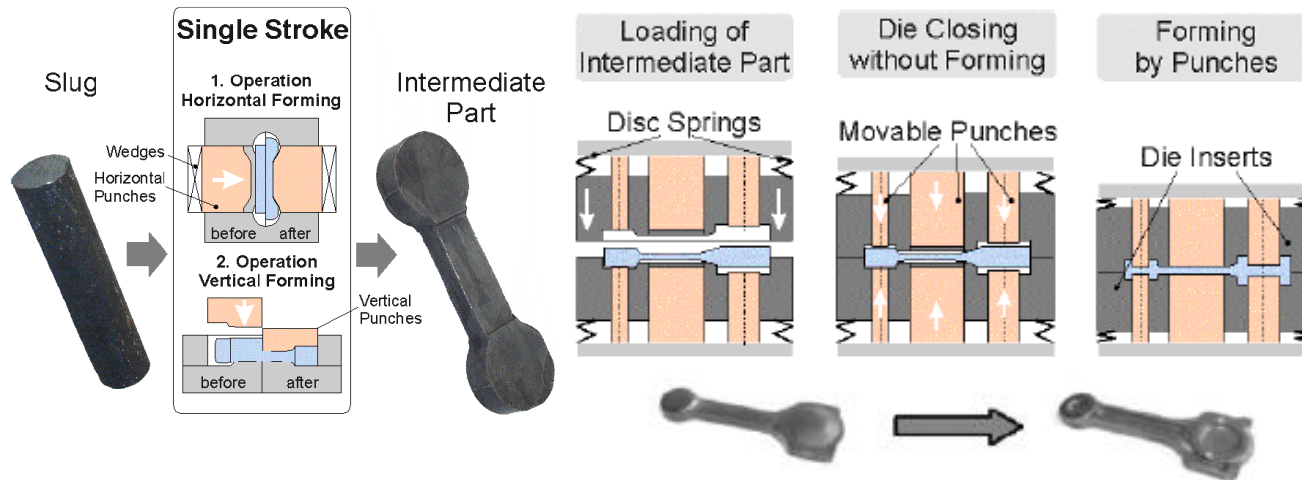
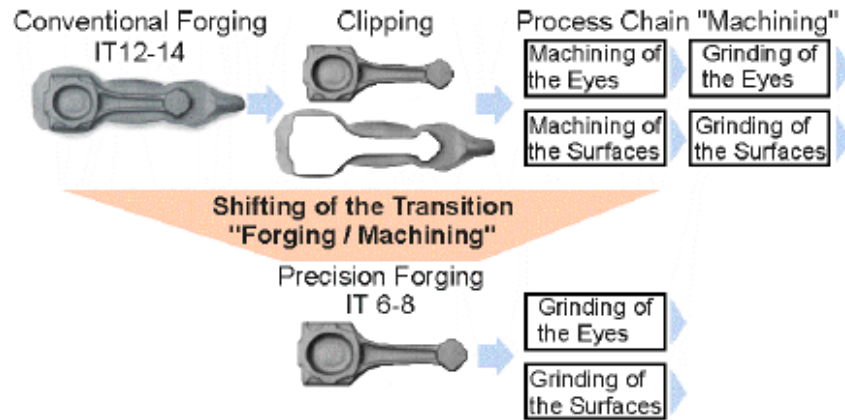
IT 7- IT 8 (IT6)

$R_t = 10 - 25\mu\text{m}$ ($3\mu\text{m}$)

Preduslovi:

- nagibi alata kod preciznog kovanja smanjeni su na $0 - 1^\circ$, a otkovak se nakon kovanja iz kalupa izbacuje izbacivačem.
- tolerancije izrade alata su sužene, alati se rade najčešće erozijom, sa tačnim elektrodama ili specijalnim doradama.
- habanje alata se smanjuje izborom pogodnih materijala alata, pogodnih maziva, kao i efikasnim odvođenjem toplote sa alata.
- stvaranje oksidnog sloja i razugljeničenja na spoljnoj površini otkovka se sprečava zagrevanjem u zaštitnoj atmosferi ili nanošenjem zaštitnog sloja pre zagrevanja materijala.
- mašine i alati moraju imati visoku krutost (minimalne elastične deformacije), uz usko tolerisano vođenje pokretnih elemenata.

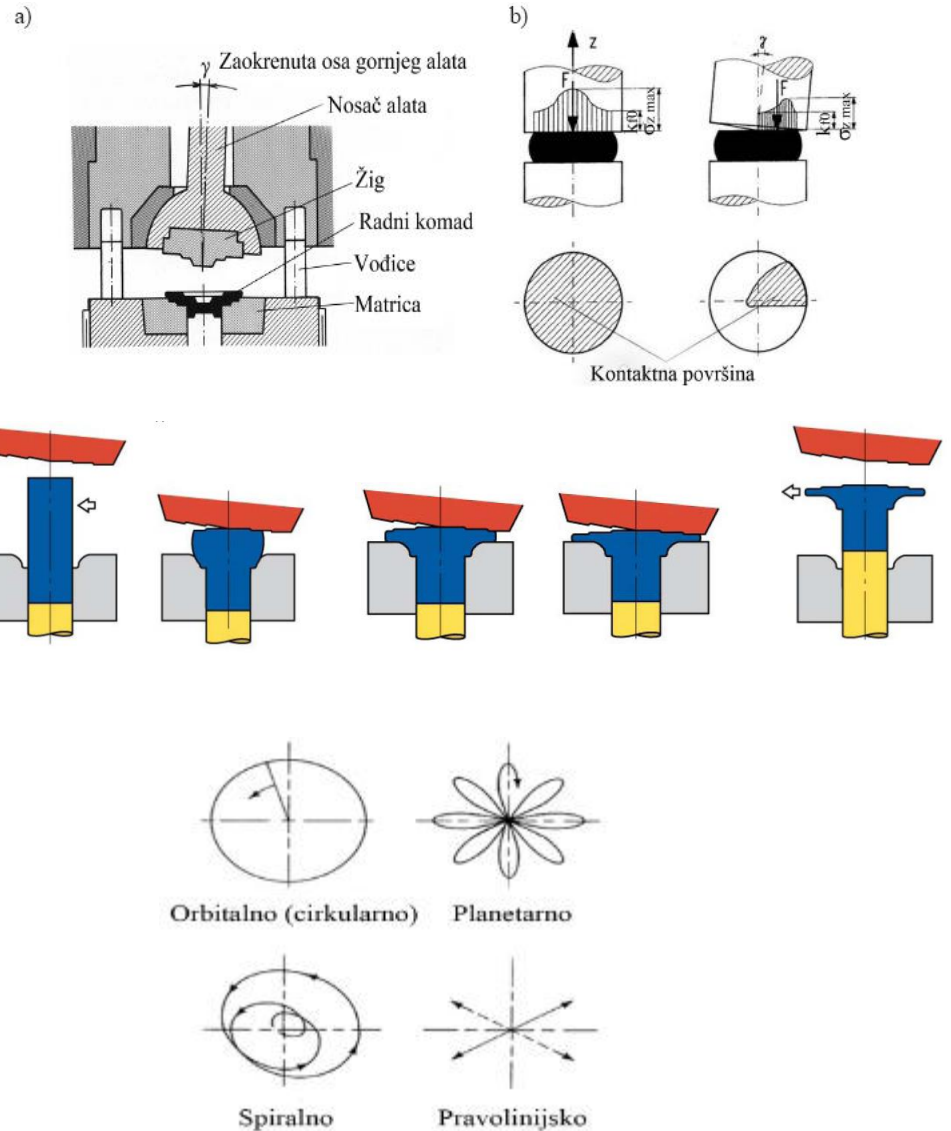




Orbitalno kovanje

OSOBI NE PROCESA:

- *Deformisanje u jednoj operaciji sa jednim alatom*
- *Smanjena ukupna sila*
- *Niže opterećenje alata*
- *Poboljšani uslovi tečenja*
- *Intenzivno deformaciono ojačavanje*
- *Visoka tačnost*
- *Niži troškovi alata i mašine u odnosu na konvencionalno kovanje*
- *Manja buka i vibracije*



Prednosti:

- Niske vrednosti aksijalnih sila
- Mala deformaciona sila omogućava korišćenje manjih mašina
- Habanje je svedeno na minimum što omogućava dobijanje komada visoke tačnosti.
- Niska cena alata i jednostavnost izrade
- Zamen a alata traje u proseku 15 minuta što procesu daje fleksibilnost i ekonomičnost pri manjim serijama
- Zbog odsustva udarnih sila orbitalno kovanje je ekološki prihvatljivije od klasičnog kovanja. Buka, vibracije, isparenja praktično ne postoje
- Male deformacione sile omogućavaju supstituciju tehnologije klasičnog kovanja orbitalnim kovanjem.

