

**Univerzitet u novom sadu  
Fakultet tehničkih nauka  
Departman Za Proizvodno Mašinstvo**

**Prof. dr Dragiša Vilotić**

**Mašine za obradu deformisanjem  
II deo**

# **Hidraulične prese i čekići**

**(Pomoćni materijal za pripremu ispita)**



**Novi Sad, decembar, 2014.**

# SADRŽAJ

<b>4. HIDRAULIČNE PRESE</b> .....	83
4.1. Uvod, način funkcionisanja, osnovne osobine .....	83
4.2. Vrste hidrauličnih presa .....	89
4.2.1. Hidraulične prese za obradu lima .....	89
4.2.1.1. Univerzalne hidraulične prese .....	90
4.2.1.2. Hidraulične prese za razdvajanje lima .....	91
4.2.1.3. Hidraulične prese za savijanje .....	97
4.2.1.4. Hidraulične prese za oblikovanje višepozicionim alatom .....	102
4.2.1.5. Hidraulične prese za duboko izvlačenje .....	104
4.2.1.6. Višepozicione hidraulične prese .....	106
4.2.1.7. Hidraulične probne prese (tryout prese) .....	109
4.2.1.8. Automatske linije za obradu lima .....	111
4.2.2. Hidraulične prese za zapreminsko deformisanje .....	112
4.2.2.1. Prese za hladno oblikovanje .....	113
4.2.2.1.1. Prese za hladno istiskivanje .....	113
4.2.2.1.2. Prese za hladno utiskivanje .....	115
4.2.2.1.3. Prese za ispravljanje .....	117
4.2.2.1.4. Prese za kalibrisanje .....	118
4.2.2.2. Hidraulične prese za toplo oblikovanje .....	119
4.2.2.2.1. Hidraulične prese za slobodno kovanje .....	119
4.2.2.2.2. Hidraulične prese za kovanje u kalupu .....	120
4.2.2.2.3. Višepozicione kovačke prese .....	121
4.2.2.2.4. Horizontalna presa za toplo istiskivanje profila .....	122
4.3. Elementi konstrukcije hidrauličnih presa .....	124
4.3.2. Pogonski sistem hidrauličnih presa .....	128
4.3.3. Sistem upravljanja kod savremenih mašina za obradu deformisanjem .....	134
<b>5.0 ČEKIĆI</b> .....	139
5.1. Uvod, princip rada i podela čekića .....	139
5.2. Parovazdušni čekić .....	143
5.2.1. Čekići za slobodno kovanje .....	143
5.2.2. Čekići za kovanje u kalupu .....	144
5.2.3. Protivudarni paro-vazdušni čekići .....	145
5.4. Hidraulični čekići .....	147
5.5. Mehanički čekići .....	151
<b>6. FUNDAMENTI</b> .....	154
<b>7. LITERATURA</b> .....	156

## 4. HIDRAULIČNE PRESE

### 4.1. UVOD, NAČIN FUNKCIONISANJA, OSNOVNE OSOBINE

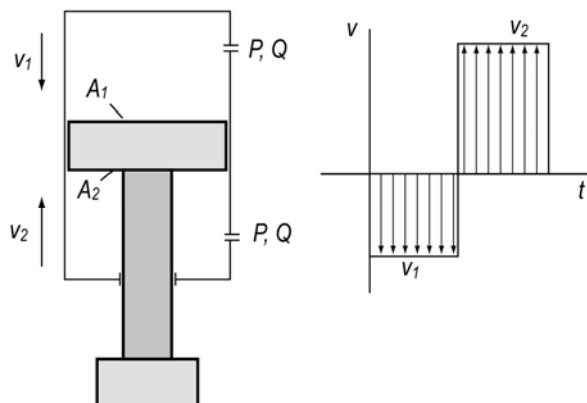
Hidraulične prese su mašine statičkog dejstva u kojih se potencijalna energija tečnosti pod pritiskom pretvara u mehanički rad. Njihova glavna karakteristika je sila, čijim dostizanjem prestaje proces deformisanja. Nominalna sila mašine definisana je nominalnim pritiskom radne tečnosti ( $P$ ) i površinom cilindra ( $A$ ):

$$F_n = P \cdot A \quad (1)$$

Brzina pritiskivača hidrauličnih presa zavisi od protoka tečnosti ( $Q$ ) i poprečnog preseka radnog cilindra ( $A$ ):

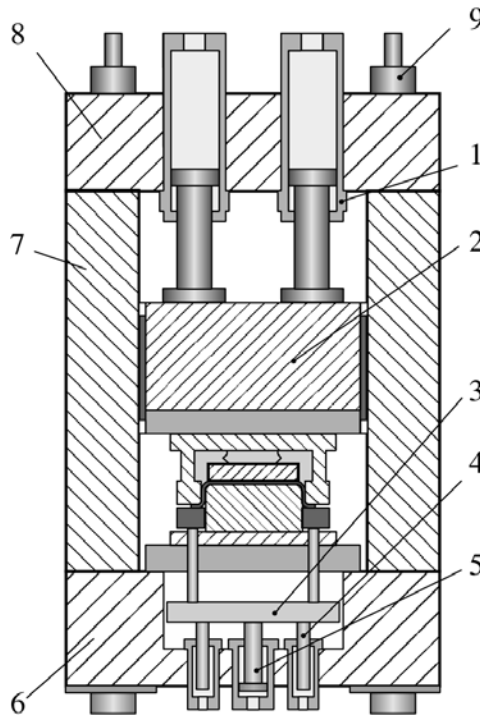
$$v = \frac{Q}{A} \quad (2)$$

Ako se protok ne menja tada je brzina pritiskivača konstantna u određenoj fazi rada mašine (sl. 4.1). Konstantnost brzine pritiskivača tokom procesa deformisanja je značajna prednost u odnosu na krivajne prese. Promena brzine pritiskivača po fazama radnog ciklusa je moguća a ostvaruje se promenom protoka i veličine poprečnog preseka cilindra, što je ilustrovano na sl. ??, gde je brzina pritiskivača u povratnom hodu znatno veća od brzine u radnom hodu prese zahvaljujući malom poprečnom preseku cilindra sa donje strane klipa.



Slika 4.1 – Brzina pritiskivača hidraulične prese

Brzina pritiskivača kod ovih mašina u fazi približavanja pritiskivača i povratnom hodu je do 500mm/s a u radnom hodu je do 200 mm/s i može se podešavati u skladu sa zahtevima tehnološke metode oblikovanja i faze rada (približavanje, radni hod, povratni hod). Hidraulične prese se odlikuju velikim rasponom veličine hoda pritiskivača i mogućnošću funkcionisanja mašine uz izvođenje smanjenog hoda (hod pritiskivača manji je od maksimalnog), za razliku od krivajnih presa kod kojih se uvek izvode kompletni dvojni hodovi. Ove osobine hidrauličnih presa u nekim slučajevima su od presudnog značaja kada je u pitanju izbor mašine za zadatak tehnološku operaciju oblikovanja.



**Slika 4.2– Šema hidraulične prese**

Osnovni sistemi (struktura) hidraulične prese (slika 4.2):

1. Pogonski sistem koji se sastoji iz pumpe i radnog cilindra. Snaga pumpe ( $N$ ) određuje se na osnovu radnog pritiska ( $P$ ) i protoka radnog fluida ( $Q$ ):  $N = \frac{PQ}{\eta}$  ( $\eta$  – koeficijent korisnog dejstva). Pogonski sistem hidrauličnih presa može biti: 1 – direktni pumpni pogon, 2 – pumpno-akumulatorski, 3 – multiplikatorski, što zavisi od traženih tehničkih karakteristika, odnosno namene prese. Ugrađeni cilindri u prese mogu biti jednostranog ili dvostranog dejstva. Pumpe koje se koriste kod hidrauličnih presa mogu biti: krivajno klipne i rotaciono klipne, krilne i zupčaste.
2. Izvršni deo hidraulične prese je pritiskivač na koji se postavlja pokretni deo alata. Na nekim presama ulogu izvršnog dela ima sto prese koji je pokretan. Pokretanje pritiskivača izvodi se sa jednim ili više hidrauličnih cilindara zavisno od njegovih dimenzija.
3. Sistem upravljanja hidraulične prese obezbeđuje ostvarenje svih funkcija i performansi prese. Sastoji se iz hidrauličnih komponenti (ventila) i elektronskih komponenti (graničnika i kontrolera).
4. Sistem za podmazivanje obezbeđuje podmazivanje vodica pritiskivača.
5. Noseća struktura hidraulične prese objedinjuje sve delove u jedinstvenu celinu, a može biti otvorena i zatvorena.

Na slici 4.2 prikazana je hidraulična presa jednostrukog dejstva s jastukom za izvlačenje, koja se sastoji iz sledećih sklopova: 1 – radni cilindar, 2 – pritiskivač, 3 – ploča jastuka, 4, 5 – cilindri jastuka za izvlačenje, 6 – donja traverza (sto prese), 7 – stubovi, 8 – gornja traverza, 9 – zavrtnj za prednaprezanje stubova prese.

Prema broju dejstava hidraulične prese mogu biti a) prese jednostrukog dejstva, b) prese višestrukog dejstva. Kod presa jednostrukog dejstva poželjno je da se u sto mašine ugradi jastuk za izvlačenje koji povećava opseg primene takve mašine.

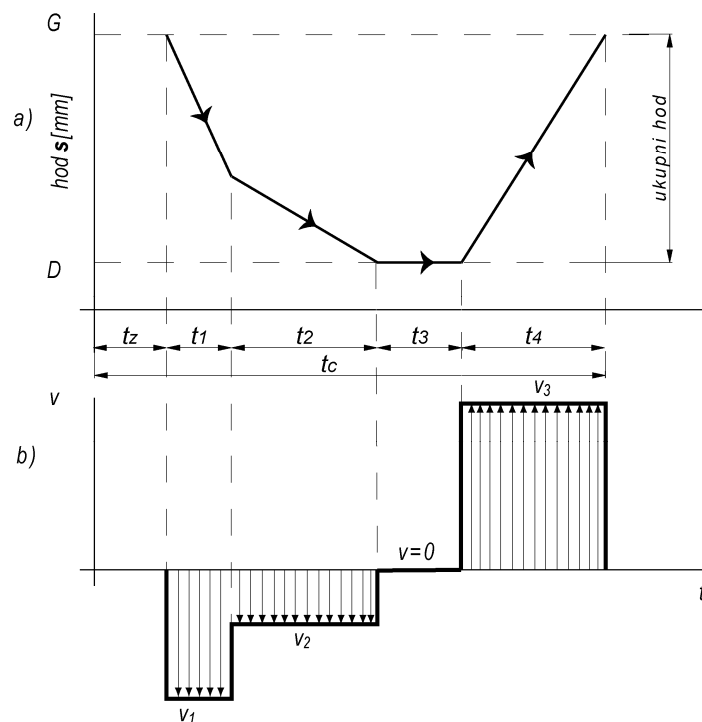
U pogledu namene hidraulične prese se dele na:

1. Prese za oblikovanje lima – koje se koriste za obradu razdvajanjem, savijanjem, dubokim izvlačenjem, razvlačenjem itd.
2. Prese za zapreminsko oblikovanje – koje se koriste za slobodno kovanje, kovanje u kalupu, ispravljanje i kalibrisanje, istiskivanje cevi i profila, istiskivanje komadnih delova, utiskivanje gravura itd.
3. Hidraulične prese specijalne namene: prese za hidrostatičku obradu, za izostatičko presovanje praha, prese za montažu itd.
4. Hidraulične prese za nemetale, na primer za gumu, plastiku, drvo, papir, tekstil, kožu i dr.

### Radni ciklus hidraulične prese

Približni radni ciklus hidraulične prese prikazan je na slici 4.3 i definiše osnovne vremenske komponente:

$$t_c = t_z + t_1 + t_2 + t_3 + t_4$$



**Slika 4.3.– Približni radni ciklus hidraulične prese  
 a) dijagram hoda pritiskivača, b) dijagram brzine pritiskivača**

$t_z$  – vreme potrebno za vađenje obratka i ubacivanje pripremljenog u alat

$t_1$  – vreme približavanja,

$t_2$  – vreme obrade,

$t_3$  – vreme zadržavanja obratka pod opterećenjem

$t_4$  – vreme povratka u početni (gornji) položaj

Broj radnih ciklusa u jedinici vremena:

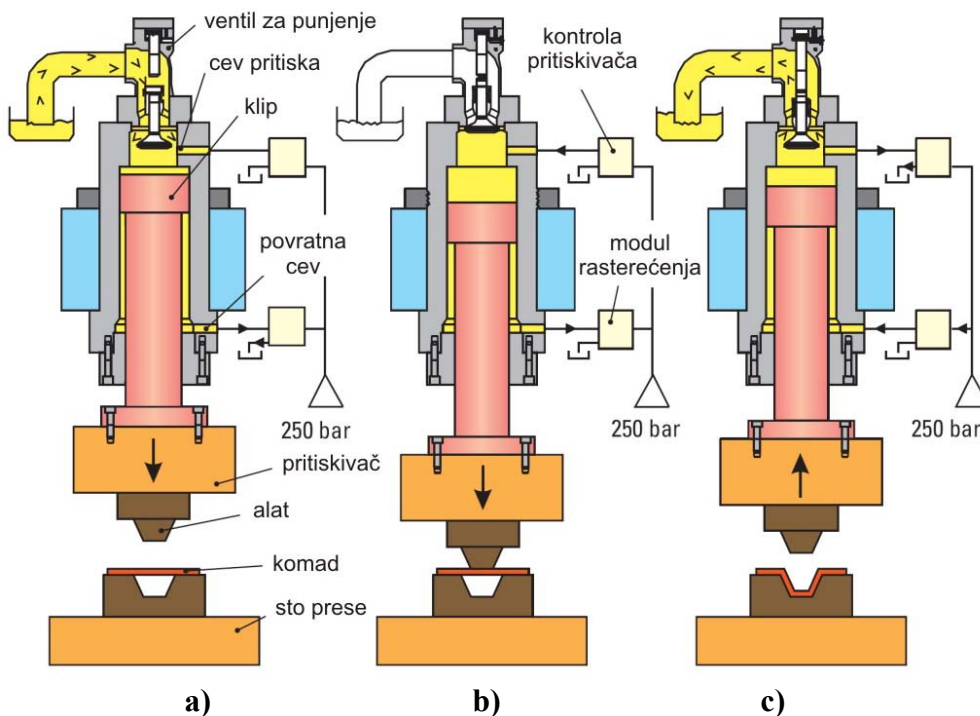
$$n_c = \frac{60}{t_c} \text{ [min}^{-1}\text{]}$$

Komponente vremena  $t_1$ ,  $t_2$  i  $t_4$  se izračunavaju na osnovu odgovarajućeg hoda ( $h_i$ ) i brzine kretanja pritiskivača ( $v_i$ ):  $t_i = h_i / v_i$ .

### ***Funkcionisanje hidraulične prese***

Faze rada hidraulične prese u skladu s dijagramom radnog ciklusa prikazane su na slici 4.4 a sastoje se od:

- brzog primicanja pritiskivača, koja se ostvaruje sa niskim pritiskom i velikim protokom tečnosti, koja se preko servo ventila iz rezervoara uvodi u cilindar. Pri tome mora biti obezbeđen odvod tečnosti sa donje strane klipa.
- faze deformisanja, koja se izvodi sa smanjenom brzinom pritiskivača (u odnosu na prethodnu fazu) i povećanim pritiskom fluida, odnosno, dovodenjem tečnosti visokog pritiska iz pumpe preko odgovarajućeg ventila. Pri tome je takođe, obezbeđeno odvođenje tečnosti sa donje strane klipa.
- faze povratnog kretanja, koja se ostvaruje pomoću tečnosti iz pumpe visokog pritiska koja se preko odgovarajućeg ventila dovodi sa donje strane klipa, obezbeđujući veliku brzinu povratnog kretanja pritiskivača zbog male površine klipa sa donje strane cilindra. Odvod tečnosti sa gornje strane delimično se vrši preko ventila pritiska a u većoj količini preko servo ventila tečnost odlazi u rezervoar niskog pritiska.



**a) b) c)**  
**Slika 4.4. Faze funkcionisanja hidraulične prese**  
**a) približavanje, b) deformisanje, c) povratni hod**

Na izbor hidraulične prese utiču tehnološki zahtevi, tj. njihovo usklađivanje s tehničkim karakteristikama prese u koje spadaju:

1. nominalna sila glavnog dejstva prese

2. nominalna sila ostalih dejstava
3. brzina pritiskivača: a) približavanje, b) deformisanje, c) povratni hod
4. brzine izvršnih elemenata pomoćnih dejstava mašine (držač lima i izbacivač, ako postoje)
5. hod pritiskivača
6. hod pomoćnih dejstava
7. dimenzije pritiskivača
8. dimenzije stola mašine
9. karakteristike pumpe ( $p$ ,  $q$ )
10. snaga mašine
11. gabariti mašine
12. masa prese

## Radna tečnost

Radna tečnost kod hidrauličnih presa je komponenta koja je veoma značajna za ispravno funkcionisanje ove vrste mašina. Radna tečnost obezbeđuje prenos hidraulične snage od pumpe do radnog cilindra, podmazuje pokretne delove pumpe i u radnom cilindru, obezbeđuje antikorozijsku zaštitu površina pumpe, radnog cilindra upravljačkih elemenata i cevovoda i odvodi toplotu i nečistoće iz hidrauličnog sistema.

Radna tečnost u pogonskim sistemima hidrauličnih presa može biti:

**a) voda sa dodatkom emulzije**

**b) mineralno ulje**

Pogonski sistemi modernih hidrauličnih presa koriste mineralno ulje čije karakteristike su određene standardima pojedinih zemalja, kao na primer DIN 51524 deo 2 (u našoj zemlji hidraulična ulja na mineralnoj bazi definisana su standardom JUS ISO 6743-4/1991) prema kojem hidraulično ulje mora da ispunjava sledeće zahteve:

- konstantan nivo viskoznosti u temperaturnom intervalu od 20 do 60 stepeni celzijusa,
- otpornost na temperaturne promene i visoku tačku paljenja,
- nisku stišljivost (komperisbinost),
- nisku sklonost ka stvaranju pene pri strujanju,
- nisku apsorpciju vazduha,
- dobre mogućnosti filtriranja i
- nisku cenu.

Hidraulične jedinice projektuju se u skladu sa navedenim standardom. Radni vek tečnosti, izbor radnog pritiska i materijala zaptivki povezan je sa vrstom hidrauličnog ulja. Jedan od problema u hidrauličnom sistemu presa je stišljivost radne tečnosti koja je naročito izražena pri visokim pritiscima koji se po pravilu pojavljuju pri radu hidraulične prese. Kompresibilnost radnog fluida umanjuje tačnost izvršavanja radnog hoda, odnosno tačnost konačnih dimenzija obratka, usporava odziv hidrauličnog sistema i mora se uzeti u obzir pri projektovanju prese. Pri radu prese sa hidrauličnim uljem može očekivati smanjenje zapremine od 0,7 do 0,8 % za svakih 100 bara pritiska. Visoka stišljivost hidrauličnog ulja otežava postizanje visokog pritiska i stvara probleme kod rasterećenja mašine. Izbor hidrauličnog ulja kod presa zavisi od vrste pogonskog sistema, zatim od vrste pumpe i nivoa radnog pritiska čije vrednosti su standardizovane (200, 300, 400, 630, 1000...bara).

Viskozitet mineralnog ulja kod hidrauličnih presa odnosi se na temperaturu od 40<sup>0</sup>C a kreće se u granicama od ISO VG 22, 32, 46, 68,100 i 150.

Rafinerija nafte Novi Sad za hidraulične prese preporučuje hidraulično ulje HIDROL HM, čija se viskoznost na 40<sup>0</sup>C kreće od 22 do 150 mm<sup>2</sup>/s (cSt), a tačka paljenja je u intervalu 196 do 222<sup>0</sup>C.

Mašine starije konstrukcije, pretežno mašine sa pumpno-akumulatorskim i multiplikatorskim pogonskim sistemom, kao radnu tečnost koriste vodu sa dodatkom emulzije, kako bi se umanjila korozija elemenata pogonskog sistema. Primena vode obezbeđuje nisku viskoznost i smanjene gubitke zbog trenja, mogućnost ostvarenja velikog protoka kroz male poprečne preseke cevovoda, eliminiše opasnost od paljenja, ekološki je čista i cena je vrlo niska.

Mineralno ulje omogućuje gradnju kompaktnih pogonskih sistema, dobro podmazuje taruće elemente te smanjuje njihovo habanje, ima dobru antikorozijsku zaštitu i obezbeđuje dugotrajnost elemenata pogonskog i upravljačkog sistema prese. Potrebne osobine mineralnih ulja postižu se dodavanjem aditiva. Radni vek hidrauličnog mineralnog ulja treba da iznosi oko 5000 časova. Prilikom zamene hidrauličnog ulja u pogonskom sistemu prese treba postupiti prema preporuci proizvođača mašine u pogledu vrste ulja i filtera za prečišćavanje.

Izbor hidrauličnog ulja vrši se u fazi projektovanja pogonskog sistema i zavisi od vrste pumpi ugrađenih u pogonski sistem. Za slučaj rotaciono klipnih pumpi preporučuje se ulje kinematske viskoznosti od 20 do 45 mm<sup>2</sup>/s (cSt), zupčaste pumpe rade sa uljima čija je viskoznost u granicama od 35 do 50 mm<sup>2</sup>/s (cSt) dok se za krilne pumpe preporučuje viskoznost od 30 do 45 mm<sup>2</sup>/s (cSt).

## Stepen korisnog dejstva hidrauličnih presa

Stepen korisnog dejstva hidraulične prese određen je odnosom korisne i ukupne energije jednog radnog ciklusa:

$$\eta = \frac{W_k}{W_1 + W_2} = \eta_p \cdot \eta_{cev} \cdot \eta_{ak} \cdot \eta_{cil}$$

gde je:

$W_k$  - koristan rad

$W_1$  - uloženi rad u radnom hodu

$W_2$  - uloženi rad u povratnom hodu

$\eta_p$  - stepen korisnog dejstva pumpe

$\eta_{cev}$  - stepen korisnog dejstva cevovoda

$\eta_{ak}$  - stepen korisnog dejstva akumulatora

$\eta_{cil}$  - stepen korisnog dejstva cilindra

Pri određivanju ukupnog stepena korisnog dejstva nije potrebno uzimati u obzir energetiku povratnog hoda jer su gubici energije u ovom delu ciklusa relativno mali i mogu se zanemariti pa je efektivni koeficijent korisnog dejstva cilindra definisan izrazom:

$$\eta_{ec} = \frac{W_k}{W_u} = \frac{W_k}{W_1 + W_2}$$

Gubici energije u radnom hodu prese definišu se odnosom odgovarajućih energetskeih komponenti, tj. stepenom korisnog dejstva cilindra:



$$\eta_{ec1} = \frac{W_{c1}}{W_1} = \frac{W_k}{W_1} = \eta_h \cdot \eta_v \cdot \eta_m$$

$W_{c1}$  – korisna energija cilindra u radnom hodu

$W_1$  – uložena energija cilindra pri radnom hodu

$\eta_h$  – hidraulični stepen korisnog dejstva

$\eta_v$  – volumetrijski (zapreminski) stepen korisnog dejstva

$\eta_m$  – mehanički stepen korisnog dejstva

## 4.2. VRSTE HIDRAULIČNIH PRESA

Hidraulične prese imaju široku primenu u preradi metala i nemetala. Zbog određenih tehničkih karakteristika, pre svega nominalne sile i hoda pritiskivača, ove mašine često preuzimaju mesto krivajnim presama. Tako, naprimer, istiskivanje dugačkih profila jedino je moguće izvesti na horizontalnoj hidrauličnoj presi.

Podelu hidrauličkih presa moguće je izvršiti prema različitim kriterijumima i karakteristikama. U pogledu broja dejstava isto kao i kod krivajnih presa, hidraulične prese mogu biti: jednostrukog i višestrukog (dvostrukog i trostrukog) dejstva. S obzirom na oblik noseće strukture hidraulične prese mogu biti izgrađene sa otvorenom ili zatvorenom nosećom strukturom, koja može biti još vertikalna i horizontalna. Pogon hidrauličnih presa može biti gornji i donji. Broj hidrocilindara kod ovih mašina može biti različit – jednocilindrične i višecilindrične. S obzirom na broj radnih pozicija hidraulične prese, takođe mogu biti jednopozicione i višepozicione.

Osnovne tehničke karakteristike hidrauličnih presa proističu iz tehnoloških zahteva pojedinih metoda obrade, te se otuda podela hidrauličnih presa može izvršiti na sledeći način:

1. **Hidraulične prese za obradu lima**
2. **Hidraulične prese za zapreminsko deformisanje**
3. **Hidraulične prese specijalne namene**
4. **Hidraulične prese za nemetale**

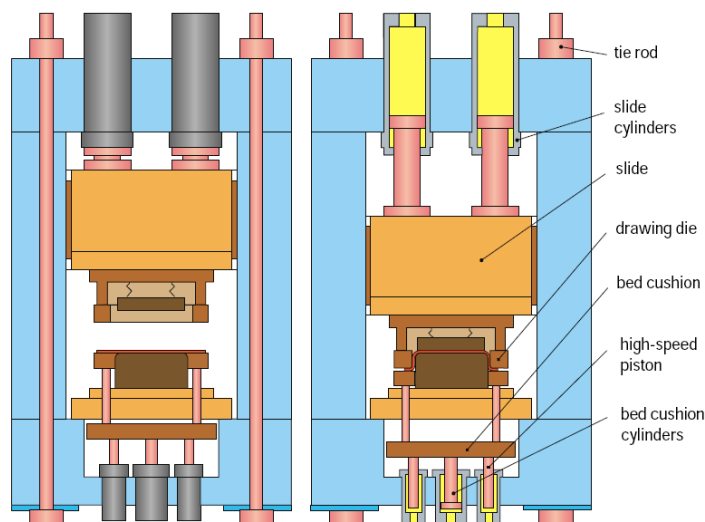
### 4.2.1. HIDRAULIČNE PRESE ZA OBRADU LIMA

U ovu grupu spadaju sledeće vrste presa:

- **Univerzalne hidraulične prese**
- **Hidraulične prese za razdvajanje lima**
- **Hidraulične prese za fino razdvajanje**
- **Prese za seckanje lima**
- **Hidraulične prese za savijanje**
- **Hidraulične prese za oblikovanje višepozicionim alatom**
- **Hidraulične prese za duboko izvlačenje**
- **Višepozicione hidraulične prese**
- **Hidraulične probne prese**

#### 4.2.1.1. UNIVERZALNE HIDRAULIČNE PRESE

Univerzalne hidraulične prese imaju visok nivo fleksibilnosti, a koriste se za operacije razdvajanja i oblikovanja lima (savijanje, duboko izvlačenje, plitko utiskivanje, ispravljanje, kalibrisanje itd.), u jednopozicionim i višepozicionim alatima. Pogodne su za izradu manjih i srednje velikih delova. Hidraulične univerzalne prese u odnosu na mehaničke univerzalne prese imaju manji broj hodova (prosek je 12 hodova za hidraulične, a 17 za mehaničke). Ove mašine imaju povoljniji dijagram brzine u zavisnosti od hoda u odnosu na krivajne prese, odnosno, dijagram koji se može programirati u skladu sa fazama radnog ciklusa.



Slika 4.5- Univerzalna hidraulična presa



Slika 4.6.- Univerzalna presa Müller Weingarten

*1-stubovi pres, 2-pritiskivač, 3-vođice pritiskivača podmazivane uljem, 4- graničnik hoda pritiskivača, sa centralnim sistemom podešavanja, 5-ploča stola, 6-jastuk za izvalačenje, 7- PC kontrolno-upravljački sistem, 8-pogonski sistem sa aksijalno-klipnom pumpom*

Hidraulične prese univerzalne namene po pravilu su opremljene jastukom za izvlačenje (slika 4.5) što omogućuje izvođenje operacija izvlačenja. Noseća struktura mašine na slici je zatvorena prednapregnuta a pogonski cilindri su smešteni na gornjoj traverzi. Jastuk za izvlačenje je smešten u stolu prese i sastoji se od dva brza cilindra i centralnog cilindra za obezbeđenje sile držača.

Na slici 4.6 je prikazana univerzalna presa Müller Weingarten, koja može biti opremljena različitim nivoima pomoćne opreme, kao na primer, amortizerom pritiskivača, sistemom za obezbeđenje paralelnosti kretanja pritiskivača, držačem lima u stolu i pritiskivaču prese, uređajem za brzu zamenu alata itd. Nominalna sila ovih mašina se kreće od 1000 kN do 12.500 kN, broj hodova u minuti iznosi 10-35

#### 4.2.1.2. HIDRAULIČNE PRESE ZA RAZDVAJANJE LIMA

##### 1. *Konvencionalno razdvajanje*

Kada je u pitanju konvencionalno razdvajanje lima (probijanje i prosecanje) uobičajeno je da se za tu svrhu koriste mehaničke (krivajne) prese, pre svega zbog svoje brzohodosti. Međutim, u određenim slučajevima kod operacija razdvajanja prednost imaju hidraulične prese, što je posebno izraženo kod razdvajanja lima velike debljine, kada sila premašuje vrednost od 2,5 MN. U tu svrhu mogu se upotrebiti i univerzalne hidraulične prese (slika 4.7). Poseban problem kod operacija razdvajanja jeste naglo rasterećenje pri kraju razdvajanja koje može dovesti do vibracija obradnog sistema, a taj problem se kod hidrauličnih presa rešava ugradnjom specijalnih amortizera. Upotrebom specijalnog pogonskog sistema sa malim radnim hodom broj hodova kod hidraulične prese može biti i preko 300 min<sup>-1</sup>.



Slika 4.7. - Univerzalna presa primenjena za razdvajanje (Wanzke A-SPS 120)

Za izvođenje operacija razdvajanja koriste se jednostubne hidraulične prese, na primer presa tip HST 2500, firme Hengstebeck Co Maschinenbau (slika 4.8), čija je nominalna sila 2500kN, i radni hod 40 mm, što omogućuje izradu delova od lima debljine 0,5 do 4 mm. Ova mašina namenjena je pre svega za probe alata za razdvajanje. Presa Typ HST 2500 je mašina namenjena za operacije probijanja i prosecanja lima. Matrica alata je ugrađena u ploči stola a žig sa držačem je postavljen na kraju klipnjače. Na gornjem delu prese nalazi se skidač lima.



**Slika 4.8 - Hidraulična presa za probijanje i prosecanje  
Hengstebeck & Eich GmbH & Co., Maschinenbau**



**Slika 4.9- Radni prostor prese HST 2500**

Na slici 4.10 je prikazana linija za isecanje pripremake za izradu fijoka metalnog nameštaja. Liniju čine uređaj za odmotavanje trake iz bunta mase do 5000 kg, mašina za ispravljanje lima, hidraulična presa za isecanje pripremake HPV250 (Wanzke, Nemačka) i uređaj za paletiranje delova. Nominalna sila mašine je 2.500 kN, a broj hodova se kreće od 10 do 50 u minutu. Na ovoj liniji obrađuju se limovi debljine 1-1,5 mm i širine do 800 mm.



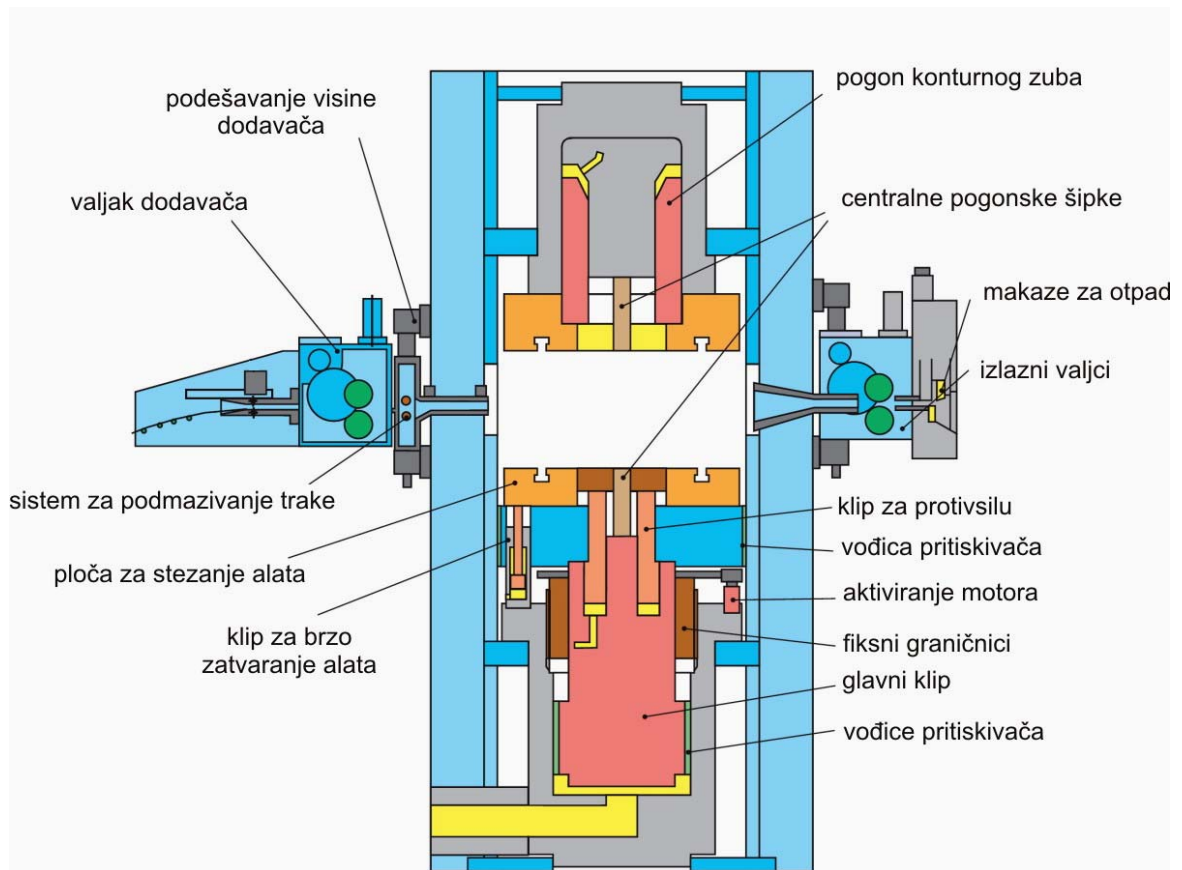
**Slika 4.10 - Linija za isecanje pripremake – Wanzke, Nemačka**

## ***2. Hidraulične prese za fino razdvajanje***

Za operacije finog razdvajanja presovanjem osim mehaničko-hidraulične prese, koriste se i čisto hidraulične prese trostrukog dejstva (slika 4.12). Kod ove mašine u stolu prese smešten je glavni cilindar i cilindar za protivdejstvo, dok se u gornjem delu prese (traverza) nalazi pogonski cilindar konturnog zuba. Osim toga, u stolu prese se nalaze cilindri za brzo podizanje donje polovine alata, što omogućuje skraćjenje radnog ciklusa. Ovi cilindri se napajaju pomoću akumulatora, dok se glavno i ostala dejstva napajaju pomoću pumpe.



**Slika 4.11- Kvalitet površine finog i klasičnog razdvajanja**



Slika 4.12- Šema hidraulične prese za fino razdvajanje presovanjem



Slika 4.13- Hidraulična presa za FRP, Feintool – Švajcarska

	HFA3200plus	HFA4500plus	HFA7000plus
Total force kN	2000-3200	3000-4500	4675-7000
Ram stroke mm	180	230	230
Tool installation height mm	330-410	330-410	330-410
Workclamping area, top mm	630x630	800x800	900x900
Workclamping area, bottom mm	640x900	810x1000	910x1260

Mašina serije HFA je snabdevena automatskim dodavačem trake sa valjcima, uređajem za podmazivanje trake specijalnim uljem i makazama za sečenje otpada. Mašine su opremljene specijalnim sistemom zaštite alata od preopterećenja i sistemom zaštite operatera od povreda.

Hidraulične prese za FRP proizvode se sa nominalnom silom od 2.500 ÷14.000 KN. Koriste se za obradu lima debljine preko 12 mm. Prednost im je mogućnost ostvarivanja potrebne sile razdvajanja nezavisno od položaja pritiskivača.



**Slika 4.14- Delovi automobila proizvedeni finim razdvajanjem**

## HIDRAULIČNE PRESE ZA SECKANJE

Razdvajanje tankih limova parcijalnim zahvatom izvodi se na specijalnim automatskim mašinama sa hidrauličnim pogonom i potpunom numeričkom kontrolom procesa (sl. 4.15). Osnovni alat predstavlja žig i matrica kružnog oblika malih dimenzija, koji izvode veliki broj

hodova u jedinici vremena (preko  $2000 \text{ min}^{-1}$ ), koji omogućuju isecanje pravolinijskih i krivolinijskih kontura u limu. Osim toga, mašina je snabdevena velikim brojem standardnih alata koji omogućuje probijanje i prosecanje otvora različitih oblika i dimenzija (slika 4.18).



**Slika 4.15- Mašina za seckanje Trumpf model 2020**

Na istoj mašini mogu se izvoditi i operacije savijanja i reljefnog oblikovanja pomoću alata, sl. 4.19. Zamena alata je automatska a pomeranje lima u horizontalnoj ravni (X-Y) izvodi se vrlo precizno i sa velikom brzinom. Radi povećanja veka trajanja alata isti su prevučeni sa TiCN prevlakom.



**Slika 4.16- Alat u zahvatu**



**Slika 4.17-Hidraulična glava za razdvajanje**

Na slici je prikazan izgled mašine za inkrementalnu obradu TRUMPF tip 2020 koja ima sledeća tehničke karakteristike:

- *maksimalna radna površina 2540 mm x 1270 mm*
- *maksimalna sila 180 kN*

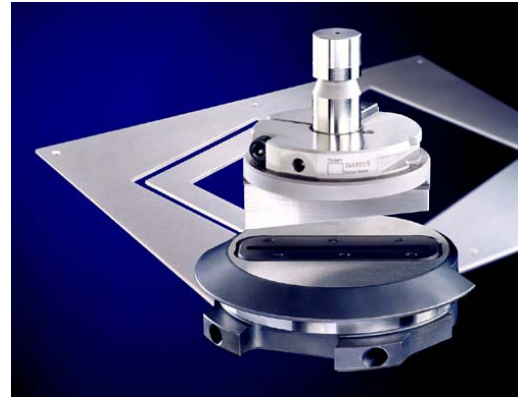


- maksimalna debljina lima 6,4 mm
- maksimalni broj hodova pri probijanju/markiranju 900/2200
- Broj alata 19, magacin linearni

Osnovni tipovi alata za ovu vrstu mašina su alati za probijanje otvora različitih oblika i dimenzija, alat za prosecanje, alat za utiskivanje i alat za savijanje (slika 4.18 i 4.19)



a)



b)

*Slika 4.18- Alati za Trumpf mašine*

a) za probijanje otvora različitog oblika i dimenzija b) za prosecanje lima



a)



b)

**Slika 4.19- Alati za oblikovanje na Trumpf mašinama**

a) alati sa točkićem b) alat za savijanje

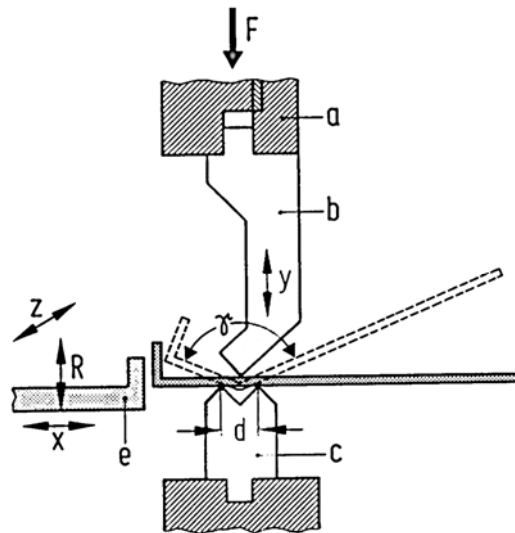
#### 4.2.1.3. HIDRAULIČNE PRESE ZA SAVIJANJE

Hidraulične prese se veoma uspešno koriste za različite postupke savijanja, tj. za:

1. izradu komada manjih dimenzija u specijalnom alatu
2. izradu tankozidih profila velike dužine
3. savijanje velikih delova veće debljine (ploče)

Kod savijanja pojedinačnih delova manjih dimenzija racionalna je upotreba specijalnog alata i univerzalne hidraulične prese ili hidraulične prese koja osim glavnog ima i dopunsko dejstvo (pogon izbacivača).

Za izradu profila od tankog lima veće dužine (6 m i više) primenjuju se hidraulične abkant prese. Standardna hidraulična abkant presa primenjuje se za pojedinačnu i maloserijsku proizvodnju različitih profila. Ova mašina ima krutu otvorenu noseću strukturu, a pokretanje pritiskivača izvodi se pomoću dva hidraulična cilindra koji se direktno napajaju pumpom. Dužina pritiskivača prese kreće se od 2 – 6 m, a u specijalnim slučajevima i do 10m. Jedan komplet alata omogućuje izradu profila različitog poprečnog preseka.



**Slika 4.20- Princip numeričkog upravljanja kod abkant prese**



**Slika 4.21- Kontrolni panel CNC Sistema upravljanja**

Savremene abkant prese grade se sa numeričkom kontrolom pojedinih osa (slika 4.20):

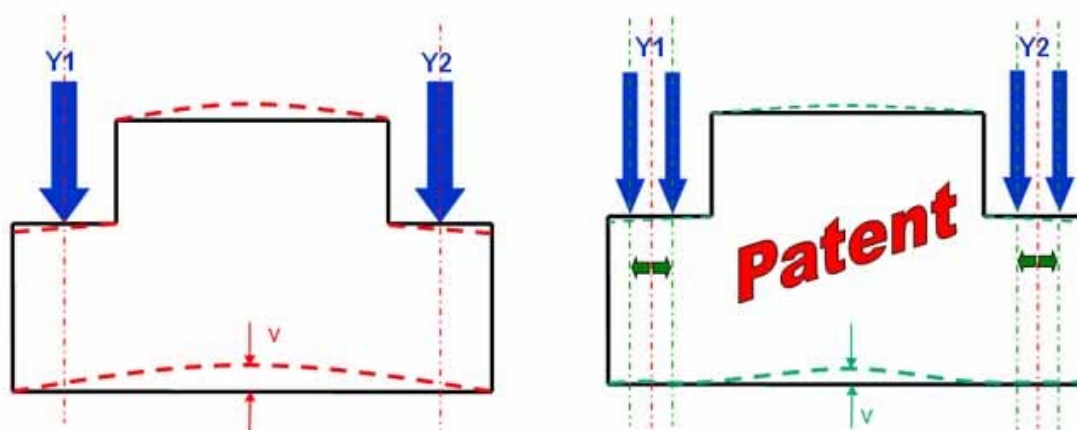
- CNC upravljanje graničnikom (x – osa)
- CNC upravljanje hodom pritiskivača (y – osa)
- CNC upravljanje uzdužnim graničnikom (z – osa)

Broj upravljačkih osa abkant prese zavisi od stepena automatizacije mašine i može biti od 3 do 6.



**Slika 4.22- Abkant presa Trumpf model 3120**

Za smanjenje elastičnih deformacija pritiskivača prese primenjuju se novi pogonski sistemi sa četiri hidraulična cilindra (slika 4.23)

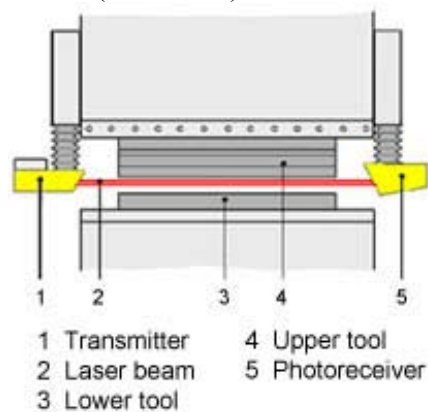


**Slika 4.23- Pogon sa četiri cilindra – patent kompanije Trumpf**

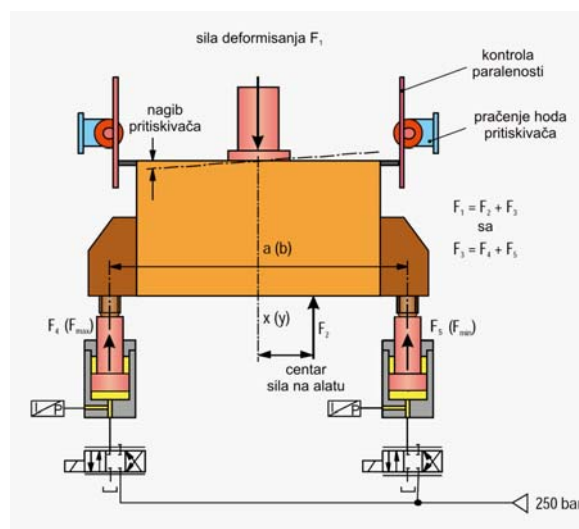


**Slika 4.24- Hidraulična abkant presa Trumpf sa robotom za manipulaciju obratkom**

Zaštita od povreda pri radu sa abkant presom izvodi se na razne načine, a jedan od njih koji primenjuje trumpf je laserski sistem (slika 4.25)



**Slika 4.25- Šema zaštitnog sistema Trumpf**

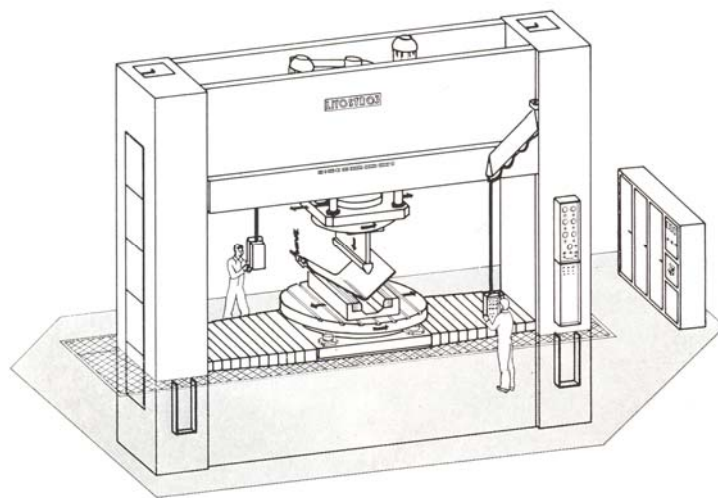


**Slika 4.26- Sistem za održavanje paralelnosti kretanja pritiskivača kod abkant prese**

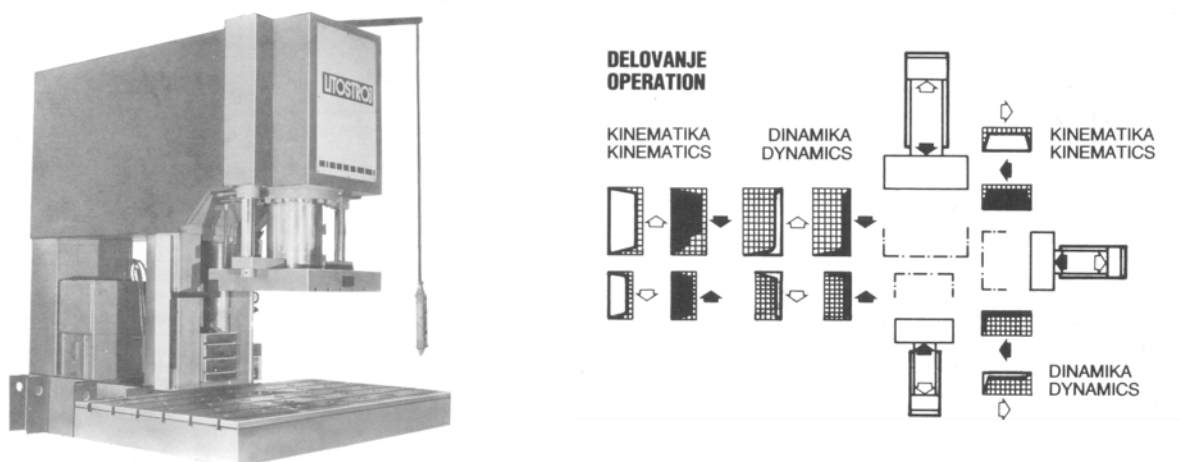
Jedan od problema pri radu hidraulične abkant prese je održavanje paralelnosti kretanja žiga u odnosu na donji deo alata – matricu.

Ako se od mašine zahteva viša tačnost onda se mora povećati krutost noseće strukture ili uvesti kontrolno – regulacioni sistem. Jedno od rešenja za održavanje paralelnosti alata prikazano je na slici 4.26, koje je zasnovano na praćenju pomeranja krajeva pritiskivača i aktiviranju dodatne količine tečnosti u odgovarajući cilindar.

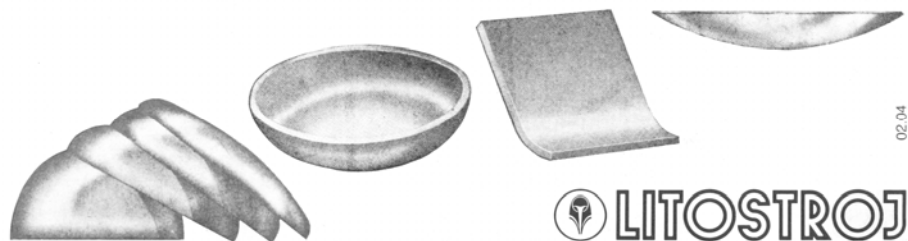
Posebnu grupu presa za savijanje i druge vrste oblikovanja debelih limova, predstavljaju hidraulične prese koje svoju osnovnu primenu nalaze u teškoj mašinogradnji, npr. brodogradnji (sl. 4.27 i 4.28). Ove mašine grade se kao prese jednostrukog i višestrukog dejstva. Noseća struktura može biti otvorena ili zatvorena. Karakteriše je veliki radni prostor u koji se postavljaju jednostavni alati.



Slika 4.27- Presa za savijanje jednostrukog dejstva



Slika 4.28- Presa za savijanje trostrukog dejstva



**Slika 4.29- Delovi oblikovani na presama HKO i HKC**

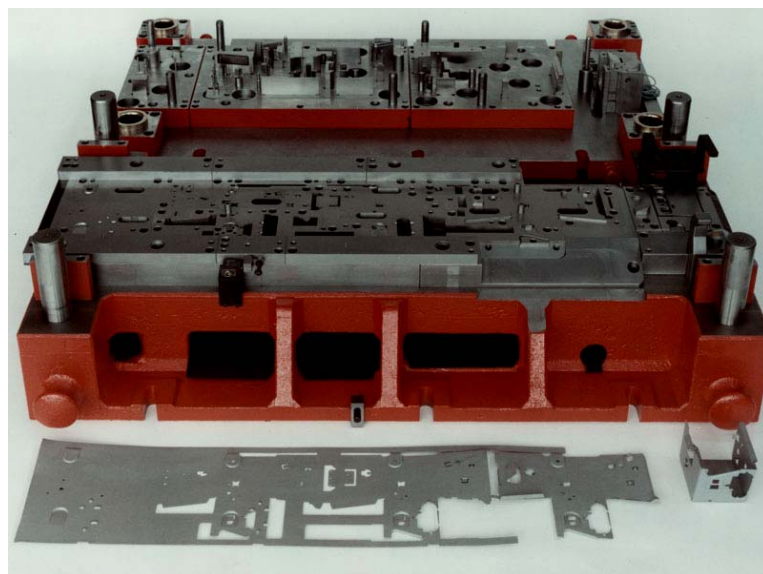
Na sl.4.27 je prikazana hidraulična presa za savijanje Litostroj tip HKO-1, jednostrukog dejstva koja se gradi sa nominalnom silom do 1 MN, a na slici 4.28 presa trostrukog dejstva, koja se gradi sa silom nominalnog dejstva od 4 ÷ 10 MN.

#### **4.2.1.4. HIDRAULIČNE PRESE ZA OBLIKOVANJE VIŠEPOZICIONIM ALATOM**

Delovi od lima manjih dimenzija složenog oblika, koji zahtevaju primenu različitih operacija obrade (razdvajanje, savijanje, duboko izvlačenje i dr.) uspešno se oblikuju na univerzalnim ili specijalnim za tu namenu hidrauličnim presama. Na slici 4.30 je prikazana jedna takva presa nemačkog proizvođača Wanzke tip HPV / F450, koja je postavljena u proizvodnu liniju. Nominalna sila prese je 3500 kN, a odmotač trake ima nosivost od 5000kg. Na presi se oblikuju delovi od lima debljine od 2 do 8 mm, širine do 300 mm. Broj hodova prese je do **50 u minutu**. Presi prethodi mašina za ispravljanje lima i precizni dodavač trake. Mašina je numerički upravljana. Transport obratka izvodi se pomoću trake koju pomera dodavač.



**Slika 4.30- Linija za oblikovanje elemenata šarke pomoću višepozicionog alata**



Slika 4.31- Višepozicioni alat za razdvajane i savijanje



Slika 4.32- Delovi oblikovani višepozicionim alatom na hidrauličnoj presi Wanzke

#### 4.2.1.5. HIDRAULIČNE PRESE ZA DUBOKO IZVLAČENJE

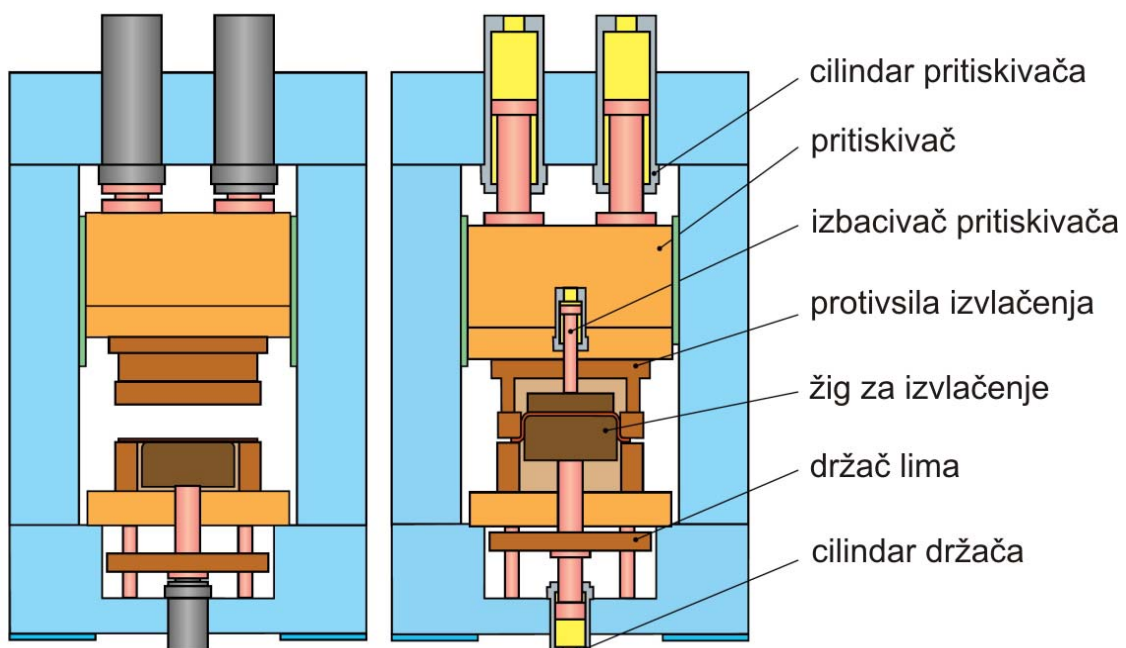
Hidraulične prese vrlo često se koriste za izvođenje operacija dubokog izvlačenja, čak i u autoindustriji, uprkos činjenici da su sporije od mehaničkih presa i da imaju veću cenu. Takođe treba napomenuti da hidraulične prese nisu pogodne za integrisanje u automatske linije kao što je to slučaj sa mehaničkim presama, ali ima i takvih rešenja.

Glavna prednost hidrauličnih presa za duboko izvlačenje u odnosu na mehaničke je potpuna kontrola brzine deformisanja u svakoj fazi radnog ciklusa (približavanje, kontakt alata sa materijalom, izvlačenje, povratni hod). Sledeća prednost hidrauličnih presa jeste nemogućnost preopterećenja u toku deformisanja, kao i mogućnost izvođenja dubokog izvlačenja u bilo kom delu radnog hoda mašine. Takođe, kod hidrauličnih presa sa više dejstava jednostavna je kontrola i upravljanje sa držačem lima i izbacivačem.

Za duboko izvlačenje koriste se:

- a) hidraulične prese jednostrukog dejstva sa jastukom za izvlačenje (sl.4.33)
- b) hidraulične prese dvostrukog dejstva
- c) hidraulične prese trostrukog dejstva.

Kod hidrauličnih presa višestrukog dejstva moguće su različite kombinacije upotrebe pojedinih dejstava za izvođenje različitih faza deformisanja.



Slika 4.33- Hidraulična presa jednostrukog dejstva sa jastukom za izvlačenje





Slika 4.34- Presa za oblikovanje sudopera, Schuler serija SH do 16 MN



Slika4.35- Hidraulični jastuk prese Schuler SH

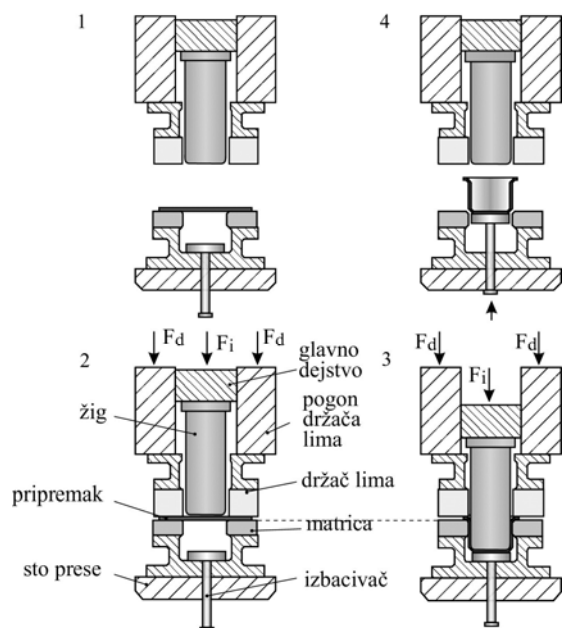


Slika4.36- Panel sistema upravljanja

Model Overview SH 160 to SH 1,600												
Press force	1,600	2,500	3,150	4,000	5,000	6,300	8,000	10,000	12,500	16,000	Opening Uprights	
[kN/US tons]	175	275	350	440	550	700	880	1,100	1,375	1,760		
Width [mm/inch]	Length [mm/inch]										Standard	Option
1,000/40	1,300/52	1,300/52	1,300/52	1,300/52							700 28	1,000 40
	1,600/64	1,600/64	1,600/64	1,600/64								
	2,000/80	2,000/80	2,000/80	2,000/80								
1,300/52	1,600/64	1,600/64	1,600/64	1,600/64	1,600/64	1,600/64	1,600/64				850 34	1,300 52
	2,000/80	2,000/80	2,000/80	2,000/80	2,000/80	2,000/80	2,000/80	2,000/80				
	2,500/100	2,500/100	2,500/100	2,500/100	2,500/100	2,500/100	2,500/100	2,500/100	2,500/100	2,500/100		
1,600/64			3,000/112	3,000/112	3,000/112	3,000/112	3,000/112	3,000/112	3,000/112	3,000/112	1,100 44	1,600 64
			2,500/100	2,500/100	2,500/100	2,500/100	2,500/100	2,500/100	2,500/100	2,500/100		
			3,000/112	3,000/112	3,000/112	3,000/112	3,000/112	3,000/112	3,000/112	3,000/112		

Relevant data is metric. Inch dimension for reference purposes only.

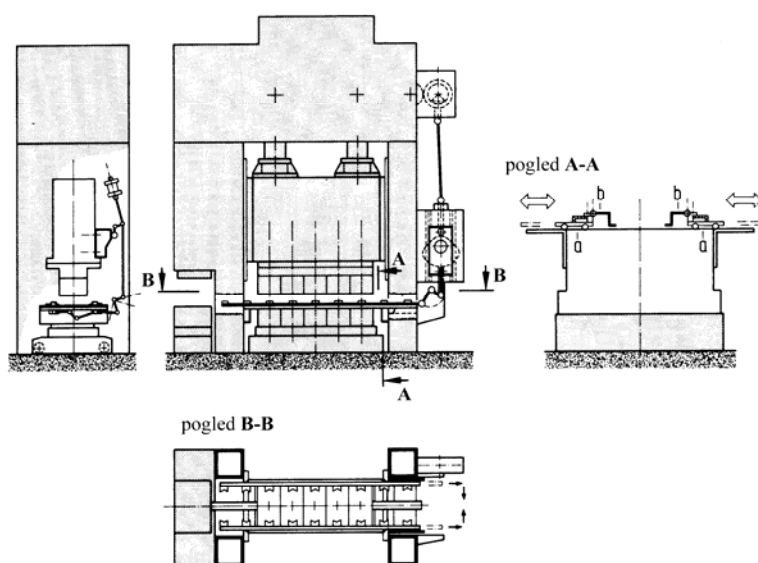
Tehničke karakteristike presa Schuler serija SH



**Slika 4.37- Principijelna šema hidraulične prese dvostrukog dejstva za duboko izvlačenje**

#### 4.2.1.6. VIŠEPOZICIONE HIDRAULIČNE PRESE

Analogno mehaničkim višepozicionim presama, postoje i hidraulične višepozicione prese koje imaju sličnu namenu, ali se pre svega koriste za višeoperaciono duboko izvlačenje (šema, sl. 4.38). Na sl.4.40 prikazana je jedna višepoziciona hidraulična presa sa elektronskim grajferom za unutrašnji međuoperacioni transport obradaka. Presa je namenjena za višeoperaciono duboko izvlačenje što podrazumeva da svaka pozicija raspolaže sa sopstvenim držačem lima. Isecanje priprema iz trake izvodi se pomoću alata koji se nalazi van radnog prostora mašine (bočno sa leve strane).



**Slika 4.38- Šema višepozicione hidraulične presa**

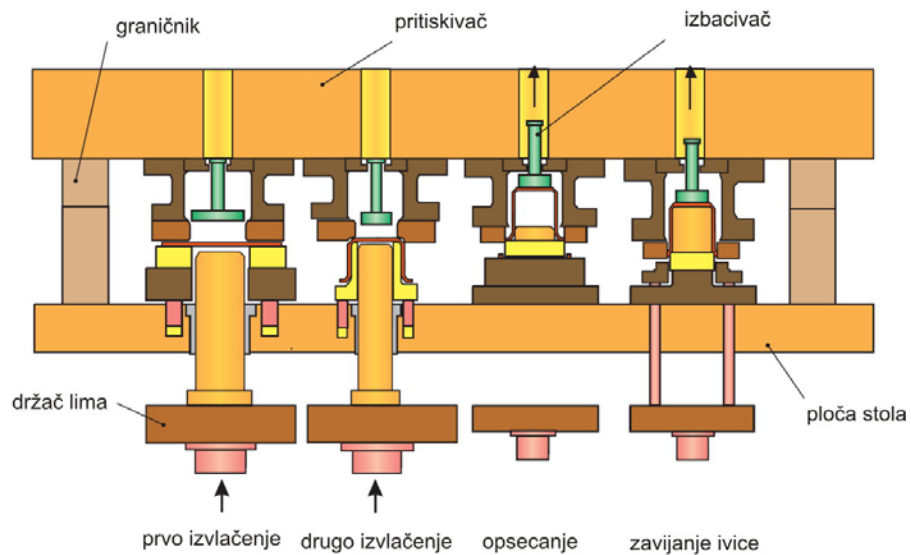
Alat za reverzibilno duboko izvlačenje na ovoj presi prikazan je na slici 4.41, u kojem se osim izvlačenja obavlja i operacija opsecanja.



**Slika 4.39 - Višepozicioni alat za izradu kućišta manometra (WANZKE)**

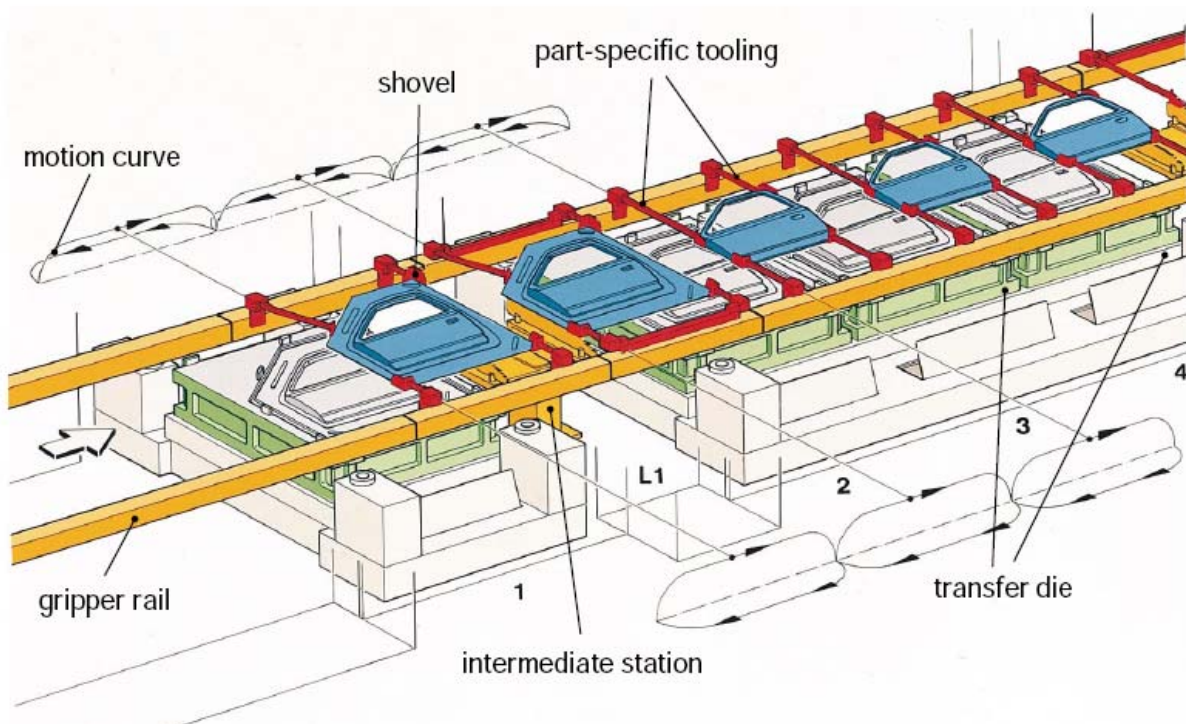


**Slika 4.40- Višepoziciona presa Schuler  
Nominalna sila do 42 MN, broj pozicija 11, korak transportera 700 mm,  
broj hodova 10-28 /min.**

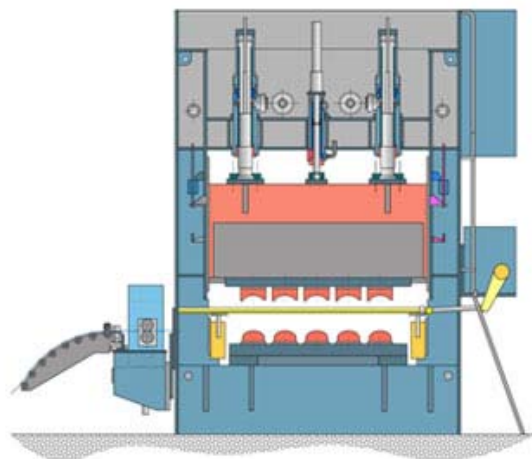


**Slika 4.41- Alat sa reverzibilnim izvlačenjem na višepozicionoj presi (Schuler)**

Hidraulične višepozicione prese koriste se i u auto industriji za oblikovanje delova velikih dimenzija (slika 4.42 i 4.43), uz primenu različitih sistema transporta radnog komada (mehanički, sa poprečnom letvom, elektronski)



**Slika 4.42- Transporter sa mehaničkim grajferom**



**Slika 4.43- Šema višepozicione prese za auto industriju Schuler**

Range of application	manufacturing of structural and outer skin components
Bed dimensions (l x w)	1.7 x 1.3 m – 7.2 x 3.1 m
Press capacity	5,000 – 32,000 kN
Drive	hydraulic drive
Material feeding	coil line or blankloader
Part transport	two or three axis transfer

***Tehnički podaci višepozicione prese Schuler***

**4.2.1.7. HIDRAULIČNE PROBNE PRESE (Tryout prese)**

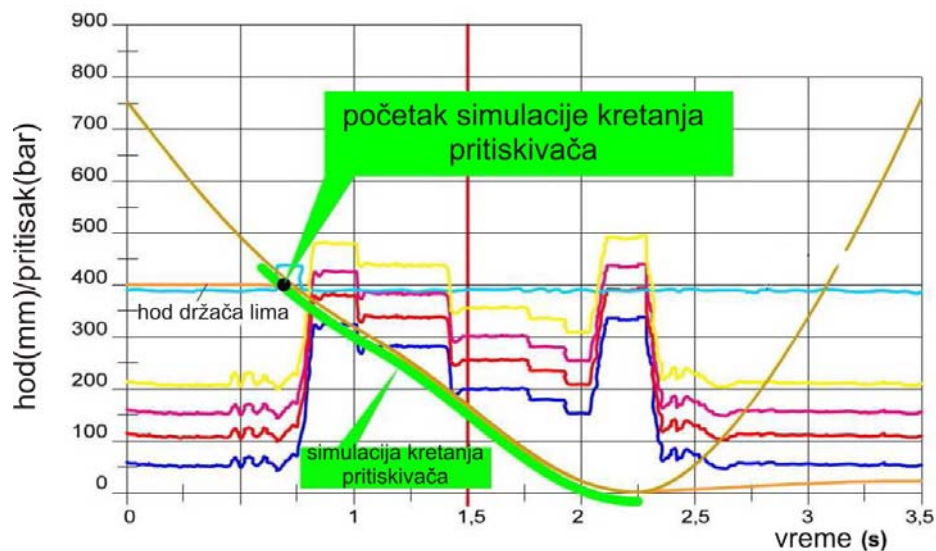
Ova vrsta hidrauličnih presa koristi se za probu alata, na primer, za oblikovanje delova od lima velikih dimenzija, koji se koriste u auto industriji



**Slika 4.44- Probne prese Müller Weingarten**

Probna presa mora da simulira uslove rada krivajne prese sa slozenim krivajnim mehanizmom (laktasti, link, multi-link, i dr.), koje se koriste za izradu karoserije automobila. To podrazumeva da hidraulicna presa ima snažan i brz pogonski sistem sa adekvatnim upravljačkim sistemom. Mašina takođe ima i odgovarajući držač lima sa dejstvom u više tačaka. Cilj ispitivanja alata na probnoj presi je da se u potpunosti ovlada tehnologijom kako bi vreme zastoja u procesu proizvodnje svelo na minimum.

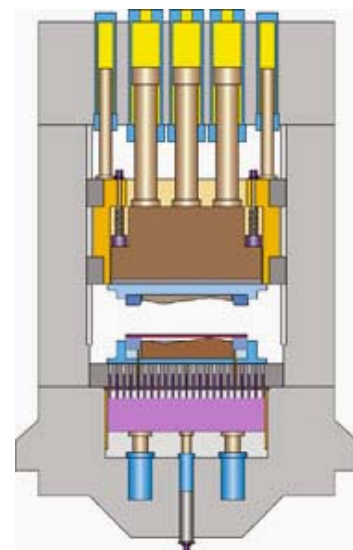
Na donjem dijagramu (sl. 4.45) je prikazana simulacija hoda krivajne prese pomoću pogonskog sistema probne prese (*Müller Weingarten*). Na ovoj presi može se simulirati rad multi-point držača lima kao proces predubrzanja držača lima.



**Slika 4.45-** Dijagram hoda probne prese (*Müller Weingarten*)



**Slika 4.46 -** Probna presa Müller Weingarten  
Nominalna sila do 30MN, širina stola do 5500mm,

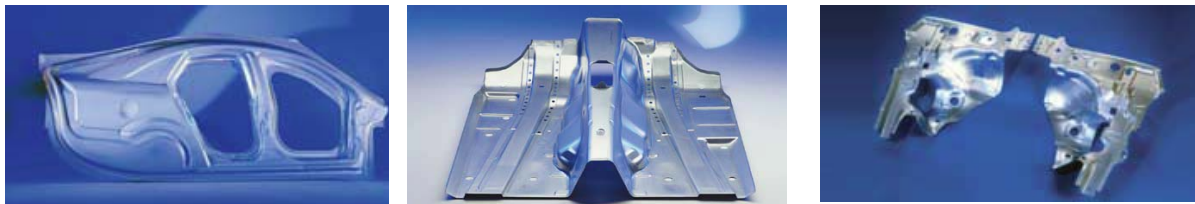


**Slika 4.47-** Probna presa dvostrukog dejstva, Schuler

Pogonski sistem probne prese je pumpno-akumulatorski, koji zahvaljujući adekvatnom sistemu upravljanja može da simulira kretanje pritiskivača krivajne prese, odnosno dijagram brzine krivajne prese sa složenim pogonskim sistemom. Na mašini takođe postoji kontrola paralelnosti kretanja pritiskivača i precizna kontrola veličine hoda.

#### 4.2.1.8. AUTOMATSKE LINIJE ZA OBRADU LIMA

Alternativa velikim mehaničkim presama za izradu delova karoserije automobila su automatske linije sa hidrauličnim presama za izradu istih delova.



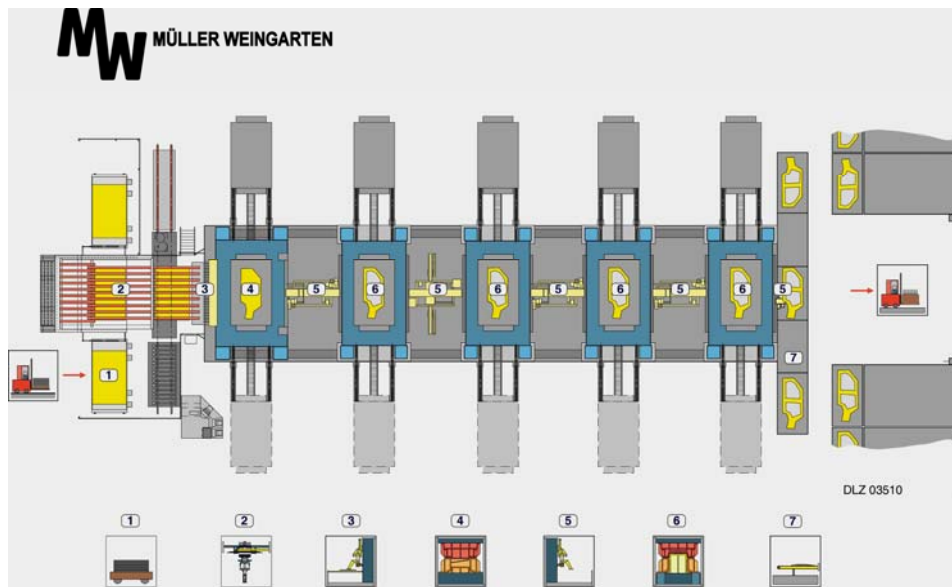
**Slika 4.48- Automatska linija hidrauličnih presa za izradu delova karoserije**  
*Broj presa 5, dimenzije priprema 3600x1830mm, ukupna sila svih presa 54000 kN, broj hodova 14/min., dužina linije 38 m, širina linije 10,5 m, masa linije 2800 tona*

Zavisno od koncepta linija hidrauličnih presa se obično sastoji od jedne vodeće hidraulične prese i nekoliko sekundarnih presa, obično celokupna linija se sastoji od 4, 5 ili 6 presa zavisno od složenosti delova koji se oblikuju. Vodeća presa je složenija od sekundarnih presa i po pravilu to je presa dvostrukog dejstva (sa pogonom držača lima). Sekundarne prese su jednostrukog dejstva.

Transport obratka kod ovih linija se izvodi primenom različitih sistema: dodavač priprema, klasičan linearni grajfer, roboti, transporter sa poprečnim grajferom itd. Između presa obično postoje pomoćni prihvatni uređaji jer je direktan transport sa prese na presu

praktično nemoguć. Na međupozicijama moguće je i okretanje radnog komada za 180 stepeni radi pripreme položaja za narednu operaciju.

Međutim, novi koncept automatskih linija upravo je baziran na direktnom transferu radnog komada sa prese na presu.



**Slika 4.49- Funkcionalna šema linije hidrauličnih presa**

*1-donošenje priprema, 2-utovar priprema, 3-dodavanje priprema, 4-oblikovanje i opsecanje, 5-transporter-dodavač, 6-operacija izvlačenja, konvejer gotovih delova*



**Slika 4.50- Transport obratka u automatskoj liniji sa međusklađištem**

#### **4.2.2. HIDRAULIČNE PRESE ZA ZAPREMINSKO DEFORMISANJE**

Hidraulične prese imaju posebnu važnost za određene operacije zapreminskog deformisanja. Neke tehnološke operacije moguće je uspešno izvesti isključivo na hidrauličnim presama, kao naprimer, slobodno kovanje delova velikih dimenzija, istiskivanje dugačkih profila, precizno utiskivanje i kalibrisanje itd. Pri tome posebno dolaze do izražaja tehničke karakteristike hidrauličnih presa u odnosu na mehaničke, koje se ogledaju u mogućnosti kontrole brzine deformisanja, veličine hoda i veličine deformacione sile.



Hidraulične prese za zapreminsko deformisanje se dela na:

- prese za hladno oblikovanje
- prese za toplo oblikovanje

#### 4.2.2.1. PRESE ZA HLADNO OBLIKOVANJE

U kategoriju hidrauličnih presa za hladno zapreminsko deformisanje spadaju:

- Prese za hladno istiskivanje
- Prese za hladno utiskivanje
- Prese za ispravljanje
- Prese za kalibrisanje

##### 4.2.2.1.1. PRESE ZA HLADNO ISTISKIVANJE

Karakteristike procesa istiskivanja su visoki pritisci, odnosno velika sila oblikovanja, potrebna dodatna dejstva za izbacivanje i skidanje obratka. Radi toga su mašine za hladno istiskivanje po pravilu prese trostrukog dejstva, kompaktne konstrukcije i visoke krutosti. Oblikovanje hladnim istiskivanjem složenijih obradaka izvodi se u više operacija, odnosno na višepozicionim mašinama (za serije veće od 1,8 miliona komada godišnje). Hidraulične prese se uspešno koriste za oblikovanje dugačkih delova tipa osovine ili vratila, mase do 15 kg. Deformacija noseće strukture hidraulične prese ne odražava se značajnije na tačnost obratka. Čak je tačnost obratka viša kod ovih mašine nego kod mehaničkih presa, a takođe i radni vek alata.



Slika 4.51- Hidraulična presa za istiskivanje Lasko tip KFP



Slika 4.52- delovi izrađeni istiskivanjem na presi KFP

Na sl.4.51 prikazana je jednopoziciona hidraulična presa za istiskivanje, Lasco tip KFP koja se proizvodi sa nominalnom silom od 2,5 do 15 MN. Hod pritiskivača je od 500 do 1200mm, površina stola od 600x600 do 1400x1500 mm, brzina pritiskivača u fazi približavanja oko 500mm/s, a u radnom hodu od 45 do 67 mm/s.

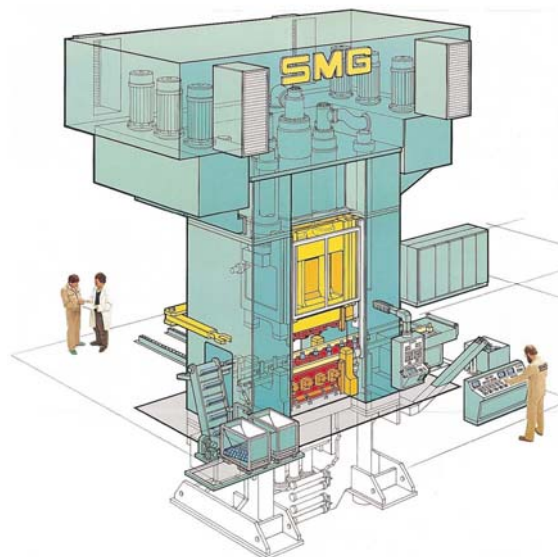
Za višeoperaciono istiskivanje Schuler je razvio posebnu familiju hidrauličnih transfer presa MH serije sa tri, četiri ili pet radnih pozicija (sl. 4.53). Nominalna sila ovih mašina kreće se od 2MN do 100MN. Svaka radna pozicija ima ugrađene izbacivače u pritiskivaču i u stolu prese. Transport obratka izvodi troosni transporter. Zavisno od veličine serije proces oblikovanja može biti potpuno ili delimično automatizovan. Na ovim mašinama izrađuju se dugački delovi tipa pogonskih vratila automobila.



*Tehnički podaci:*

- *nominalna sila 9 MN*
- *maksimalni hod pritiskivača 550 mm*
- *Svetli otvor prese 1550 mm*
- *Dimenzije stola prese 1300x1000 mm*
- *Sila izbacivača u stolu prese 500 kN*
- *Sila jednog izbacivača u pritiskivaču 100 kN*
- *Broj izbacivača u pritiskivaču 3*

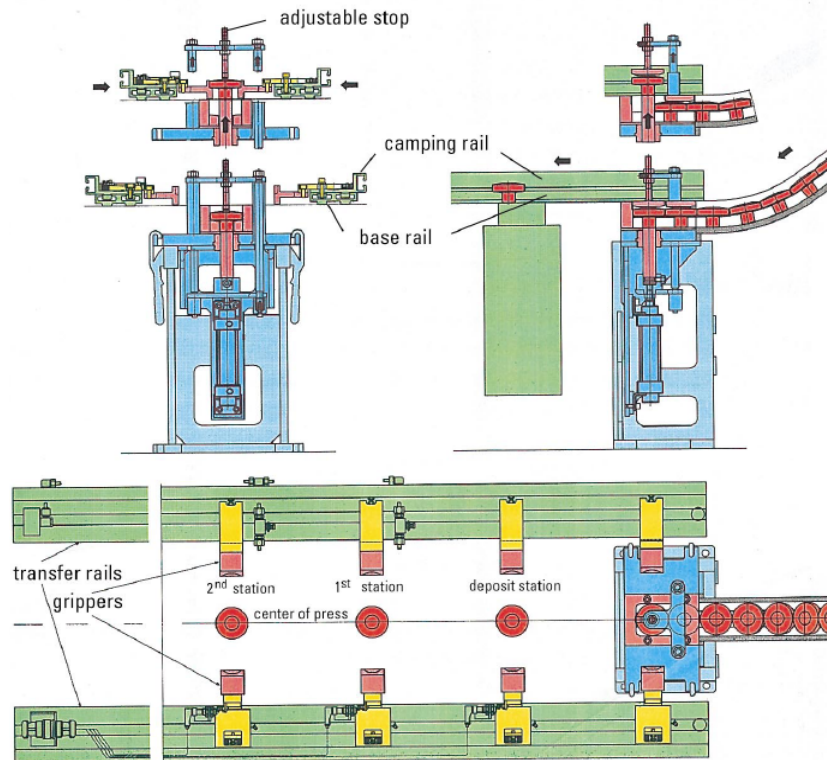
**Slika 4.53- Tropoziciona hidraulična presa Schuler**



**Slika 4.54 - Višepoziciona hidraulična presa za hladno istiskivanje**

U procesima zapreminskog deformisanja, na hidrauličnim i krivajnim presama, za automatizovani transport materijala i obratka najviše se koriste grajferni sistemi i roboti. U nastavku su prikazana neka od rešenja ovih uređaja.

Na slici 4.55 prikazana je varijanta dodavanja priprema i transporta obratka u obliku pečurke pomoću grajfernog mehanizma. Orijentacija priprema ostvaruje se pomoću profilisanih šina (kanala) a donji komad u kanalu se zadržava pomoću držača i izbacuje u transportni uređaj delovanjem izbacivača. Izbačeni komad prihvata grajfer transportera i prenosi ga do prve pozicije. Međuoperacioni transport na ostalim pozicijama se izvodi na isti način – izbačene komade iz matrice prihvataju grajferi i prenose ih do sledeće radne pozicije, potom ih otpuštaju, a pogonske šine sa grajferima se vraćaju u početnu poziciju. Kretanje grajfera izvodi se pomoću paralelnih šina koje pogon dobijaju od vratila, pomoću zupčanika i bregastih ploča, ili na neki drugi način.



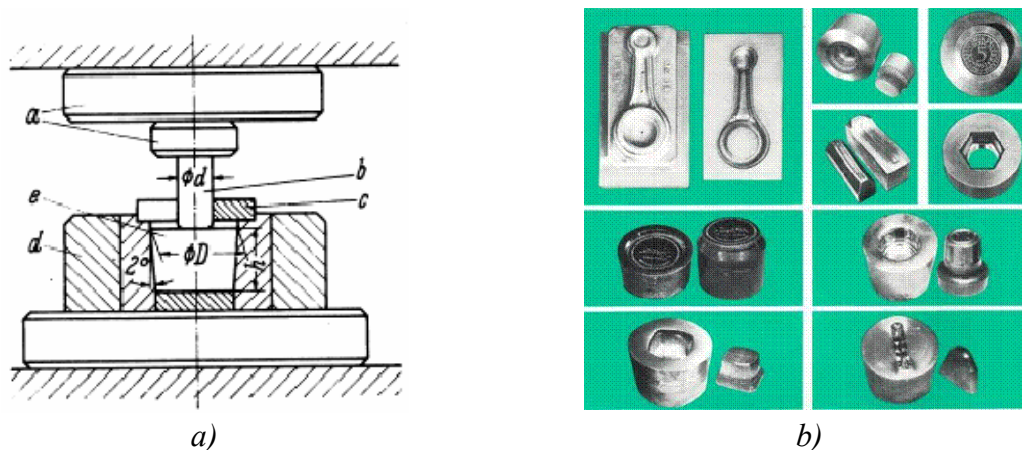
**Slika 4.55- Uređaji za dodavanje priprema i međuoperacioni transport**

Kretanje grajfera može biti u ravni - 2D gajfer ili u prostoru, kada je reč o 3D grajfernom sistemu. S obzirom na vrstu pogona grajferi mogu biti mehanički, pneumatski, hidraulični i električni.

#### **4.2.2.1.2. PRESE ZA HLADNO UTISKIVANJE**

Hladno utiskivanje (sl.4.56) je proces zapreminskog deformisanja kod koga se žig određenog oblika utiskuje malom brzinom u pripremak, koji je obično od alatnog čelika ožaren na minimalnu tvrdoću.

Proces se izvodi u uslovima visokog pritiska što uslovljava visoka mehanička svojstva žiga. Ovaj postupak primenjuje se za izradu šupljina u alatima za kovanje, livenje, zatim alatima za oblikovanje plastike itd. Ovim postupkom dobijaju se gravure izuzetnog kvaliteta sa boljim mehaničkim svojstvima u odnosu na alternativne postupke izrade: rezanje – struganje, glodanje, brušenje, elektro-erozija, livenje itd.



**Slika 4.56- Hladno utiskivanje: a) šema procesa; b) žigovi i utisnute gravure**



**Slika 4.57- Hidraulična presa za utiskivanje**

Hladno utiskivanje se izvodi na hidrauličnim presama koje moraju zadovoljavati sledeće zahteve:

1. visoka krutost noseće strukture i drugih sklopova mašine
2. mala brzina kretanja pritiskivača u radnom hodu (0 – 0,3 mm/s)
3. mogućnost regulacije brzine pritiskivača u pojedinim fazama rada (približavanje, radni hod, povratni hod)
4. mogućnost postizanja velike sile
5. podešavanje – zadavanje dubine utiskivanja.

Ove zahteve ispunjavaju hidraulične prese koje proizvodi Sack and Kiesseldbach iz Nemačke (sl.4.57), a grade se sa nominalnom silom od 1,6 – 200 MN. Radni hod svih presa je od 160 – 400 mm. Brzina pritiskivača u fazi približavanja i u povratnom hodu je oko 6,5 mm/s, a u radnom hodu od 0 – 0,3 mm/s. Noseća struktura je zatvorena livena, pogonski sistem je direktni pumpni. Mašina je snabdevena uređajem za mernje hoda tačnosti 0,01 mm i uređajem za ograničenje hoda i pritiska tečnosti, odnosno, sile.

### 4.2.2.1.3. PRESE ZA ISPRAVLJANJE

Operacija ispravljanja primenjuje se kod dugačkih delova tipa osovine nakon izrade kovanjem, livenjem ili posle termičke obrade, kada dolazi do značajnijeg odstupanja ose vratila od idealne ose. Ispravljanje se primenjuje i na delove prizmatičnog oblika, na delove od cevi i prstenaste delove (zupčanici, sinhroni, ležajevi i slično). Postupak ispravljanja izvodi se na hidrauličnim presama koje su opremljene specijanim mernim sistemom za određivanje veličine odstupanja geometrije obratka od idealnog oblika.

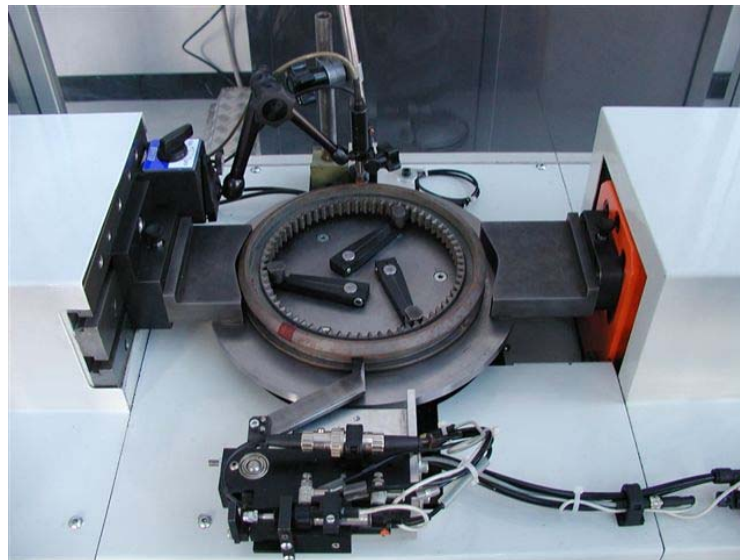


a)



b)

**Slika 4.58- Hidraulična presa za ispravljanje vratila (Galdabini –Italija)**



**Slika 4.59- Presa za ispravljanje zupčanika Galdabini**

Savremene prese za ispravljanje opremljene su softverom za proračun opterećenja u zavisnosti od veličine odstupanja oblika obratka. Na slici 4.58 a) je prikazana hidraulična presa sa uređajem za ispravljanje kolenastih vratila sa nominalnom silom od 1MN, a na sl.

4.58b) presa za ispravljanje ravnih vratila. Mašine su opremljene automatskim sistemom za manipulaciju sa obratkom. Na slici 4.59 je prikazan postupak ispravljanja zupčanika.

#### 4.2.2.1.4. PRESE ZA KALIBRISANJE

Delovi dobijeni hladnim i toplim oblikovanjem, kao i sinterovani delovi podležu operaciji kalibrisanja radi finiširanja dimenzija obratka i smanjenja dodataka za obradu. Kalibrisanje se izvodi u hladnom, toplom i polutoplom stanju.

Sastavni deo automatske linije za sinterovanje se hidraulična presa za kalibrisanje Lasco tip KP (slika 4.60). Klaibrisaje sinterovanih delova izvodi se u toplom stanju odmah nakon sinterovanja. Nakon ove operacije nije potrebna nikakva dodatna obrada pa delovi dobijeni ovim postupkom odgovaraju standardu near net shape tehnologiji oblikovanja.



**Slika 4.60- Hidraulična presa za kalibrisanje Lasco serije KP (a) i tipični delovi koji se kalibrišu nakon sinterovanja (b)**

*Tehnički podaci za KP prese:*

- *nominalana sila od 2 do 10 MN*
- *hod pritiskivača 350 mm kod svih presa*
- *razmak vođica pritiskivača 750 do 1100mm*
- *površina pritiskivača od 700x700 do 1000x800 mm*
- *brzina pritiskivača u praznom hodu (približavanje i povrtani hod) do 300mm/s*
- *brzina pritiskivača u radnom hodu 10 do 14 mm/s*
- *snaga elektromotora od 30 do 55 kW*

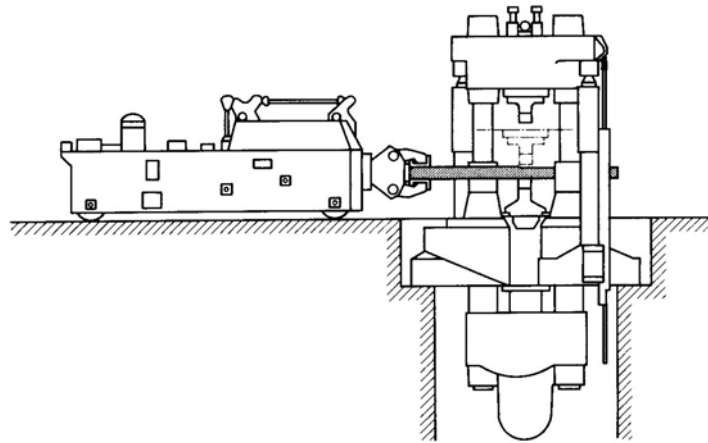
## 4.2.2.2. HIDRAULIČNE PRESE ZA TOPLO OBLIKOVANJE

Ovoj grupi hidrauličnih presa pripadaju:

- Prese za slobodno kovanje
- Prese za kovanje u kalupu
- Višepozicione prese za kovanje
- Horizontalne prese za istiskivanje profila

### 4.2.2.2.1. HIDRAULIČNE PRESE ZA SLOBODNO KOVANJE

Slobodno kovanje teških obradaka izvodi se isključivo na snažnim hidrauličnim presama pomoću jednostavnih - univerzalnih alata. Pripremak za ovu obradu je ingot, slab ili neki drugi primarni proizvod, a delovi dobijeni ovim kovanjem su najčešće vratila za turbine, kolenasta vratila brodskih motora, teški otkivci za potrebe mašingradnje, diskovi, prstenovi i sl.



Slika 4.61- Slobodno kovanje otkovaka velikih dimenzija



Slika 4.62- Presa za slobodno kovanje

Masa otkivaka dobijenih ovim postupkom kreće se i do nekoliko desetina tona (npr. turbinsko vratilo mase preko 200 t koje se kuje na hidrauličnoj presi od 75 MN). Kovanje takvog vratila traje 7 sati, zagrevanje (12 puta) 205 sati i transport 7 sati. Transport i okretanje teških otkivaka kod slobodnog kovanja izvodi se pomoću specijalnog manipulatora koji se kreće po šinama (sl.4.61).

Upravljanje manipulatorom može biti spregnuto sa radom hidraulične prese. Na sl.4.62 prikazana je hidraulična presa za slobodno kovanje od 25 MN firme Japan Steel Works, koja proizvodi ovakve tipove presa sa nominalnom silom od 3 do 80 MN za kovanje otkivaka mase od 300 kg do 120 t. Ova firma takođe proizvodi i odgovarajuće manipulatore.

#### 4.2.2.2. HIDRAULIČNE PRESE ZA KOVANJE U KALUPU

Za kovanje u kalupu takođe se mogu koristiti hidraulične prese sa direktnim pumpnim i pumpno-akumulatorskim pogonskim sistemom. Prese za kovanje starije konstrukcije sa nominalnom silom većom od 50 MN građene su sa multiplikatorskim pogonskim sistemom.



Slika 4.63- Hidraulična prese za kovanje Lasco a) tip VPE b) tip VPZ



Slika 4.64-Delovi oblikovani na presama Lasco serije VP



Ove mašine primenjuju se za kovanje u kalupu delova od čelika i od obojenih metala i njihovih legura.

Za kovanje u kalupu kompanija Lasco preporučuje hidraulične prese serije VP (VP/VPA/VPE ) koje se grade sa nominalnom silom od 2,5 MN pa do 50 MN. Zavisno od tehnoloških zahteva ove prese se grade sa direktnim pumpnim ili pumpno-akumulatorskim pogonskim sistemom. Transport priprema i otkovka kod ovih mašina može biti manuelni ili automatizovani (mehanički transporter ili transport pomoću robota).

Zbog izuzetno visoke krutosti noseće strukture prese i dugačkih vođica mašine su vrlo precizne čak i pri ekscentričnom opterećenju. Po potrebi mašine mogu biti opremljene različitim dodatni sistemima, kao na primer, sistemom za brzu zamenu alata, izbacivačima u stolu i pritiskivaču prese, i različitim nivoima sistema upravljanja – obično programabilni elektronsko-hidraulični sistem. Brzina pritiskivača se može menjati (programirati) u skladu sa fazama radnog ciklusa. Ove mašine grade se kao jednopozicione i višepozicione.

#### 4.2.2.2.3. VIŠEPOZICIONE KOVAČKE PRESE

Za izradu složenih otkovaka kovanjem u kalupu primenjuju se višepozicione hidraulične kovačke prese. Pored osnovnih tehničkih zahteva u pogledu sile, hoda i radnog prostora, kod ovih mašina mora biti obezbeđen transport zagrejanog obratka između radnih pozicija. Taj problem različiti proizvođači rešavaju na sledeći način:

- manuelni transport
- transport pomoću specijalnog manipulatora
- upotrebom robota

Način premeštanja obratka između operacija zavisi od veličine serije, a značajno utiče na cenu mašine.



Slika 4.65- Hidraulična presa za kovanje Müller Weingarten tip ZE

Na slici 4.65 je prikazana hidraulična presa Müller Weingarten tip ZE koje se grade sa nominalnom silom do 50 MN. Ovaj tip mašina koristi se kovanje delova od aluminijuma (delovi šasije automobila) kao i za kovanje delova od čelika, na primer, kolenasto vratilo motora, klipnjača, pogonska vratila automobila itd.

Na slici 4.66 je prikazana automatska linija za kovanje sa hidrauličnom presom Müller Weingarten tip ZE kao osnovnom jedinicom za kovanje i robotom za dodavanje priprema.



**Slika 4.66 - Presa ZE u automatskoj liniji za kovanje (Müller Weingarten)**

#### **4.2.2.2.4. HORIZONTALNA PRESA ZA TOPLO ISTISKIVANJE PROFILA**

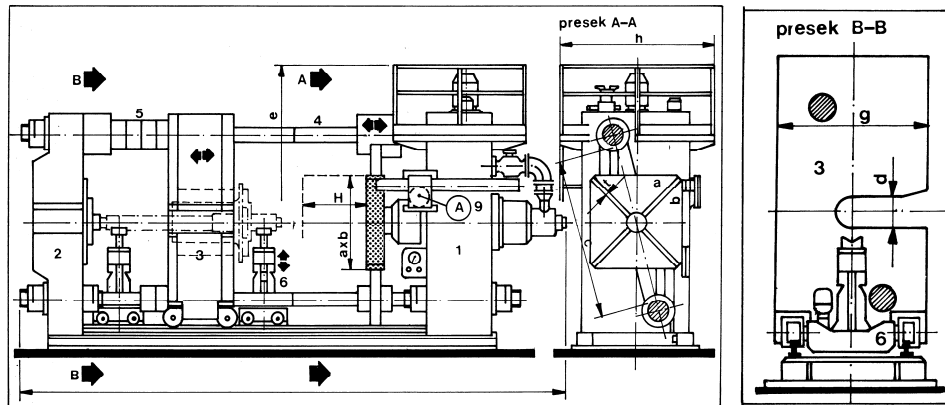
Oblikovanje cevi i profila istiskivanjem u toplom stanju izvodi se na horizontalnim hidrauličnim presama. Osnovna prednost ovih mašina u odnosu na vertikalne prese je manipulacija sa pripremkom i obratkom u horizontalnoj ravni. Položaj ove prese omogućuje lako povezivanje sa drugim presama u liniji.

Na sl. 4.67 prikazana je horizontalna presa kompanije „Lola“ iz Železnika. Nominalna sila ovih mašina se kreće od  $1,6 \div 10$  MN. Brzina pritiskivača u radnom hodu se kreće od  $1,8 - 3,5$  mm/s, a u hodu približavanja i povratnom hodu  $20 - 45$  mm/s.

Osnovni elementi mašine prema slici 4.67 su:

- 1 – prednja traverza sa hidrauličnim cilindrom i pritiskivačem
- 2 – zadnja traverza
- 3 – pokretna traverza sa ili bez pogona
- 4 – ankeri (stubovi)
- 5 – distantni prstenovi koji omogućavaju podešavanje radnog prostora
- 6 – vertikalno podesiv pokretni oslonac

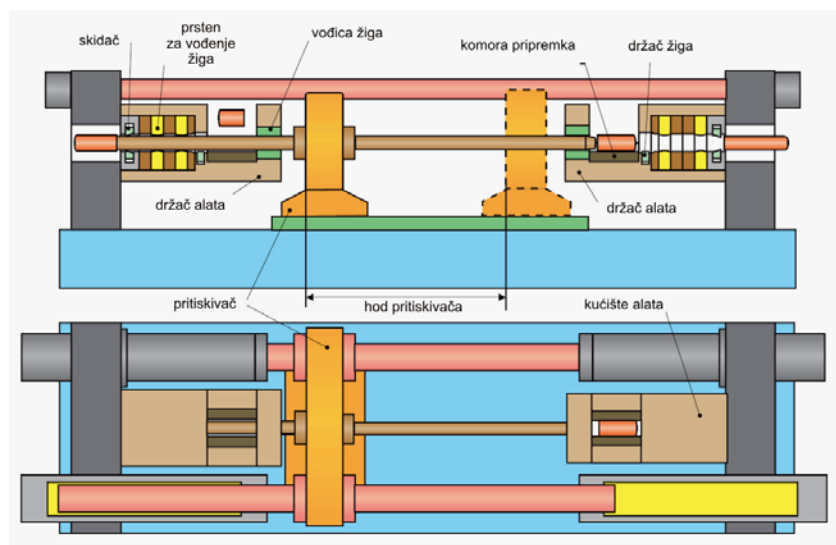
Pri obradi istiskivanjem pripremak se postavlja na oslonac (6) a pomoću žiga, koji je smešten na pritiskivač prese, vrši se oblikovanje profila koji ima značajnu dužinu i prolazi kroz otvor na zadnjoj traverzi.



TIP PRESE ➔ HPDH-1 -			160	200	250	315	400	500	630	800	1000
Sila	F	kN	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000
Brzina približavanja	$V_1$	mm/s	35-45	35-45	25-35	25-35	25-35	25-35	22-32	20-30	20-30
Brzina presovanja	$V_2$	mm/s	3,5	3,5	3	3	3	3	2,8	2,2	1,8
Brzina vraćanja	$V_3$	mm/s	55-70	55-70	40-55	40-55	40-55	35-45	35-45	30-40	30-40
Hod	H	mm	500	630	630	630	800	800	800	1000	1000
Pritiskivač	axb	mm	630	630	800	1000	1250	1250	1250	1600	1600
			x	x	x	x	x	x	x	x	x
Rastojanje između stubova	c	mm	630	630	800	1000	1250	1250	1250	1600	1600
			1050	1050	1050	1500	1750	2000	2100	2450	2500
Otvor u kolicima	d		160	160	200	200	250	250	250	315	315
Visina	e		2550	2550	3000	3250	3700	3700	3850	4300	4500
Dužina	f		4800	5500	6050	6350	6600	6800	7050	7500	8000
Širina stuba	g		1000	1050	1100	1250	1450	1450	1500	1800	1800
Minimalna širina	h		1400	1450	1600	1750	1950	2100	2150	2500	2500
Instalisana snaga	i	kW	7	13	13	13	17	21	24	27	27
T-žleb	t	mm	22	22	22	22	28	28	28	36	36

Slika 4.67- Horizontalna hidraulična presa HPDH-1 „Lola”-Železnik

Na sl.4.68 prikazana je specijalna hidraulična presa horizontalne izvedbe („Schuler”) koja ima jedan pokretni pritiskivač i dva alata – žiga, i dva kompleta matrica koje su smeštene na nepokretnim traverzama (levo i desno). Pritiskivač pokreću dva para hidrocilindara plunžerskog tipa. Na radnim pozicijama naizmenično se odvijaju procesi oblikovanja koji mogu biti identični ili različiti. Ovakav tip horizontalnih presa koristi se za operacije istiskivanja i dubokog izvlačenja u toplom i hladnom stanju.



Slika 4.68- Horizontalna hidraulična presa Schuler

### 4.3. ELEMENTI KONSTRUKCIJE HIDRAULIČNIH PRESA

Projektovanje hidraulične prese je složen zadatak koji zahteva veliko iskustvo u ovoj oblasti kao i dobro poznavanje tehnoloških metoda za koje je mašina namenjena. Generalno, može se reći da koncepciju hidraulične prese, kao i svake druge mašine za obradu deformisanjem, određuje namena mašine, zatim asortiman gotovih komponenti (agregata) na tržištu i proizvodne (tehnološke) mogućnosti proizvođača mašine. Kada je u pitanju namena mašine posebno je značajno imati u vidu vrstu obrade koja će se na mašini izvoditi, jer tehničko – tehnološke osobine mašine upravo zavise od predviđene vrste obrade. Tako na primer, hidraulične prese koje se koriste za zapreminsko deformisanje moraju imati višu krutost zbog velikih sila koje nastaju pri operacijama istiskivanja, kovanja, utiskivanja i dr. Ove mašine po pravilu imaju manji prostor za smeštaj alata a hod pritiskivača zavisi od visine obratka. Nasuprot tome, mašine za oblikovanje delova od lima imaju veći prostor za alat, hodovi pritiskivača su veći, dok su sile u procesu manje pa je potrebna i manja krutost noseće strukture. Performanse pogonskog sistema takođe zavise od vrste tehnološke operacije koja će se na mašini izvoditi. Dok, s jedne strane kod većine operacija obrade deformisanjem postoji zahtev za skraćanjem radnog ciklusa, odnosno ubrzavanjem svih faza rada mašine, na suprot tome kod operacije hladnog utiskivanja postoji zahtev da se proces odvija sa izuzetno malom brzinom (0-0,3 mm/s), što se mora respektovati i pažljivo analizirati za svaku mašinu.

Polazni podaci pri projektovanju hidraulične prese svakako proizlaze iz tehnoloških zahteva operacija koje će se na mašini izvoditi, ali se pri tome mora voditi računa da projektovana mašina mora biti ekonomična, pouzdana u radu, jednostavna za održavanje i ne sme ugrožavati poslužioca niti životnu sredinu.

Kao što je ranije navedeno, strukturu hidraulične prese čini:

- noseća struktura
- pogonski sistem
- izvršni deo
- sistem upravljanja
- sistem podmazivanja i
- pomoćni sistemi.

U nastavku su prikazani detalji pojedinih elemenata konstrukcije hidraulične prese.

#### 4.3.1. NOSEĆA STRUKTURUA

Noseća struktura hidraulične prese određuje opštu fizionomiju mašine i ima sledeće zadatke:

- povezuje sve elemente mašine u jedinstvenu celinu,
- uravnotežuje (poništava) opterećenja iz procesa obrade deformisanjem i drugih izvora (prednaprezanje, gravitacija ...)
- dovodi u sklad kretanje izvršnog dela mašine, tj. kretanje pokretnog dela alata u odnosu na nepokretni deo,
- obezbeđuje potreban radni prostor mašine.

Konstrukciju noseće strukture, kao i celokupnu konstrukciju mašine, kao što je već rečeno određuje namena hidraulične prese i tehničko-tehnološki parametri. Noseća struktura hidraulične prese je slična sa telom krivajnih presa. Razlika postoji zbog razlike u elementima pogonskog sistema krivajnih i hidrauličnih presa.

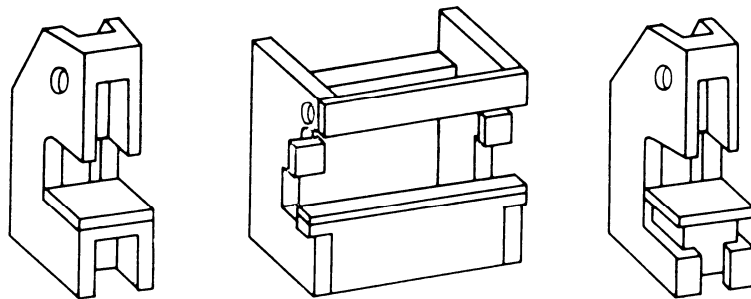
## ***Konstrukcije izvedbe noseće strukture***

Noseća struktura hidraulične prese u osnovnoj izvedbi može biti otvorena i zatvorena.

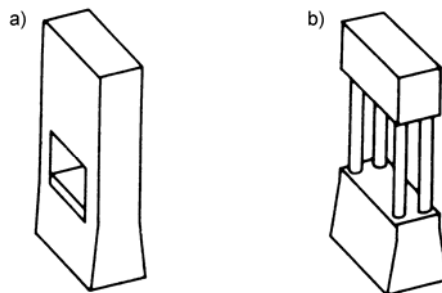
Otvorena noseća struktura (sl. 4.69) obezbeđuje bolji pristup radnom prostoru, lakšu manipulaciju sa materijalom i alatom, ali po pravilu ima nižu krutost i manju tačnost u odnosu na zatvorenu noseću strukturu. Ovakve mašine koriste se za rad sa jednopozicionim alatom a grade sa nominalnom silom do 2,5 MN.

Zatvorena noseća struktura (sl. 4.70) ima višu krutost i smanjene mogućnosti za manipulaciju sa materijalom i alatom. Prese sa silom preko 4 MN po pravilu se grade sa zatvorenim nosećom strukturom. Ovakve mašine imaju dobro vođenje pritiskivača pa se koriste za rad sa velikim jednopozicionim i višepozicionim alatima. Takođe, se ovakve mašine grade i kao višepozicione – transfer prese sa ugrađenim uređajem za transport materijala.

S obzirom na broj stubova, noseća struktura može biti jednostubna i višestubna (dvostubna, četvorostubna ..). Povećanje broja stubova, u principu, povećava krutost mašine.



***Slika 4.69-Otvorena noseća struktura***



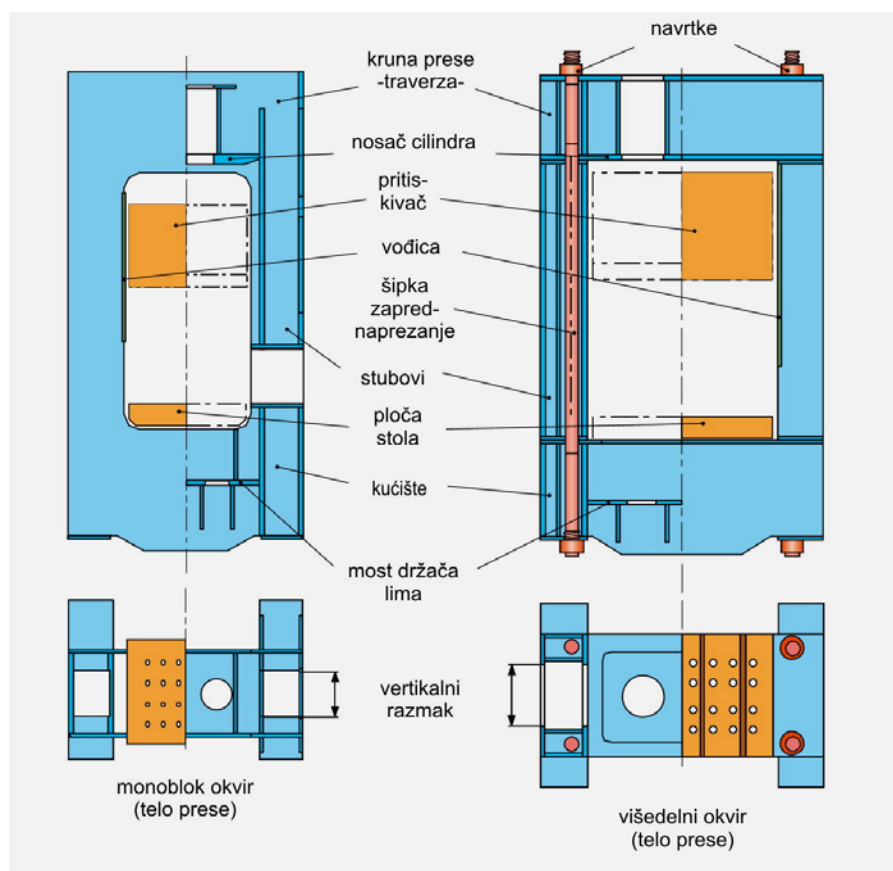
***Slika 4.70- Zatvorena noseća struktura***

Prema položaju noseća struktura može biti vertikalna, horizontalna i nagnuta, što zavisi od tehnološke namene mašine. Većina mašina ima vertikalnu konstrukciju, dok se na primer hidraulične prese za istiskivanje profila isključivo grade sa horizontalnom orijentacijom noseće strukture i radnog cilindra.

Prema načinu gradnje noseća struktura može biti jednodelan (livena) i višedelna koja se izrađuje zavarivanjem ili pomoću zavrtnajske veze. Po pravilu, mašine manjih dimenzija imaju livenu noseću strukturu dok se u slučaju velikih mašina noseća struktura gradi iz delova.

Stubovi noseće strukture mogu biti puni (kružnog preseka) i šuplji – kutijasti, kružnog, kvadratnog i pravougaonog porečnog preseka.

U pogledu opterećenja noseće strukture, ona može biti prednapregnuta (sl. 4.71) ili bez prednaprezanja. Svrha prednaprezanja je povećanje nosivosti noseće strukture.



**Slika 4.71 - Noseća struktura prese:**

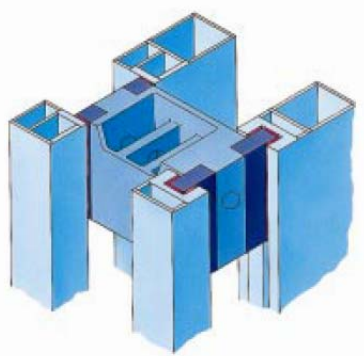
*a) monoblok (jednodelna) b) višedelna prednapregnuta*

Otvorena noseća struktura sastoji se od vertikalnog stuba konzole i stola mašine, a zatvorena noseća struktura se sastoji od stubova i traverzi (gornja i donja traverza). Donja traverza ujedno je i sto mašine.

Osim toga svaka noseća struktura prese ima i pomoćne elemente kao što su: vođice pritiskivača, postolje na koje se postavlja mašina, stope za povezivanje sa fundamentom, elemente za prenošenje mašine (kuka itd.)

Vođice pritiskivača obezbeđuju pravilno kretanje pritiskivača i precizan položaj pokretnog dela alata odnosu na nepokretni. Preko vođica se u slučaju pojave ekscentričnog ukupnog opterećenja, deo opterećenja prenosi na stubove noseće strukture. Povećanjem ekscentriciteta napadne tačke sila povećava se udeo opterećenja koje se preko vođica prenosi na stubove. Primer konstrukcije vođica prese prikazan je na slici 4.72. Vodeći elementi vođica izrađuju se od bronzе a u poslednje vreme i od plastike. Za dug vek vođica veoma je važna efikasnost sistema za podmazivanje. Dobro vođenje omogućuju vođice sa valjčićima koji se kotrljaju po kaljenoj letvi. I kod ove konstrukcije potrebno je obezbediti podmazivanje ležaja (zatvoreni ležajevi) letvi.

Konstrukcija vođica kod presa za toplo oblikovanje mora biti takva da absorbuje promenu dimenzija pritiskivača usled promene temperature.



**Slika 4.72- Vodenje pritiskivača prese**

***Opterećenje noseće strukture***

Opterećenje noseće strukture može biti statičko i dinamičko zavisno od vrste i namene mašine, mada se u većini slučajeva može smatrati da je statičko zbog sporohodosti pritiskivača.

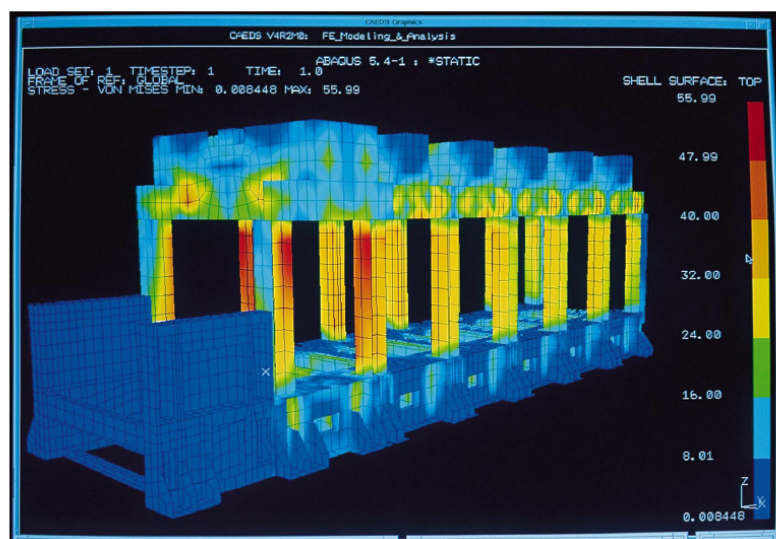
Opterećenje noseće strukture je posledica sila od procesa deformisanja, zatim nastaje od inercijalnih sila, prednaprezanja noseće strukture i usled težine ugrađenih elemenata.

Opterećenje noseće strukture može još biti simetrično (centrično) i ekscentrično. Povećanje ekscentriciteta delovanja ukupne sile izaziva dopunske sile i momente u elementima noseće strukture i povećava ukupno naprezanje. Pri eksploataciji mašine treba težiti centričnom opterećenju što se postiže pravilnim pozicioniranjem alata na mašini.

Opterećenje se na stubove noseće strukture prenosi preko pritiskivača (ili stola prese) i traverzi (gornje i donje). Opterećenje merodavno za proračun noseće strukture je nominalno opterećenje ( $F_n$ ).

***Proračun noseće strukture***

Algoritam proračuna noseće strukture zavisi od vrste opterećenja (statičko ili dinamičko), odnosno uslova rada mašine.



**Slika 4.73-Analiza opterećenja noseće strukture metodom konačnih elemenata, Schuler**

Uobičajeno je da se proračun noseće strukture hidrauličnih presa izvodi za statičke uslove. Pri tome se posebno razmatra slučaj otvorene noseće strukture, kao statički određenog rama i posebno varijanta zatvorene noseće strukture, koja predstavlja statički ne određen ram.

Što se tiče metoda proračuna u literaturi se mogu pronaći metode klasičnog proračuna otvorene i zatvorene noseće strukture, koje praktično prelaze u istorijska rešenja pred metodom konačnih elemenata, koja i u ovom segmentu preuzima vodeću ulogu.

#### 4.3.2. POGONSKI SISTEM HIDRAULIČNIH PRESA

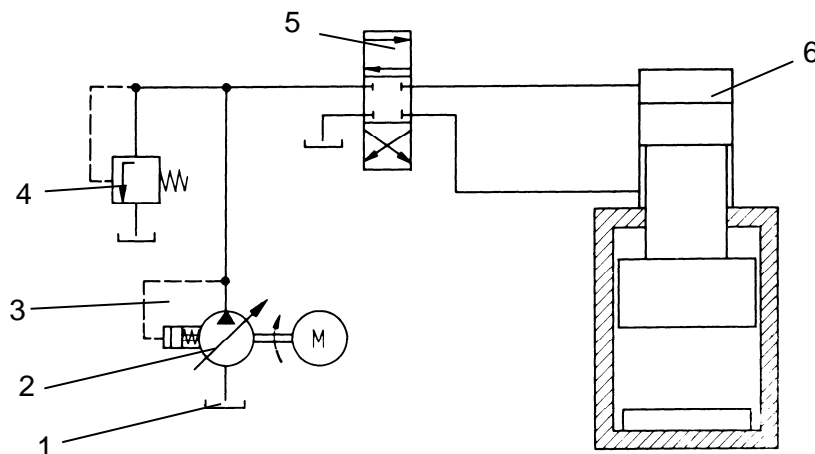
Pogonski sistem savremenih hidrauličnih presa može biti:

- Direktni pumpni
- Pumpno-akumulatorski

Kod presa starijih konstrukcija primenjivan je i multiplikatorski pogonski sistem, koji kod savremenih mašina više nije prisutan.

##### a) Direktni pumpni pogon

Direktni pumpni pogon koristi se kod hidrauličnih presa sa relativno malim silama i dugim radnim hodovima, tj. u procesima kod kojih je odnos radnog vremena ( $t_r$ ) prema ukupnom ciklusu ( $t_c$ ) veći od 0,6. Šema hidraulične prese sa direktnim pumpnim pogonom prikazana je na slici 4.74.



**Slika 4.74- Direktni pumpni pogon**

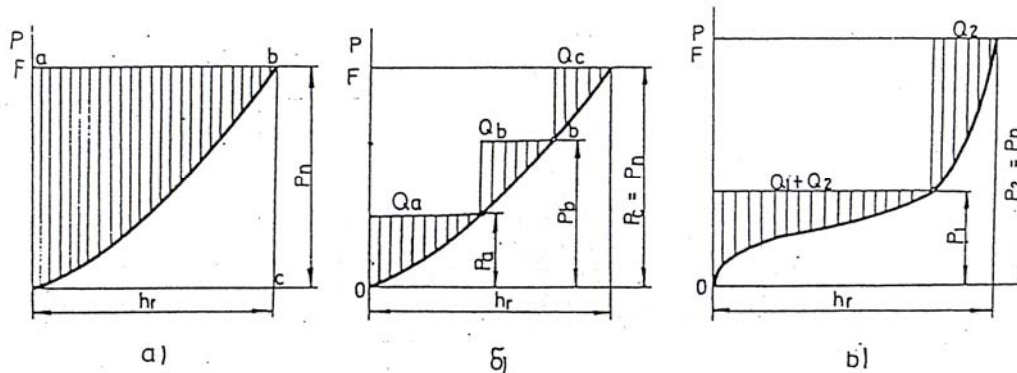
1- Rezervoar, 2-pumpa promenljivog hoda, 3-regulator hoda pumpe, 4- Ventil sigurnosti, 5- Razvodnik 4/3, 6-hidraulična presa

Radna – hidraulična tečnost se usisava iz rezervoara (1) pomoću pumpe (2) i preko razvodnog ventila (5) potiskuje u radni cilindar prese (6). Sila pri kretanju klipa na dole iznosi  $F_1 = p \cdot A_1$ , a u povratnom hodu je  $F_2 = p \cdot A_2$ . Brzina pritiskivača u radnom i povratnom hodu, uz pretpostavku konstantnog protoka tečnosti (Q) iznosi:  $v_1 = Q / A_1$  i  $v_2 = Q / A_2$ . Kako je  $A_1 > A_2$  to je brzina pritiskivača u povratnom hodu veća od brzine u radnom hodu.

Osobina direktnog pumpnog pogona je ta da u svakom trenutku proizvodi pritisak dovoljan da savlada otpore deformisanja i potrebnu količinu energije. Međutim, s obzirom na maksimalne mogućnosti prese u pogledu energije  $W = F_n \cdot S_n$ , sledi da je kod ovog pogona prisutna nedovoljna iskorišćenost instalisane pogonske snage pumpe, odnosno elektromotora.



Da bise to popravilo u pogonskom sistemu se primenjuju pumpe sa promenljivom  $p-Q$  karakteristikom. Snaga pumpe kod ovog pogona približno je jednaka snazi elektromotora, tj.:  $N_p \approx N_{em} = p \cdot Q$ .



**Slika 4.74 b - Dijagram sile i stepena iskorišćenja snage pumpe [8]**

a) Pumpa ima konstantan kapacitet a u toku deformisanja potreban je rad koji odgovara površini ispod krive. Međutim, snaga pumpe se određuje na osnovu maksimalnog pritiska i protoka  $N_{max} = Q \cdot p$ . Pa se vidi da je šrafirani deo rada ne iskorišćen, tj. ne koriste se maksimalne performanse pumpe.

b) Pogonski sistem sa trostepenom pumpom čija nominalna snaga iznosi:

$$N_{pm} = p_a \cdot Q_a = p_b \cdot Q_b = p_c \cdot Q_c = const.$$

$$gde : p_a > p_b > p_c$$

$$Q_a < Q_b < Q_c$$

Pri porastu sile raste i pritisak pa se drugi sklop pumpe uključuje pri pritiscima većim od  $p_a$  uz smanjenje protoka  $Q_b$ , a pri dostizanju pritiska  $p_b$  uključuje se i treći sklop pumpe sas protokom  $Q_c$ . Na taj način se režim rada hidraulične prese sa konstantnom snagom elektromotora približava radu idealne pumpe.

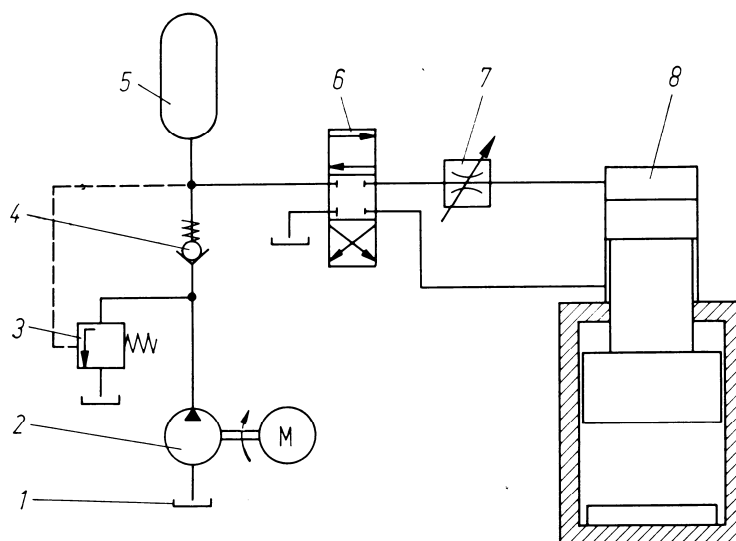
c) Pogonski sistem sa dve pumpe koje pokreće isti elektromotor. Pumpe zadovoljavaju uslov

$$N_{pm} = p_1 \cdot (Q_1 + Q_2) = p_2 \cdot Q_2$$

Do vrednosti pritiska  $p_1$  rade pbe pumpe sa protokom  $(Q_1 + Q_2)$ , a posle toga prva pumpa se isključuje a druga radi sa parametrima  $p_2, Q_2$ .

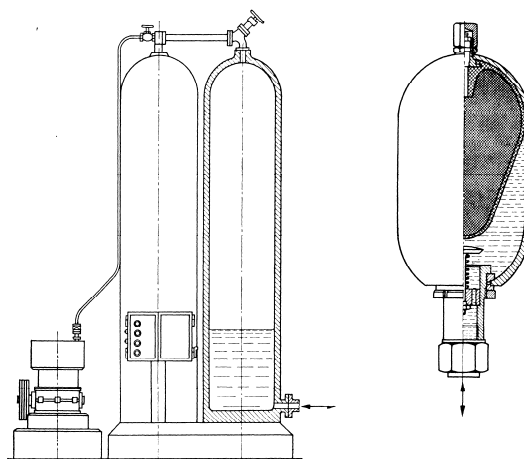
### **b) Pumpno-akumulatorski pogonski sistem**

Kod hidrauličnih presa sa ovom vrstom pogona, akumulator (5) puni se tečnošću pod pritiskom za vreme pauze i praznog hoda, koja se koristi u radnom delu hoda. Maksimalni pritisak u akumulatoru jednak je maksimalnom pritisku pumpe ( $p$ ). Na taj način povećava se ukupna snaga prese koja iznosi:  $N_{max} = p \cdot (Q + Q_A)$ , gde je  $Q_A$  - protok akumulatora. Pri pražnjenju akumulatora snižava se pritisak, a dozvoljeni pad pritiska iznosi 10-20 procenata nominalnog pritiska.



**Slika 4.75- Pumpno-akumulatorski pogonski sistem**

1. Rezervoar, 2. Pumpa sa motorom, 3. Ventil sigurnosti, 4. Nepovratni ventil, 5. Hidraulični akumulator, 6. Razvodnik 4/3, 7. Podesivi ventil protoka, 8. Cilindar prese



**Slika 4.76- Hidraulični akumulator**

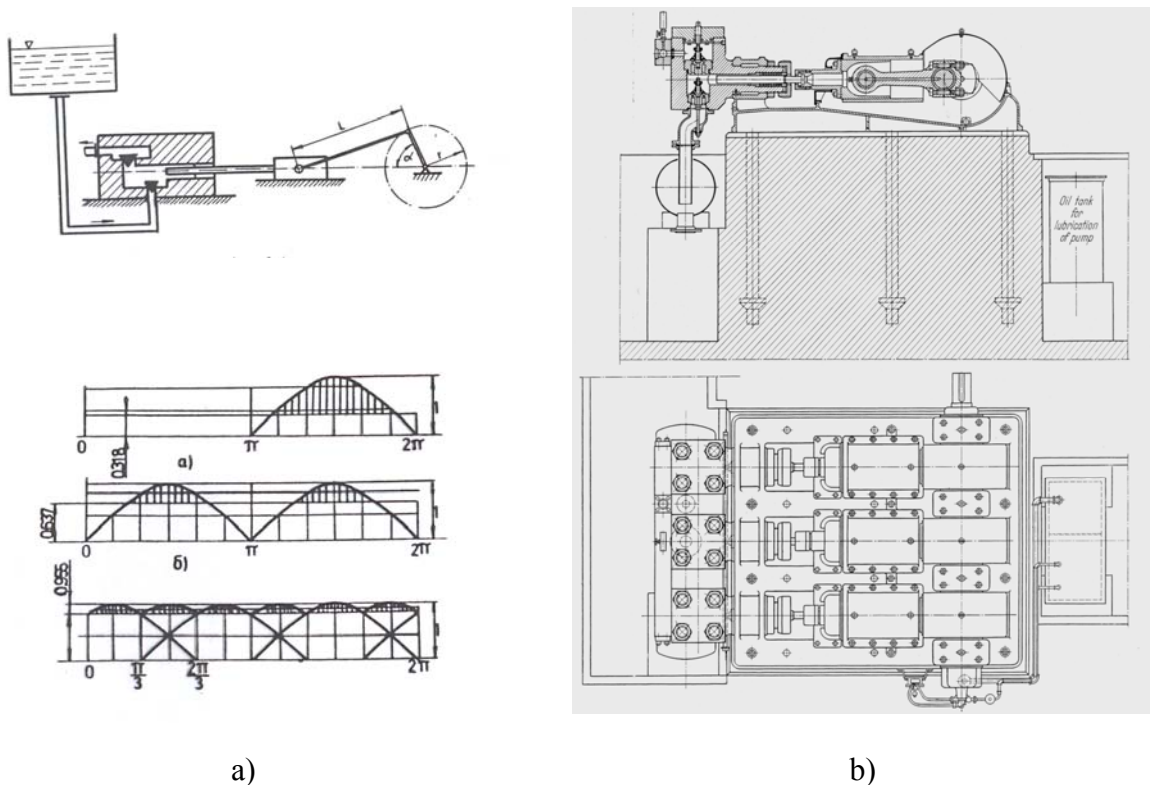
Konstrukcija akumulatora može biti različita, a na slici 4.76 su prikazana dva rešenja. Svaki akumulator se sastoji od dve komore – komora za radnu tečnost i komora za gas pod pritiskom. Ove komore su razdvojene na primer, gumenom membranom.

## ***Pumpe hidrauličnih presa***

Izbor pumpe u pogonskom sistemu hidraulične prese povezan je sa vrstom prese, pritiskom, protokom i vrstom radne tečnosti u hidrauličnom sistemu. U hidrauličnim presama koriste se sledeće vrste pumpe:

- 1) Krivajno-klipne
- 2) Rotaciono-klipne
- 3) Zupčaste i
- 4) Krilne pumpe

Krivajno-klipne pumpe (slika 4.77) primenjuju se za rad sa vodom i emulzijom u velikim hidrauličnim sistemima. Odlikuje ih neravnomernost protoka, koja se smanjuje povećanjem broja cilindara.



a)

b)

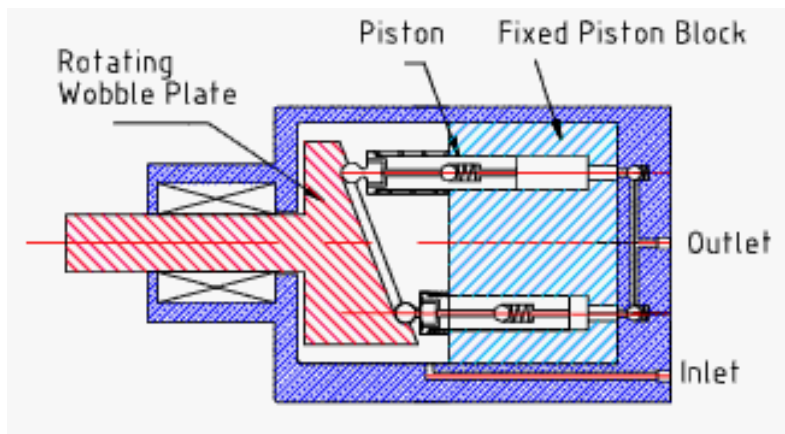
**Slika 4.77- Krivajno-klipna pumpa**

**a) šema pumpe i dijagram neravnomernosti protoka**

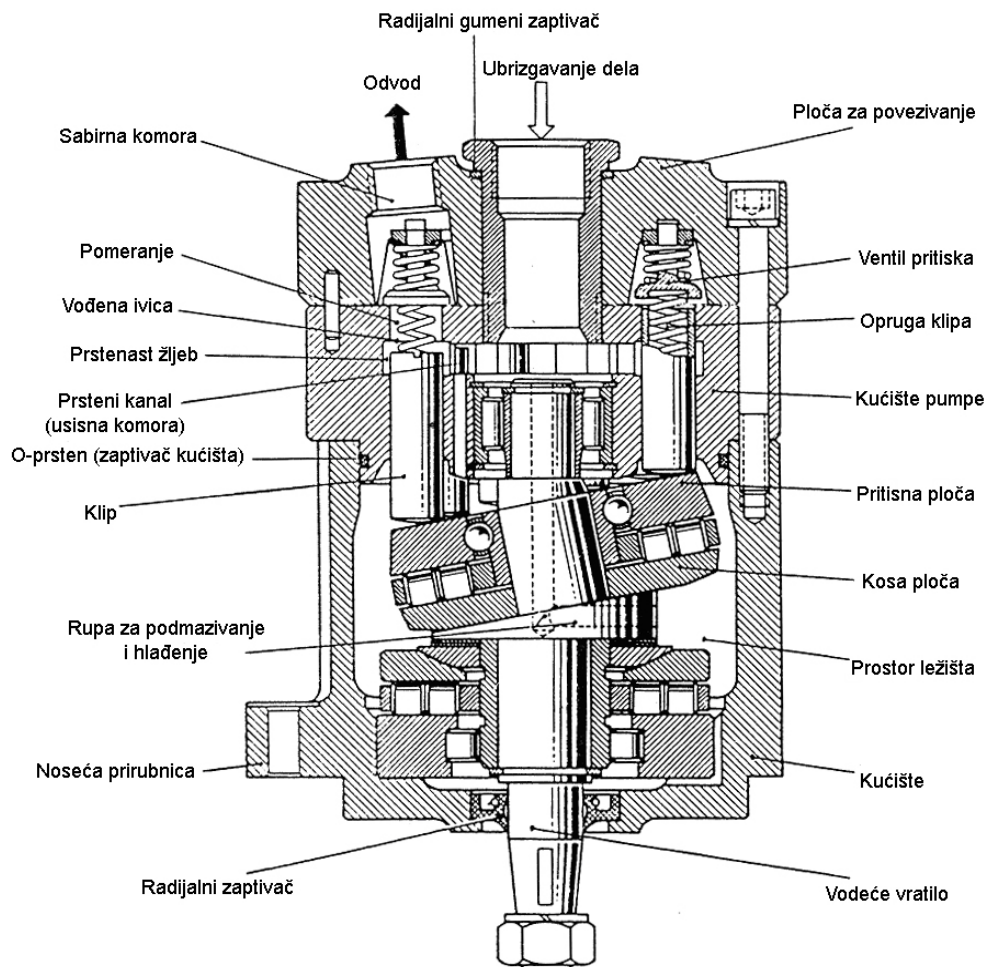
**b) krivajno-klipna trocilindarska pumpa**

***Rotaciono-klipne pumpe*** koriste se u uljnoj hidraulici a mogu biti radijalne i aksijalne. I jedna i druga mogu se graditi sa konstantnim i promenljivim hodom klipa, odnosno sa P-Q regulacijom.

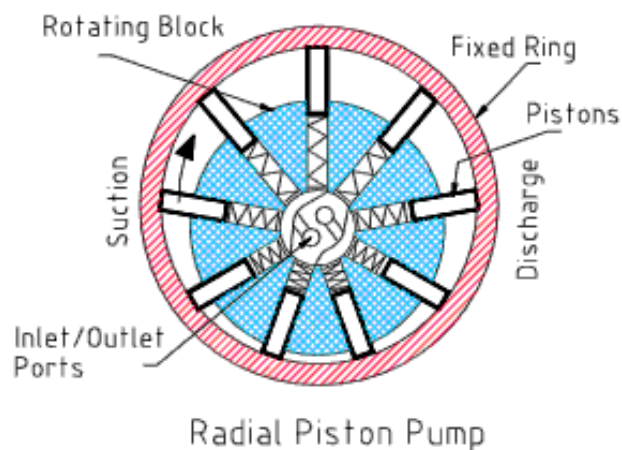
Ove pumpe su veoma kompaktne konstrukcije i pouzdane u radu. Dominiraju u savremenim hidrauličnim sistemima



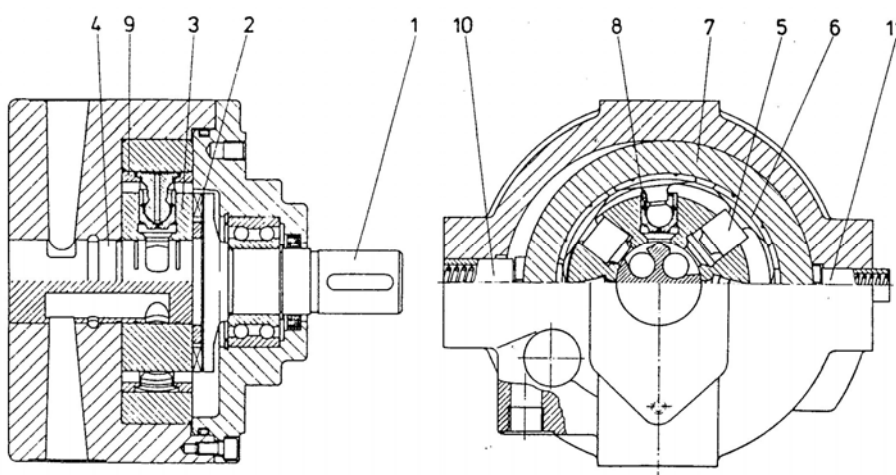
Slika 4.78- Šema aksijalno-klipne pumpe



Slika 4.79- Aksijalna klipna pumpa sa promenljivim hodom



**Slika 4.80- Šema Radijalno-klipne pumpe**

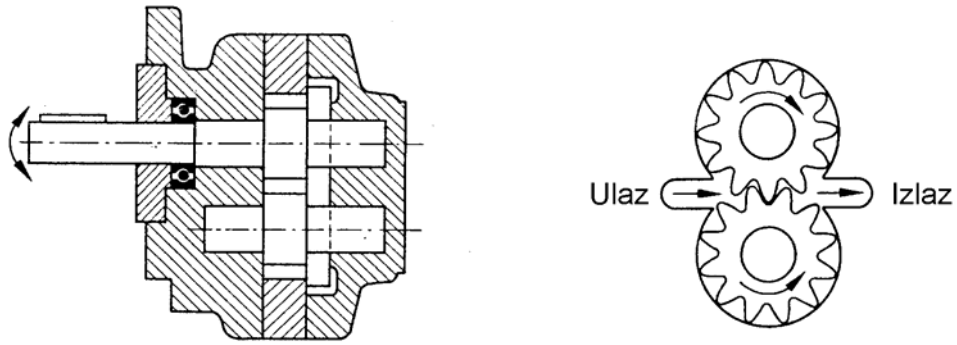


**Slika 4.81- Radijalno-klipna pumpa promenljivog hoda**

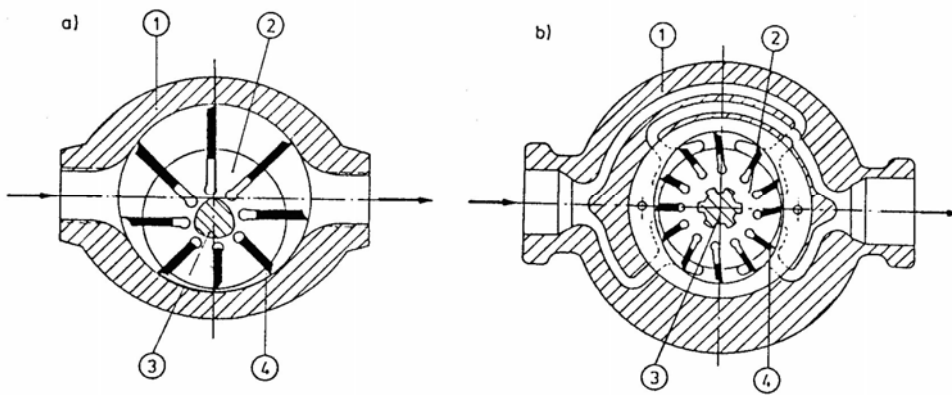
**1: Pogonsko vratilo, 2: Disk spojnice, 3: Nosač klipa, 4: Kontrolna osovinica, 5: Klip  
6: Pritisne vodice, 7: Vodeći prsten, 8,9: Potisni prsteni, 10,11: Podešavajući klipovi**

**Zupčaste pumpe** – su najjednostavnije pumpe i danas najjeftinije pumpe koje se koriste u uljnoj hidraulici. Pouzdane su u radu a koriste se za pritiske od 50 do 70 bara i rade sa brojem obrtaja do 1500 u minutu. Nedostatak im je buka pri radu.

**Krilne pumpe** - odlikuje miran i tih rad. Kod njih je moguća regulacija protoka promenom ekscentriciteta rotora. Rade sa pritiscima do 100 bara. Osetljive su na hidraulični udar koji može dovesti do loma krilaca.



Slika 4.82- Zupčasta pumpa



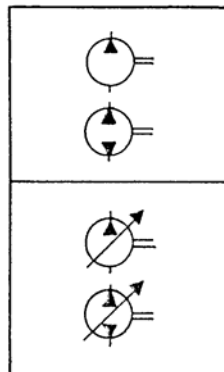
Slika 4.83- Pumpa sa krilcima 1: Kućište, 2: Rotor, 3: Vratilo, 4: Lopatica  
 a: Pumpa se ekscentrično postavljnim rotorom;  
 b: Pumpa sa ovalnim satorom

Pumpe  
 Konstantnog hoda

- 1. izlazni kanal
- 2. izlazni kanali

Pumpa promenljivog hoda

- 1. izlazni kanal
- 2. izlazni kanali



Slika 4.84- Šematski simboli za pumpe konstantnog i promenljivog hoda

### 4.3.3. SISTEM UPRAVLJANJA HIDRAULIČNIH PRESA

Sistemi upravljanja savremenih mašina za obradu deformisanjem bazirani su na informacionim tehnologijama uz odgovarajući hardver i softver. Ovi sistemi su daleko savršeniji od klasičnih sistema upravljanja koji su bazirani na mehaničkim, pneumatskim, hidrauličnim i elektronskim komponentama. Savremeni sistemi upravljanja mehaničkim i hidrauličnim presama, doprineli su stvaranju novih generacija mašina, koje imaju daleko bolje tehničke karakteristike u odnosu na klasične prese. Uvođenje servo pogonskog sistema u kombinaciji sa CNC upravljanjem, omogućuje realizaciju najpovoljnijeg načina kretanja pritiskivača tokom određene obrade. Novi sistemi upravljanja koji su spregnuti sa mnogobrojnim regulacionim krugovima mašine (na primer, održavanje pritiska u hidrauličnom i pneumatskom sistemu, održavanje temperature ulja, održavanje paralelnosti kretanja pritiskivača itd.), takođe su doprineli podizanju kvaliteta presa.

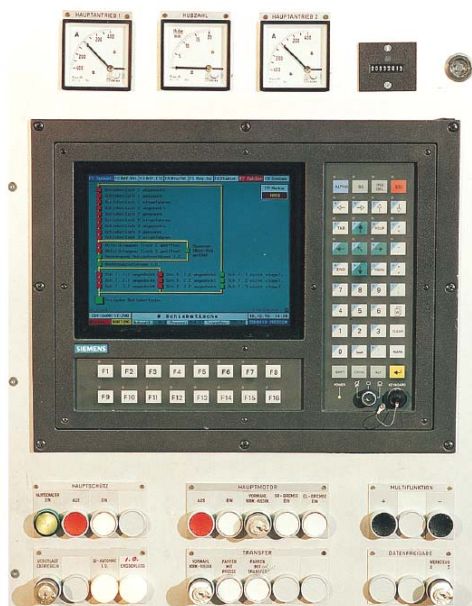
Zahvaljujući primeni informacionih tehnologija kod presa je proširen krug upravljačkih funkcija mašine, koji se kod klasične krivajne prese svodi na upravljanje spojnicom i kočnicom, odnosno, hidrauličnim ventilima kod hidraulične prese. CNC sistem upravljanja, pored upravljanja pogonom mašine, omogućuje upravljanje drugim funkcijama prese, na primer, upravljanje sistemom za dodavanje priprema, sistemom za transport obratka, sistemom za zamenu i stezanje alata, zaštitnim sistemima mašine i operatera itd.

Funkcije sistema upravljana prese su praćenje signala sa kontrolnih elemenata i senzora postavljenih na mašini, njihova obrada i izdavanje komandi aktuatorima [13]. Generisanje komande koja se prenosi na aktuator zavisi od izabranog operativnog moda i zadatih parametara (set-up), zatim od podataka o „automatskoj zameni alata“, „automatskom radu mašine“ i podataka o drugim sistemima koji se prate na mašini.

Sistem upravljanja mašine za obradu deformisanjem čine sledeće komponente:

- Operativno-vizuelni sistem (kontrolna tabla)
- Upravljački sistem (centralni ili decentralizovan)
- Senzori i aktuatori prese

Vizuelizacija procesa predstavlja sofisticirani način praćenja rada mašine, proizvodne linije ili cele fabrike.



Slika 4.85- Kontrolna tabla sa monitorom za vizuelizaciju

Vizuelizacija procesa rada mašine i posluživanje mašine (komandovanje mašinom) izvodi se preko kontrolne table, koja može biti izvedena kao jednostavna jedinica sa tasterima i signalnim lampicama, ili kao industrijski kompjuter sa monitorima visoke rezolucije.

Jedna od glavnih funkcija sistema za upravljane i vizuelizaciju je pomoć operateru pri postavljanju početnih upravljačkih podataka, prikazivanje trenutnog statusa mašine, pružanje informacija o mogućim akcijama na mašini, kao i prikazivanje informacija o eventualnim teškoćama u radu i njihovim uzrocima. Na osnovu informacija prikazanih na monitoru komandno-kontrolnog uređaja, operater donosi odluku o daljem toku rada mašine. Informacioni sistem ugrađen u sistem za vizuelizaciju, omogućuje korisniku intervenisanje na mašini u slučaju nastalih problema.

Zavisno od tipa prese, sistem upravljanja prati i reguliše rad sledećih funkcija, odnosno sistema mašine:

1. Dodavanje materijala
2. Glavni pogonski sistem
3. Pritiskivač prese (kretanje, zaštita od preopterećenja, kompenzacija težine, sistem za vezivanje alata, podešavanje visine itd.)
4. Jastuk za izvlačenje ili držač lima (pomeranje, podizanje/spuštanje, blokiranje)
5. Sistem za transport obratka
6. Hidraulični i pneumatski sistem i sistem za podmazivanje i hlađenje
7. Sistem zaštite mašine
8. Posebne funkcije, zamena alata itd.

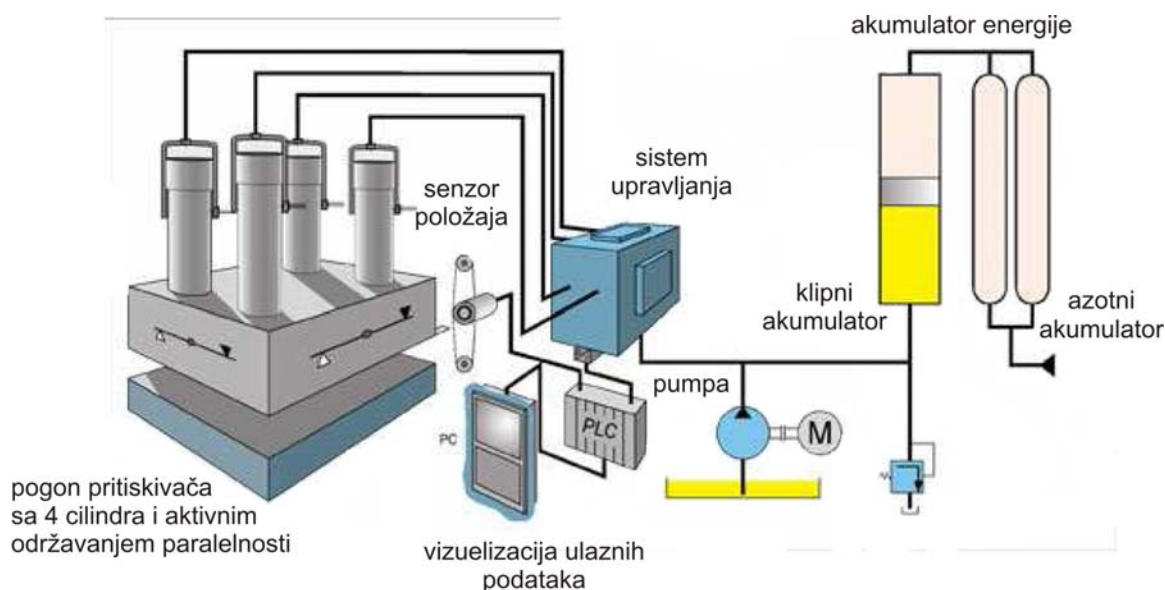
Osnovu sistema upravljanja presa čine programabilno logični kontroleri (PLC) koji su povezani sa senzorima i aktuatorima pomoću input/output modula. Komunikacioni sistem je povezan sa PLCom i obezbeđuje razmenu podataka sa displejom i sa eksternim sistemima. Međutim, ovakvi sistemi upravljanja imaju određene nedostatke, između ostalog komplikovan način programiranja (programski jezik assembler), teškoće u razumevanju programa, zahtevi za skupim dodatnim uređajima i drugo. Radi toga su razvijeni sistemi upravljanja bazirani na industrijskim kompjuterima, koji raspolažu boljim grafičkim interfejsom, naprednijim sistemom programiranja (object oriented programing) i mogu da koriste napredne alate za programiranje. Osim toga, moderni sistemi upravljanja zahtevaju umrežavanje mašina i razmenu podataka relevantnih za upravljanje i podataka o procesu proizvodnje, dijagnostici i održavanju sistema. Sve ove zahteve, praktično ispunjavaju industrijski kompjuteri, koji su po ceni hardvera i softvera pristupačni i koji su postali standard savremenih sistema upravljanja presa i drugih mašina za obradu deformisanjem.

Na platformi industrijskih kompjutera pojedini proizvođači mašina su razvili sopstvene sisteme upravljanja koji uzimaju u obzir specifičnosti mašine i tehnološkog procesa koji se na njoj izvodi. Tako, na primer, Müller Wingarten je za prese namenjene za kovanje, razvio specijalni sistem upravljanja FCS (Forging Control System), za univerzalne prese Beutler Nova razvijen je upravljački sistem CCS (Compact Control System), kompanija Schuler za većinu svojih presa koristi ABI-Plus sistem upravljanja, kompanija Lasco za svoje mašine koristi tzv. decentralizovane upravljačke sisteme „heart“ i „brain“, itd.

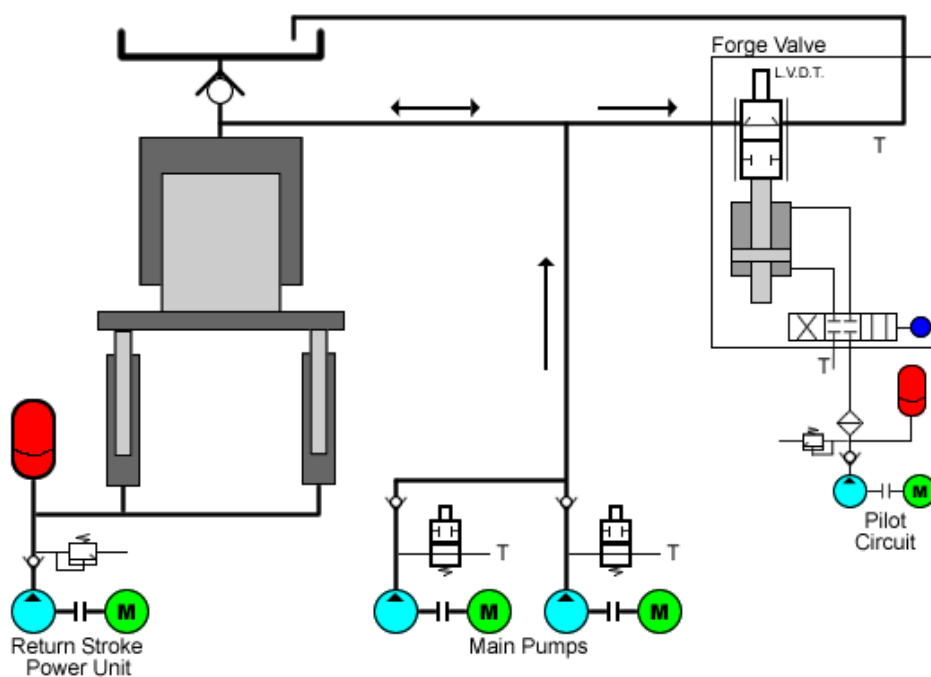
**ŠEMA SISTEMA UPRAVLJANJA SAVREMENE HIDRAULIČNE PRESE PRIKAZANA JE NA SLICI 4.86, ČIJI GLAVNI ELEMENTI SU:**

- Industrijski kompjuter (PC)
- PLC kontroleri
- Senzori
- Aktuatori (Hidraulični upravljački blok)





Slika 4.86- Sistem upravljanja hidraulične prese

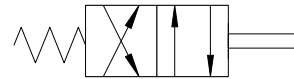


Slika 4.87- Hidraulična šema prese

Izvršavanje komandi upravljačkog sistema kod hidrauličnih presa ostvaruje se usmeravanjem hidraulične tečnosti u određenom pravcu i smeru, zatim regulacijom pritiska i regulacijom protoka. Ove funkcije se ostvaruju pomoću ventila koji mogu biti:

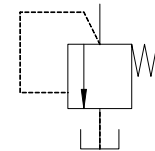
- 1) **Razvodni ventili**, čiji je zadatak usmeravanje tečnosti u određenom smeru
- 2) **Ventili pritiska**, koji regulišu pritisak u hidrauličnoj instalaciji
- 3) **Ventili protoka** koji regulišu protok, odnosno brzinu strujanja hidraulične tečnosti.

Razvodni ventili  
Directional control valves  
Wegeventile



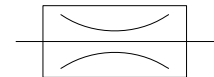
Ventili koji regulišu tok fluida pod pritiskom početak, završetak toka , kao i njegov pravac.

Sigurnosni ventili  
Pressure valve  
Druckbegrenzungsventile



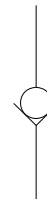
Ventil koji ograničava veličinu pritiska u jednom hidrauličnom sistemu i na taj način deluje kao sigurnosni ventil.

Prigušni ventil  
Flow control valve  
Drosselventile



Ventil koji ima funkciju prigušivanja protoka i pritiska.

Nepovratni ventil  
Reverse flow control valve  
Rückschlagventil



Ovaj ventil dozvoljava protok fluida samo u jednom smeru.

Pregled hidrauličnih komponenti i njihovih simbola dat je u narednoj tabeli.

# Hidraulički simboli

izvod iz JUS L.N1.002 do JUS L.N1.007

<b>LINIJE</b>	
Radni, povratni i usisni vod	
Upravljački vod	
Drenažni vod	
Električni vod	
Savijljiva cev (cevovod)	
Spojevi vodova	
Ukrštanje vodova	
Oduška	
Obrtni spojevi	
<b>PUMPE</b>	
Stalne i promenljive radne zapremine	
<b>MOTORI</b>	
Električni	
Hidraulički: stalne i promenljive radne zapremine	
Hidraulički zakretni	
<b>PUMPA-HIDROMOTOR</b>	
Stalne i promenljive radne zapremine	
<b>CILINDRI</b>	
Jednosmernog dejstva	
Dvosmernog dejstva sa jednostranom klipnjačom	
Dvosmernog dejstva sa prolaznom klipnjačom	
Sa prigušenjem	
Diferencijalni	
Teleskopski jednosmernog dejstva	
Teleskopski dvosmernog dejstva	
<b>UREDAJI ZA PRENOŠENJE ENERGIJE I DOPUNSKI UREDAJI</b>	
Rezervoar povezan s atmosferom i rezervoar pod pritiskom	
Akumulator	
Brzodelujuća spojnica	
Priključak na izvor energije	
Filtar	
Manometar i kontaktni manometar	
Termometar i kontaktni termometar	

Pritisni prekidač	
Merač zapreminskog protoka	
Vizuelni pokazivač nivoa tečnosti	
Merni davači	
<b>NAČINI AKTIVIRANJA</b>	
Tasterom (dugmetom)	
Polugom	
Pedalom	
Pipkom	
Oprugom	
Točkimcem	
Električno: elektromagnetom i elektromotorom	
Pritiskom: direktno i indirektno	
Zaustavljač	
<b>VENTILI ZA UPRAVLJANJE I REGULISANJE ENERGIJE</b>	
Razvodni ventil 2/2 (2 otvora, 2 položaja)	
Razvodni ventil 3/2	
Razvodni ventil 4/2	
Razvodni ventil 4/3	
Razvodni ventil sa prigušivanjem	
Nepovratni ventil	
Blokirajući ventili	
Nepovratno-prigušni ventil	
Naizmenični ventil	
Ventil za ograničenje pritiska	
Proporcionalni ventil za ograničenje pritiska	
Redosledni ventil	
Regulator pritiska	
Prigušni ventili	
Regulatori protoka: sa stalnim i promenljivim protokom	
Raspedeljivač protoka	
Slavina	

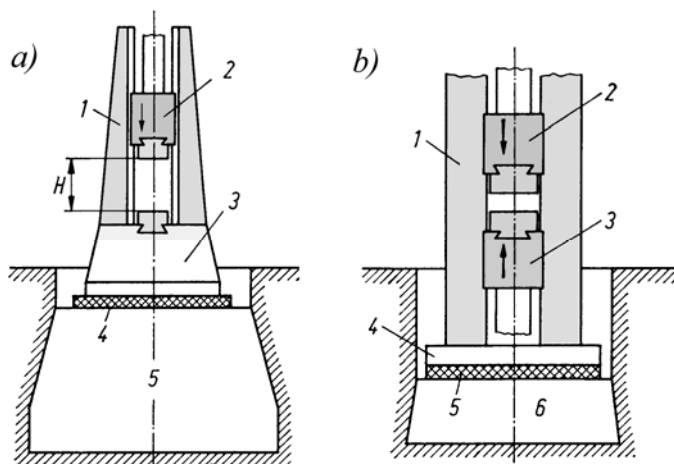
## 5. ČEKIĆI

### 5.1 UVOD, PRINCIP RADA I PODELA

Čekići su mašine dinamičkog dejstva, u kojih se kinetička energija pokretne mase (malja) pretvara u rad potreban za izvođenje procesa deformisanja - kovanja.

Podela čekića zasnovana je prema različitim kriterijumima. Prema osnovnim konstrukcionim karakteristikama čekići se dele na

1. čekići s nakovnjem (slika 5.1a)
2. čekići bez nakovnja – protivudarni čekići (slika 5.1b)



Slika 5.1 – Osnovne vrste čekića  
a) čekić s nakovnjem, b) čekić bez nakovnja

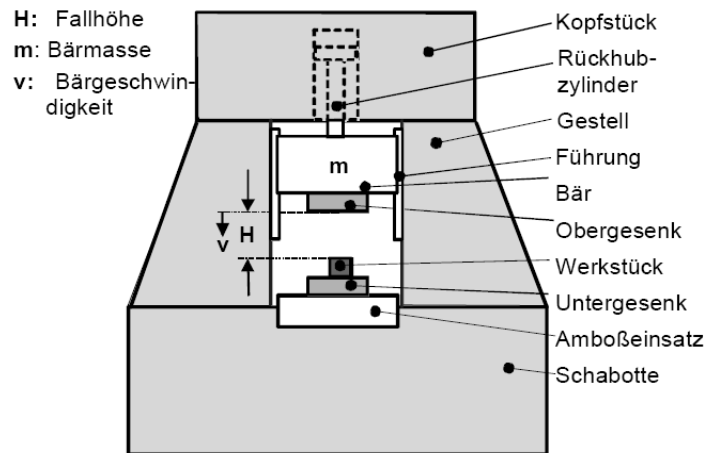
	Fallhammer	Oberdruckhammer	Gegenschlaghammer
Max. Fallhöhe [m]	2	1,3	-
Bärbeschleunigung a [m/s]	$a < g$	$a > g$	$a > g$
Auftreffgeschwindigkeit [m/s]	ca. 5	6	8–14
Max. Arbeitsvermögen [kNm]	100	200	1000

Slika 5.2 - Vrste čekića - način pokretanja malja


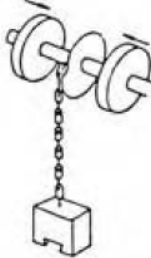

S obzirom na način ubrzavanja malja postoje:

1. **Slobodnepadajući čekići** (slika 5.3) kod kojih raspoloživu energiju ( $W_r$ ) predstavlja potencijalna energija ( $E_p$ ) koja se pretvara u kinetičku, odnosno deformacioni rad:

$$W_r = E_p = m g H$$

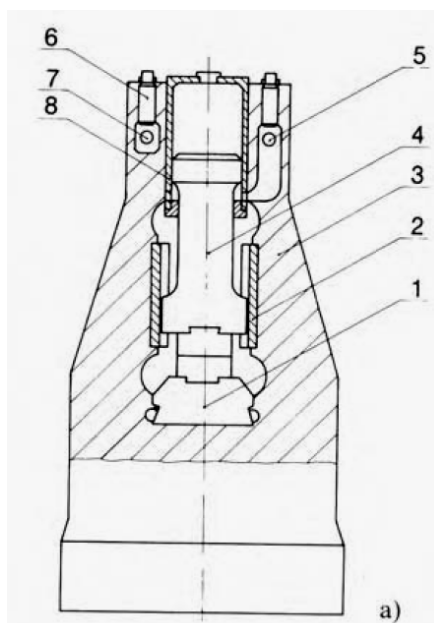


**Slika 5.3 - Šema slobodnepadajućeg čekića**

Drop hammers			
Coupling belt	with chain	with hydraulics	
			
Belt	Chain	Piston rod	

**Slika 5.4 - Sistem podizanja malja slobodnepadajućeg čekića**

2. **Čekići dvojnog dejstva** (čekići sa nadpritiskom, tj. s prinudnim ubrzavanjem malja) kod kojih se postižu veće brzine malja u trenutku kovanja, što se ostvaruje dejstvom aktivne sile koju obezbeđuju, zavisno od pogonskog sistema čekića, parovazdušni cilindar, hidraulični cilindar, opruga itd.



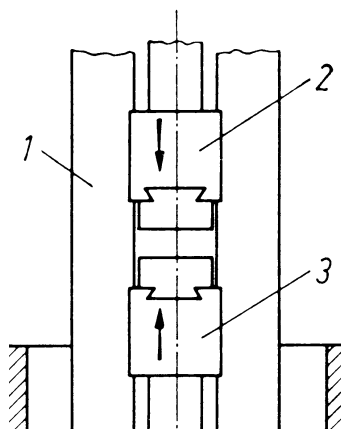
**Slika 5.5 - Šema čekića dvojnog dejstva**  
**1-sto čekića, 2-vođice malja, 3-telo čekića, 4-malj, 5-ulazni ventil, 6- ventil, 7-izlazni ventil, 8- radni cilindar sa klipom i klipnjačom**

U ovom slučaju kinetička energija predstavlja raspoloživu energiju mašine:

$$W_r = E_k = \frac{mv^2}{2} = (p_1 \cdot A_1 - p_2 \cdot A_2) H$$

3. **Protivudarni čekići** (slika 5.6), kod kojih raspoloživa energija iznosi

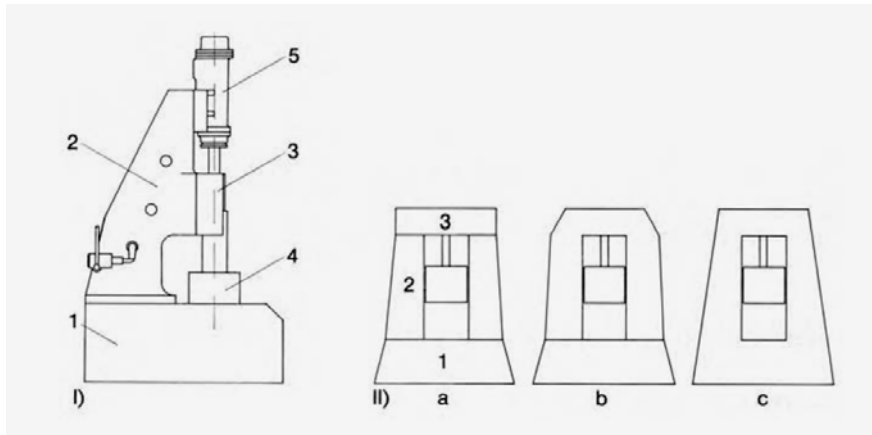
$$W_r = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2}$$



**Slika 5.6 - Šema protivudarnog čekića**

**Noseća struktura čekića (slika 5.7) može biti:**

1. otvorena noseća – jednostubna Slika 5.7 I)
2. zatvorena – dvostubna, koja može biti
  - višedelna (slika 5.7 II)
  - sa stubovima i traverzom iz jednog dela (slika 5.7 II-b)
  - jednodelna - stubovi nakovanj i traverza u jednom bloku (slika 5.7 II-c)



Slika 5.7 - Noseća struktura čekića: I) otvorena, II) zatvorena

*S obzirom na vrstu pogonskog sistema, čekići mogu biti*

1. parovazdušni
2. vazdušni
3. mehanički (čekić s remenom, čekić s lancem, čekić s daskom, poluzni čekići)
4. hidraulični

Početak u razvoju čekića kao mašina za kovanje povezan je s razvojem slobodnopadajućih čekića u kojih se potencijalna energija pretvara u mehanički rad. Podizanje malja kod ovih čekića na potrebnu visinu vrši se pomoću različitih mehanizama (slika 5.4), kao na primer, pomoću mehanizma s daskom, s remenom, s lancem itd. Ovi čekići imaju manju raspoloživu energiju u odnosu na čekiće s prinudnim ubrzanjem malja.

**Od klasičnih čekića koji se danas primenjuju u većini kovačnica najvažniji su parovazdušni čekići, vazdušni i hidraulični čekići. Značajnu primenu, zbog svoje efikasnosti, imaju i protivudarni čekići.**

#### Tehničke karakteristike čekića

Čekići se biraju na osnovu podataka dobijenih projektovanjem tehnološkog postupka kovanja. Osnovne tehničke karakteristike čekića:

1. nominalna (raspoloživa) energija
2. masa malja
3. broj hodova malja u jedinici vremena
4. maksimalni hod malja
5. površina čela malja
6. površina stola
7. nominalni pritisak radnog fluida
8. časovna potrošnja radnog fluida (kod parovazdušnog čekića)
9. masa nakovnja
10. gabariti čekića
11. ukupna masa čekića

## 5.2. PAROVAZDUŠNI ČEKIĆ

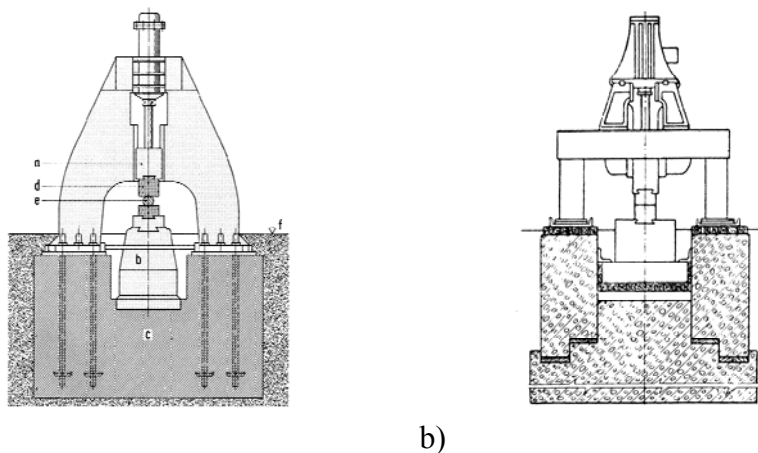
Paro-vazdušni čekići koriste se za kovanje u kalupu najsloženijih otkovaka, a takođe i za slobodno kovanje. Za sada raspolžu sa najvećom korisnom (nominalnom) energijom ( do 1000kJ) i velikim brojem hodova u jedinici vremena. Dele se na:

- čekiće za slobodno kovanje
- čekiće za kovanje u kalupu
- protivudarne

U pogledu noseće strukture, parovazdušni čekići se dele na vertikalne i horizontalne, jednostubne, dvostubne, arkadnog (lučnog) i mostovskog tipa. Radni cilindar ovih čekića može biti prostog dejstva (slobodnopadajući čekići) i dvojnog dejstva.

### 5.2.1. Čekići za slobodno kovanje

Ovi čekići se koriste za oblikovanje slobodnim kovanjem velikih delova. Na slici 5.8 su prikazane dve varijante čekića za slobodno kovanje. Pokretna masa ovih čekića se kreće do 10 tona. Raspoloživa energija čekića lučnog tipa se kreće od 25 do 80 kJ, a mostovskih od 80 do 1180 kJ. Kod ovi čekića stubovi noseće strukture su oslonjeni na temelj i nisu povezani sa nakovnjem, pa zbog toga ove mašine imaju manju krutost i manju tačnost. Vođenje malja obezbeđeno je pomoću klipa i cilindra ili sa vođicama na stubovima noseće strukture.



Slika 5.8 - Čekići za slobodno kovanje  
a) čekić lučnog tipa, b) čekić mostovskog tipa.

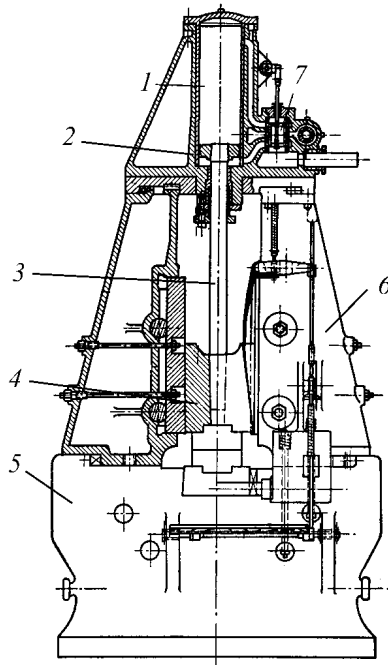


Slika 5.9 - Čekić za slobodno kovanje



## 5.2.2. Čekići za kovanje u kalupu

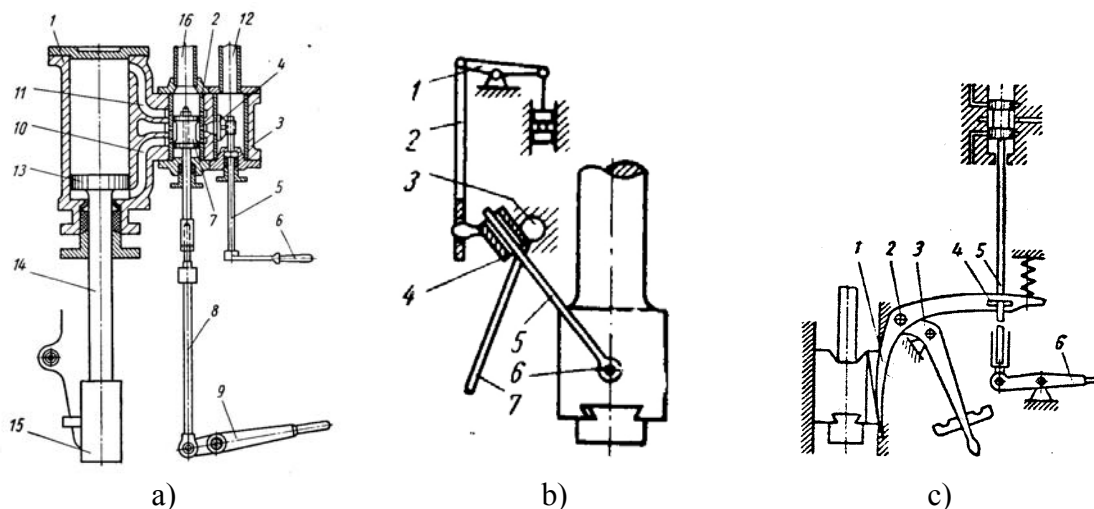
Ovi čekići se koriste za kovanje u otvorenom kalupu. Stubovi noseće strukture su spojeni sa nakovnjem, što obezbeđuje bolju krutost i tačnost mašine. Radi ublažavanja uticaja udara pri radu čekića, elementi čekića su međusobno spojeni zavrtanjskim vezama u kojima su integrisane opruge.



Slika 5.10 - Parovazdušni čekić dvojnog dejstva za kovanje u kalupu

Uobičajene konstrukcije ovih čekića se grade sa pokretnom masom od 630 do 25.000 kg, ali postoje i čekići sa pokretnom masom od 50 tona pa i više. Raspoloživa energija ovih čekića se kreće u rasponu od 16 do 630 kJ, hod malja od 1000 do 1600mm, masa nakovnja od 12,5 do 500 tona (GOST 7024-65)

Parovazdušni čekić (slika 5.10) ) sastoji se iz radnog cilindra (1), klipa (2), klipnjače (3), malja (4), nakovnja (5), noseće strukture (6) i razvodnog mehanizma (7)



Slika 5.11 - Upravljački mehanizam parovazdušnog čekića

a) manuelno upravljanje, b) automatsko upravljanje, c) kombinovano upravljanje

Ovaj čekić kao radni fluid može da koristi vodenu paru ili vazduh pod pritiskom. Pri radu sa vodenom parom veća je raspoloživa (efektivna) energija, dok je pri radu sa vazduhom veći koeficijent korisnog dejstva mašine.



**Slika 5.12 - Parovazdušni čekić Huta Zygmunt MPM 3150B, Poljska (1985)  
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**

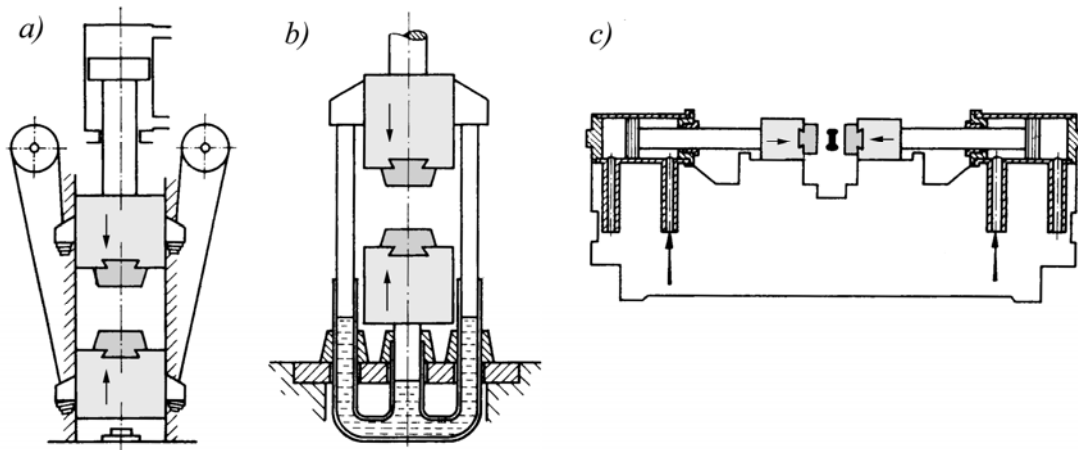
Uvođenje radnog fluida u radni cilindar s donje odnosno s gornje strane izvodi se pomoću razvodnika. Dovođenjem radnog fluida s donje strane klipa podiže se malj, a dovođenjem fluida u gornji deo cilindra ubrzava se malj nadole. Zbog velike mase malja i njegove velike brzine, ostvaruje se velika raspoloživa energija, koja se preko kalupa prenosi na otkivak. Zbog udarnog dejstva malja postižu se ogromne sile (procenjena vrednost oko 1000  $G_1$ ,  $G_1$  - težina malja), pa se po pravilu parovazdušni čekići koriste za kovanje najkomplikovanijih otkivaka.

Masa nakovnja je bitan parametar parovazdušnog čekića i od nje zavisi stepen korisnog dejstva mašine. Odnos mase nakovnja ( $m_2$ ) prema pokretnoj masi ( $m_1$ ) kod ovih čekića kreće se u rasponu od 20 do 25. Kod čekića za slobodno kovanje taj odnos je od 10 do 15.

### 5.2.3. Protivudarni paro-vazdušni čekići

Protivudarni čekići su u osnovi parovazdušni čekići. Pokretanje maljeva ovih čekića može biti zavisno (povezano) ili nezavisno. Kod čekića s međusobno povezanim maljevima, prenos pogona na donji malj može biti mehanički (sl. 5.13a) i hidraulični (sl. 5.13b). Kod čekića s mehaničkim prenosom, paket čeličnih traka prebačenih preko rolni pokazao se efikasnim i pouzdanim u radu. Parovazdušni čekići ove vrste proizvodili su se sa efektivnom energijom do 500kJ. Kod čekića sa hidrauličnim prenosom, pokretanje donjeg malja ostvaruje se pomoću središnjeg klipa na koji deluje tečnost pod pritiskom koji se stvara dejstvom spoljašnjih klipova što su povezani s gornjim maljem. Nominalna energija ovih čekića kreće se od 200 do 1000kJ.

Čekići s nezavisnim pogonom (sl. 5.13c) ostvaruju visoke vrednosti raspoložive energije i veliki broj hodova u jedinici vremena. Zajednička karakteristika svih protivudarnih čekića je što se kod njih udarno opterećenje ne prenosi na tlo pa su i njihovi fundamenti mnogo manje mase i jednostavnije konstrukcije.



**Slika 5.13 – Protivudarni parovazdušni čekići**  
**a) s mehaničkim prenosom kretanja, b) s hidrauličnim prenosom,**  
**c) čekić s nezavisnim pogonom –impaktor čekić**

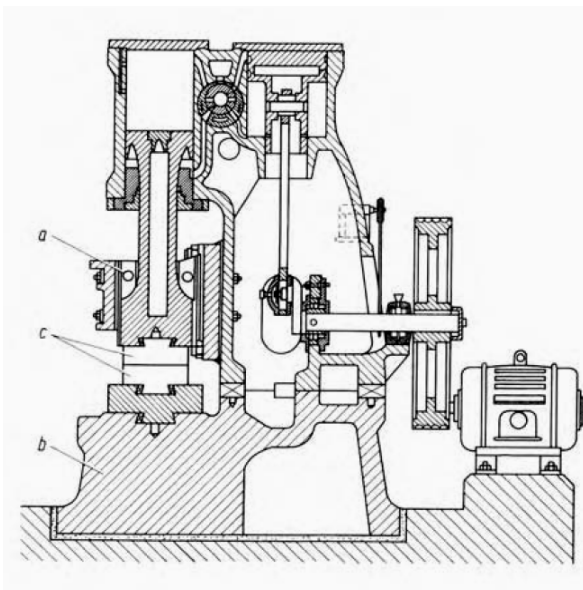
Na slici 5.15 je prikazan protivudarni čekić sa pneumatskim pogonom gornjeg malja i hidrauličnim prenosom kretanja na donji malj koji danas proizvodi kompanija Beche. Robusna noseća struktura čekića i dugačke vođice i CNC sistem upravljanja, obezbeđuju visoku tačnost otkivaka. Protivudarni čekić Beche (slika 5.14) gradi se sa raspoloživom energijom od 63 do 800kJ.



**Slika 5.14 - Protivudarni vazdušni čekić Beche**

### **5.3. VAZDUŠNI ČEKIĆI**

Pneumatski čekići imaju manju raspoloživu energiju u poređenju s parovazdušnim. Koriste se uglavnom za operacije slobodnog kovanja, a mogu se koristiti i za kovanje u kalupu manjih i jednostavnijih otkovaka. Grade se s masom malja od 100 do 3000 kg.



**Slika 5.15 - Pneumatski čekić dvojnog dejstva**  
 a) vođice malja, b) telo čekića,  
 b) c) kalupi za kovanje



**Slika 5.16 - Izgled pneumatskog čekića**

Pokretanje malja kod pneumatskog čekića izvodi se vazduhom pod pritiskom iz kompresora koji predstavlja sastavni deo čekića (sl. 5.15). Pri kretanju klipa kompresora nadole vrši se podizanje malja, a pri pokretanju klipa kompresora nagore, ubrzava se malj nadole. Broj hodova malja odgovara broju hodova klipa kompresora u jedinici vremena. Ranije su se pneumatski čekići gradili i kao slobodnopadajući.

#### 5.4. HIDRAULIČNI ČEKIĆI

Hidraulični čekići grade se kao slobodnopadajući i kao čekići dvojnog dejstva. Po performansama polako se približavaju parovazdušnim čekićima, međutim po stepenu korisnog dejstva oni su ispred ostalih čekića. Kod parovazdušnog čekića stepen korisnog dejstva kreće se i od 0,1 do 0,3, dok kod hidrauličnog čekića iznosi i do 0,75.

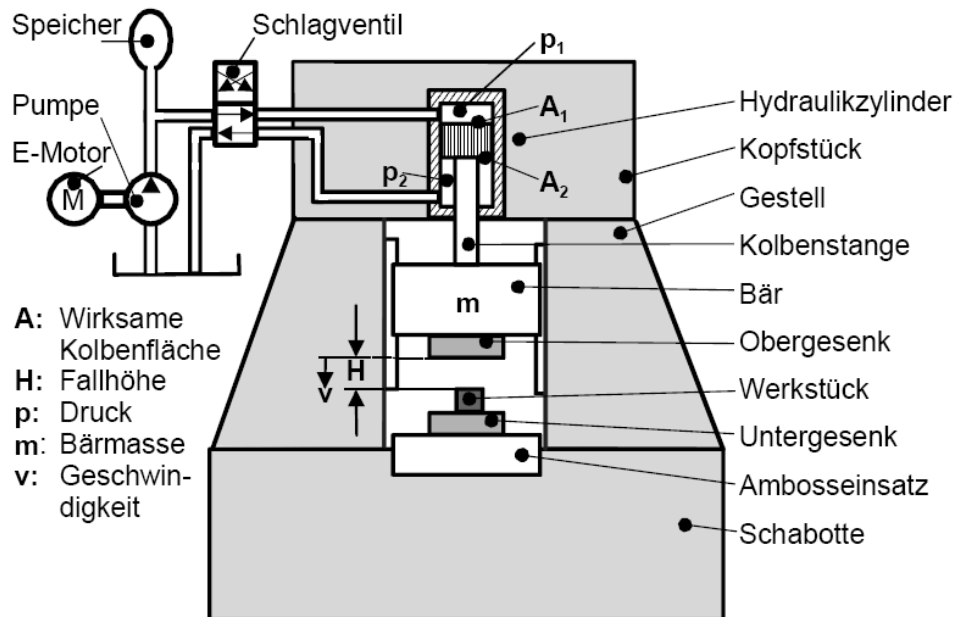
Hidraulični čekići koriste se za kovanje u kalupu, a podizanje i ubrzavanje malja obavlja se pomoću hidrocilindra i odgovarajućeg agregata. Osnovni problem ovih čekića jeste problem brzog pražnjenja radnog cilindra s donje strane klipa pri kretanju malja nadole. Određena poboljšanja su postignuta primenom specijalnih ventila.

Hidraulični čekići s obzirom na način dejstva mogu biti:

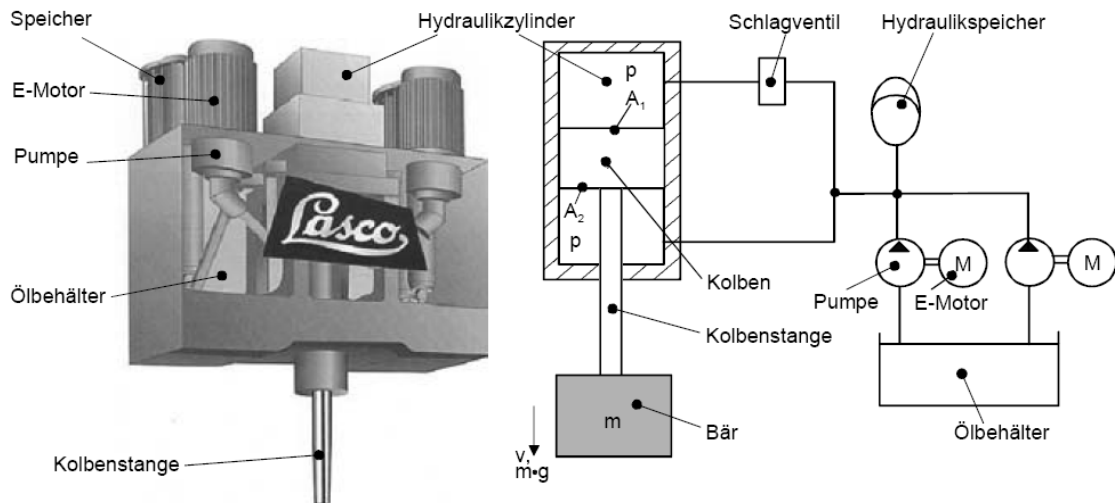
- slobodnopadajući (starije verzije)
- dvojnog dejstva
- protivudarni.

Konstrukciona šema hidrauličnog čekića dvojnog dejstva prikazana je na slici 5.17. Pogon se ostvaruje pomoću pumpno-akumulatorkog pogonskog sistema. U radnom hodu pokretanje malja na dole izvodi se pomoću hidraulične tečnosti iz akumulatora i obeju pumpi. U

povratnom hodu potrebna je manja količina tečnosti pod nižim pritiskom. Pumpe pogonskog sistema su klipno-aksijalne.

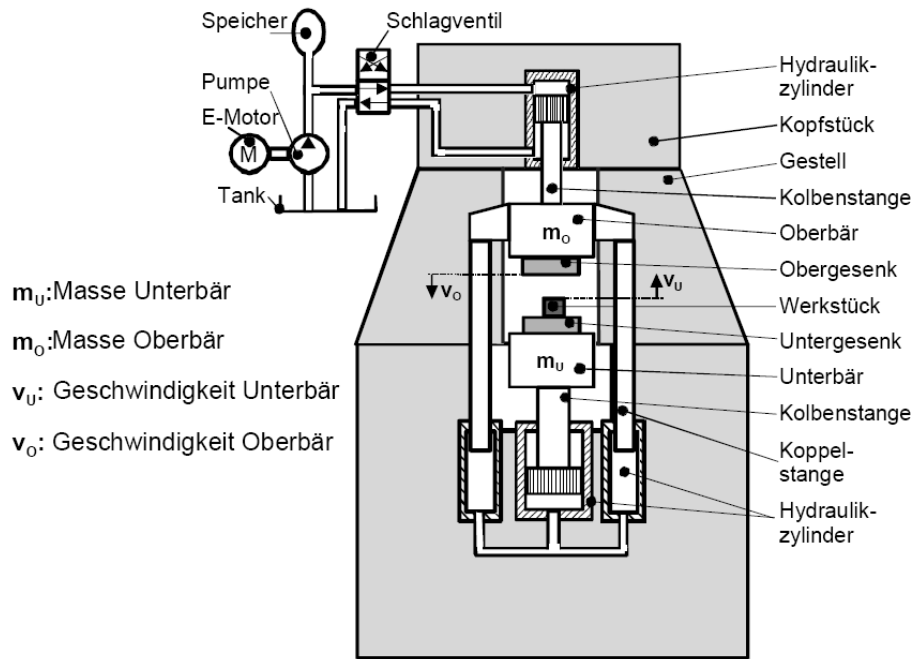


Slika 5.17 - Hidraulični čekić dvojnog dejstva



Slika 5.18 - Pogonski sistem hidrauličnog čekića dvojnog dejstva

Šema hidrauličnog protivudarnog čekića sa hidrauličnim prenosom kretanja na donji malj (Lasco) pitkazana je na slici 5.19. Pogon gornjeg malja je sličan pogonu hidrauličnog čekića dvojnog dejstva.



**Slika 5.19 - Hidraulični protivudarni čekić**

Na slici 5.20 je prikazan hidraulični čekić Lasco serija HO-U, koji se gradi sa raspoloživom energijom od 10 do 125 kJ, i ostvaruje od 110 do 75 hodova u minutu. Snaga pogonskih elektromotora kreće se od 30 do 2x132 kW. Ovaj čekić se koristi za kovanje u otvorenom kalupu.



**Slika 5.20 - Hidraulični čekić Lasco HO-U**

Protivudarni hidraulični čekići predstavljaju noviju verziju čekića sa hidrauličnim pogonom, koji imaju znatno veću raspoloživu energiju u odnosu na hidraulične čekiće dvojnog dejstva. Na slici 5.22 je prikazan protivudarni hidraulični čekić Lasco tip GH, koji se gradi sa raspoloživom energijom od 63 do 400 kJ, maksimalnim hodom gornjeg malja od 430 do 550 mm i maksimalnim hodom donjeg malja od 100 do 150 mm. Čekić pokreću elektromotori snage od 2x45 do 2x145 kW. Masa donjeg malja je od 4 do 5 puta veća u odnosu na masu gornjeg malja, brzina gornjeg malja je oko 6m/s a donjeg od 1,2 do 1,5 m/s. Donji malj leži na vazdušnom jastuku a pogon dobija od dva plunžera koji su povezani sa gornjim maljem.



Slika 5.21 – Kontrolna tabla Lasco čekića

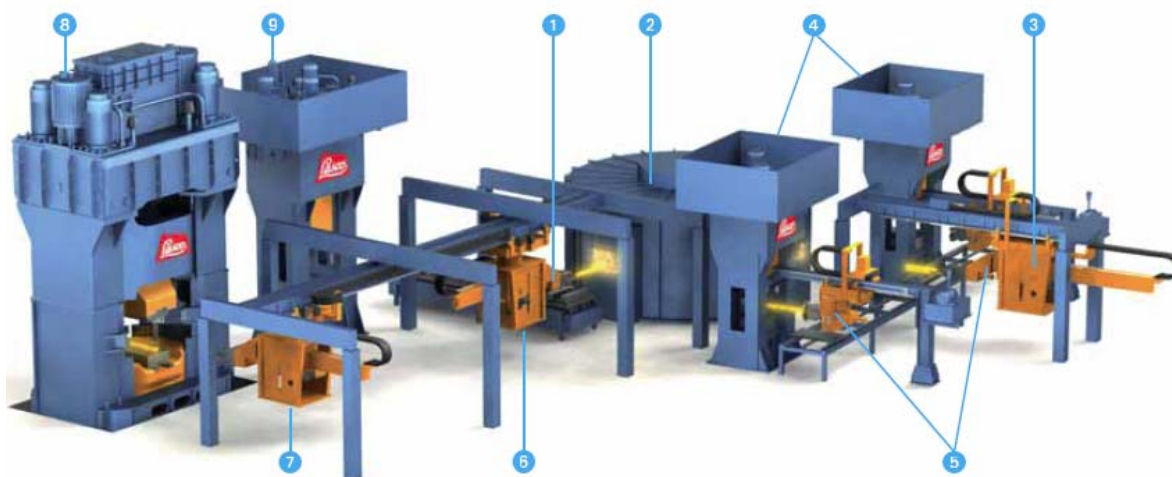


Slika 5.22 - Protivudarni hidraulični čekić, Lasco GH 2500



**Slika 5.23 - Otkivci oblikovani na hidruličnim čekićima Lasco**

Upravljanje hidruličnim čekićima Lasco je CNC a posluživanje može biti manuelno, sa CNC manipulatorom i pomoću robota. Na slici 5.24 je prikazana automatska linija za kovanje prednje osovine kamiona.



**Slika 5.24 - Savremena automatska linija Lasco za kovanje prednje osovine kamiona:**  
*1-dodavač pripremljena, 2-rotaciona gasna peć, 3-manipulator za dodavanje zagrejanog pripremljena iz peći do prese, 4-Hidrulična presa VPA 250, 5-manipulator Ma 100, 6-manipulator I, 7-manipulator II, 8-protivudarni hidrulični čekić GH 4000 (400kJ), 9-hidrulična presa VP 1600 (16000kN)*

## 5.5. MEHANIČKI ČEKIĆI

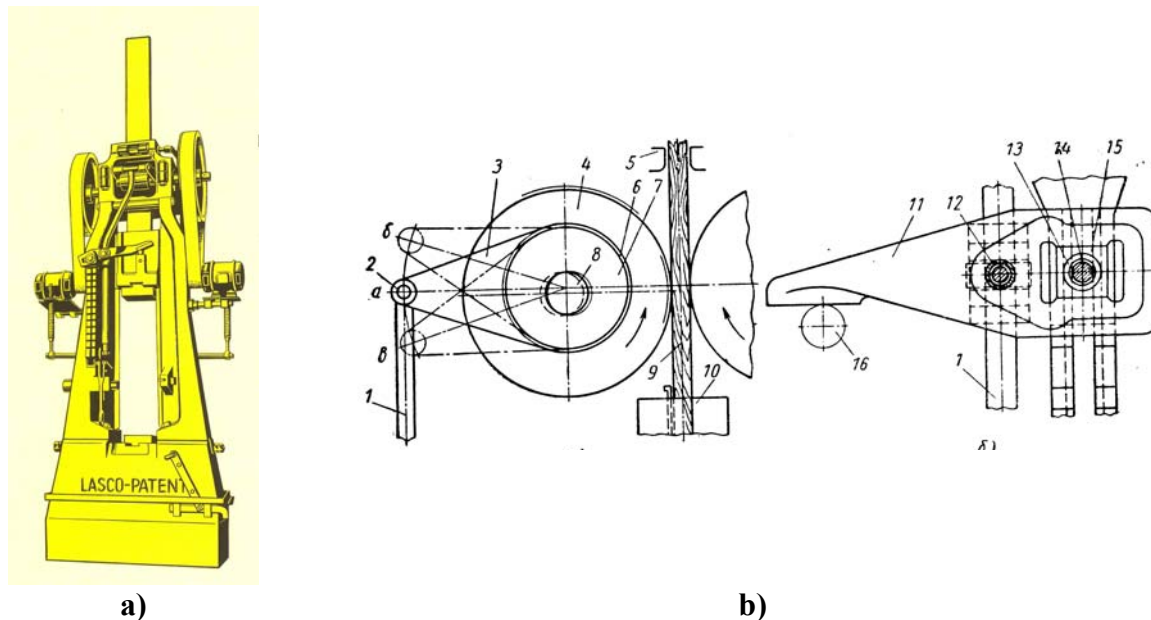
Mehanički čekići spadaju u najstarije mašine za kovanje i pretežno pripadaju grupi slobodno padajućih čekića, sa izuzetkom čekića sa oprugom koji pripada čekićima dvojnog dejstva. Najznačajniji tipovi mehaničkih čekića su:

- a) čekić sa daskom
- b) čekić sa kaišem
- c) čekić sa lancem
- d) čekić sa oprugom



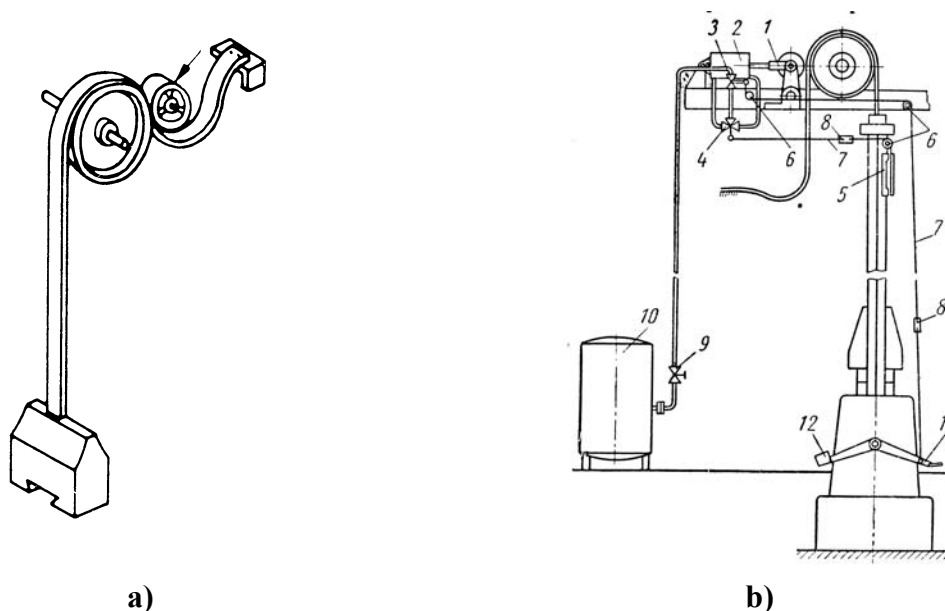
**Čekić sa daskom** – spada u kategoriju slobodnopadajućih čekića, kod kojih se malj mase  $m_1$  podiže u krajnji gornji položaj pomoću daske i valjaka. Masa malja se kreće od 500 do 2500kg. Najosetljiviji deo pogonskog sistema je upravo daska čiji radni vek je oko 50 radnih sati.

Efektivna energija čekića jednaka je:  $W_n = E_k = E_p = m_1 \cdot g \cdot H$



Slika 5.25 - Čekić sa daskom: a) dispozicija, b) mehanizam za podizanje malja

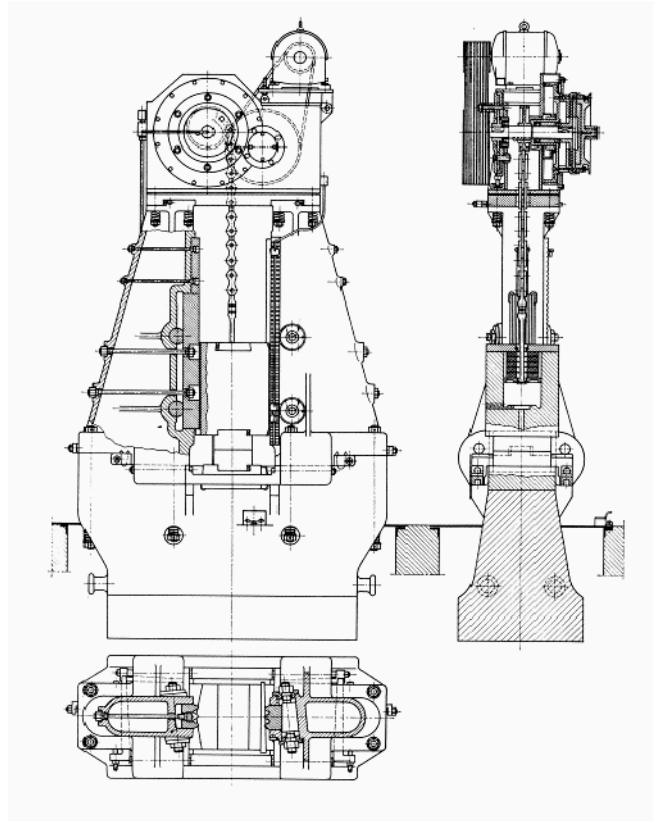
**Čekić sa kaišem** – takođe je slobodno padajući čekić kod kojeg se podizanje malja ostvaruje silom trenja između kaiša i valjaka. Masa malja je od 150 do 2000 kg



Slika 5.26 - Čekić sa kaišem  
a) šema mehanizma za podizanje malja, b) dispozicija čekića

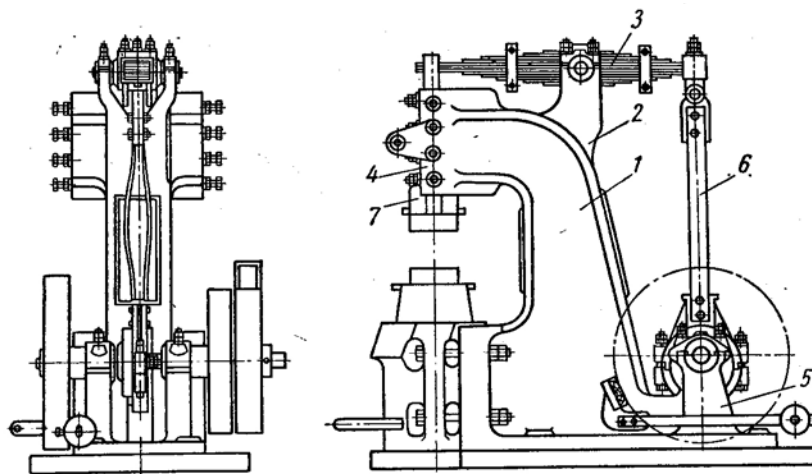
**Čekić sa lancem** – takođe je slobodnopadajući u kojeg se podizanje malja ostvaruje pomoću lanca koji je sigurniji u odnosu na kaiš ili dasku. Masa malja se kreće od 250 do 7500 kg, a

nominalna energija od 2,5 do 100 kJ. Broj hodova se kreće od 45-55 (od 80-100). Nosivost lanca je (3,5-4) G<sub>1</sub>.



Slika 5.27 - Čekić sa lancem

**Čekić sa oprugom** - je mašina za kovanje dvojnog dejstva. Pokretanje malja izvodi se pomoću paketa lisnatih opruga i krivajnog mehanizma (slika 5.28). Pri podizanju malja ka gornjoj mrtvoj tački usled inercije pokretne mase opruga se savija i akumulira energiju koju predaje pri kretanju malja na dole.



Slika 5.28 - Čekić sa oprugom

Ukupna energija čekića sa oprugom sastoji se iz tri komponente:

$$W_n = W_1 + W_2 + W_3$$

$W_1$ - kinetička energija krutog polužnog sistema

$W_2$ - potencijalna energija malja podignutog na određenu visinu

$W_3$ -potencijalna energija opruge

Masa malja ovog čekića se kreće od 20 do 200 kg a broj hodova od 125 do 300 /min. Čekić sa oprugom koristi se za otkivanje oštrice poljoprivrednih mašina (raonik pluga, klinovi drljače i sl.) i ručnih alata. Veoma su pouzdani u radu.

## 6. FUNDAMENTI

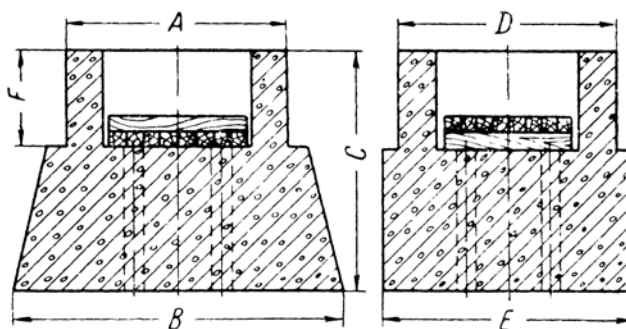
Fundament čekića predstavlja osnovu na koju se postavlja čekić i nakovanj. Pri radu čekića fundament prima jaka udarna opterećenja što izaziva njegovo pomeranje i vibracije. Od konstrukcije fundamenta u mnogome zavisi pravilan rad čekića a takođe i nivo buke u pogonu.

Fundamenti mogu biti **potporni** koji su namenjeni za statička i slaba dinamička opterećenja i **udarni fundamenti** koji su namenjeni za prijem jakih udarnih i dinamičkih opterećenja. Udarni fundamenti se dele na **fundamenti krute konstrukcije i vibroizolovane**.

**Potporni fundament** – predstavlja armirani betonski blok za koji se učvršćuje čekić. Koristi se kod *protivudarnih čekića* (čekići sa pokretnim nakovnjem) gde nema jakih udara i vibracija. Na samom fundamentu su uliveni ankeri za vezivanje čekića. Ako grunt (zemlja) nije kvalitetna fundament se osigurava čeličnim šipkama koje se pobijaju u zemlju.

### Udarni fundamenti

Udarni fundamenti se primenjuju za prijem udarnih opterećenja kod svih čekića sa nakovnjem. Izrađuju se ili kao jednodelni, gde se zajedno sa čekićem postavlja i nakovanj ili kao višedelni. Udarni fundament je armirani betonski blok određene mase i površine oslanjanja. Gradi se kao jednodelni i višedelni. Ako u pogonu postoji više čekića fundamenti mogu biti objedinjeni i međusobno spojeni u linijsku konfiguraciju. Nakovanj čekića postavlja se na drveni jastuk ili jastuk od gume kako bi se ublažilo udarno opterećenje.



Slika 5.29 - Udarni fundament - kruti

**Površina stope fundamenta** prema Ziminu određuje se prema izrazu:

$$F_f = a_f \cdot m_1$$

$a_f = (0,33-1,33)$  m<sup>2</sup>/kN mase malja za čekiće za kovanje u kalupu dvojnog dejstva

$a_f = (0,25-0,9)$  m<sup>2</sup>/kN mase malja za čekiće za kovanje u kalupu prostog dejstva

$a_f = (0,3-1,1)$  m<sup>2</sup>/kN mase malja za čekiće za kovanje u kalupu dvojnog dejstva

$a_f = (0,2-0,75)$  m<sup>2</sup>/kN mase malja za čekiće za kovanje u kalupu prostog dejstva

**Masa fundamenta određuje se prema izrazu:**

$$M_f = k_f \cdot m_1$$

$k_f = 48$  – za čekiće za kovanje u kalupu dvojnog dejstva

$k_f = 34$  – za čekiće za kovanje u kalupu prostog dejstva

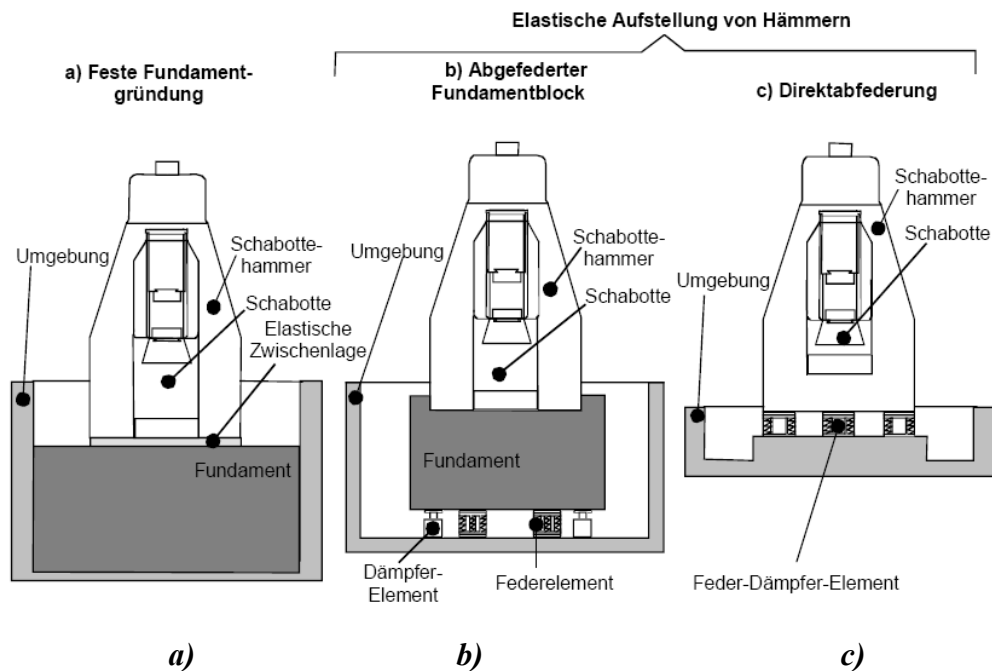
$k_f = 33$  – za čekiće za slobodno kovanje dvojnog dejstva

$k_f = 25$  – za čekiće za slobodno kovanje prostog dejstva

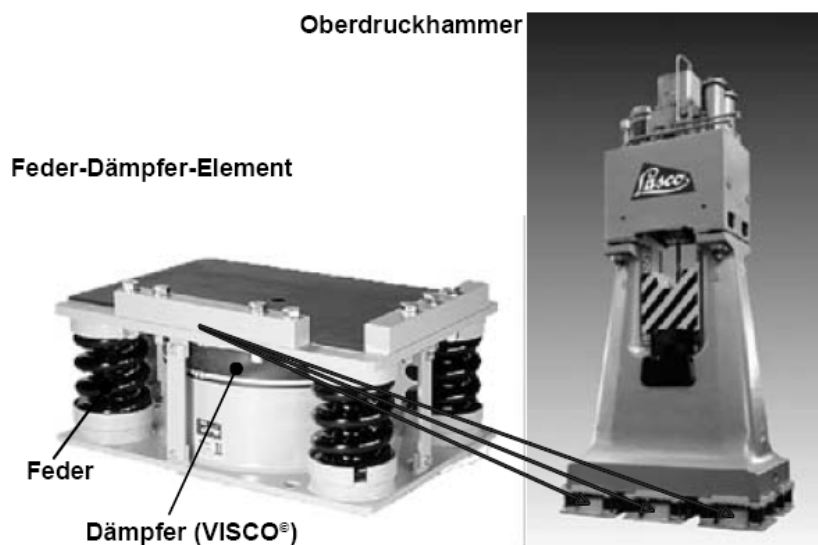
### Vibroizolovani fundamenti

Primenjuju se kod čekića dvojnog dejstva i u stanju su da priguše udarna opterećenja i vibracije. Starija konstrukcija vibroizolovanog fundamenta se sastojala od betonskog bloka i amortizera.

Novije – aktuelne konstrukcije vibroizolovanih fundamenata i absorbera udara prikazane su na slici 5.30 i 5.31.



**Slika 5.30 -Vrste fundamenata čekića i absorbera udara**  
**a) kruti fundament, b) vibroizolovani fundament, c) čekić postavljen na prigušivače**



Slika 5.31 - Čekić postavljen direktno na elastično-viskozni amortizer

## 7. LITERATURA

1. Lange K.: *Handbook of Metal Forming*, McGraw-Hill, Inc., ISBN 0-07-036285-8, 1985.
2. Altan T., Ngaile G., Schen G.: *Forging - Fundamentals and Applications*, ASM International, Materials Park, Ohio, 2005.
3. Mäkelt H.: *Die Mechanischen Pressen*, Carl Hanser, Verlag München, 1961.
4. Oehler G.: *Die Hydraulischen Pressen*, Carl Hanser, Verlag München, 1962.
5. Müller E.: *Hydraulische Pressen*, Springer - Verlag, Berlin/Göttingen/Heidelberg, 1959.
6. Müller E.: *Hydraulic Forging Pressees*, Springer - Verlag, Berlin/ Heidelberg, 1968.
7. Spur G., Stöferle T.: *Handbuch der Fertigungstechnik, Umformen*, Band 2/1, ISBN 3-446-12533-7, Carl Hanser Verlag München, Wien, 1983.
8. Spur G., Stöferle T.: *Handbuch der Fertigungstechnik, Umformen*, Band 2/2, ISBN 3-446-13805-6, Carl Hanser Verlag München, Wien, 1984.
9. Spur G., Stöferle T.: *Handbuch der Fertigungstechnik, Umformen und Zerteilen*, Band 2/3, ISBN 3-446-13947-8, Carl Hanser Verlag München, Wien, 1985.
10. Schuler: *Metal forming handbook*, CD Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, 1998.
11. Gube G.: *Schmiedehämmer, Berechnung und Konstruktion*, VEB Verlag Technik, Berlin, 1960.
12. Tschaetsch H.: *Metal Forming Practice – Processes – Machines – Tools*, ISBN-10 3-540-33216-6, Springer, Berlin, 2005.
13. Müller – Weingarten: *Form Follows Technology – Products and Technology*, CD 1, 2007.
14. Müller – Weingarten: *Form Follows Technology – Products and Technology*, CD 2, 2007.

15. Бочаров Ю. А. и Матвеев И. В.: *Машины и оборудование Кузнечно-штамповочного производства*, Машиностроение, Энциклопедия, Том IV-4:, Российская академия наук, Машиностроение, Москва, 2005.
16. Popović P., Temeljkovski D.: *Mašine za obradu deformisanjem I i II deo*, Univerzitet u Nišu, Mašinski fakultet, Niš, 1991.
17. Plančak M., Vilotić D.: *Tehnologija plastičnog deformisanja*, Univerzitet u Novom sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2003.
18. P. Groche, D. Fritsche, E. A. Tekkaya, J. M. Allwood, G. Hirt, R. Neugebauer: *Incremental Bulk Metal Forming*, Annals of the CIRP Vol. 56/2/2007, pp. 635-656.
19. Klocke F., König W.: *Fertigungsverfahren 4 - Umformen*, Springer Berlin Heidelberg New York, 2006.
20. Neugebauer R.: *Intelligent Machine Systems for Forming Processes*, Fraunhofer Institut, Werkzeugmaschinen und Umformtechnik, Chemnitz
21. Wenzel L.: *Innovative Excenter-Schmidepressen*, Schmide-Journal, pp 27-29, März, 2001.
22. Vilotić D., Plančak M., Kuzman K., Milutinović M., Movrin D., Skakun P., Lužanin O.: *Application of Net Shape and Near-Net Shape Forming Technologies in Manufacture of Roller Bearing Components and Cardan Shafts*, Journal for Technology of Plasticity, ISSN 0354-3870, Vol. 32, pp. 87-104, FTN, Novi Sad, 2007.
23. Katalozi kompanije *Lasco Umformtechnik GmbH*, Coburg, Germany, 2007.
24. Katalozi firme *Schuler Pressen gmbh&co.kg.*, Göppingen, Germany, 2007.
25. Katalozi kompanije *Müller Weingarten AG*, Weingarten, Germany, 2007.
26. [www.mueller-weingarten.de](http://www.mueller-weingarten.de) (septembar 2007.)
27. [www.schuler.co](http://www.schuler.co). (jul 2008.)
28. [www.lasco.com](http://www.lasco.com) (jul 2008.)
29. [www.komatsusanki.co.jp/en](http://www.komatsusanki.co.jp/en) (jul 2008.)
30. [www.hatebur.com](http://www.hatebur.com) (jul 2008.)
31. [www.galdabini.it](http://www.galdabini.it) (jul 2008.)
32. [www.enomt.co.jp](http://www.enomt.co.jp) (jul 2008.)
33. [www.bruderer-presses.com](http://www.bruderer-presses.com) (jul 2008.)
34. [www.aida-global.com](http://www.aida-global.com) (jul 2008.)
35. [www.strecon.dk](http://www.strecon.dk) (jul 2008.)
36. [www.oilgear.com/.../industries/forge/index.php](http://www.oilgear.com/.../industries/forge/index.php) (jul 2008.)
37. [www.nichidai.jp/english/whats/netshape.html](http://www.nichidai.jp/english/whats/netshape.html) (jul 2008.)
38. [www.kuka.com](http://www.kuka.com) (jul 2008.)
39. [www.serapid.fr](http://www.serapid.fr) (jul 2008.)
40. [www.gudel.com](http://www.gudel.com) (jul 2008.)