



Obrada metala deformisanjem

RAZDVAJANJE (Cutting, Punching & Blanking)

RAZDVAJANJE



- Kod ove obrade fizički se razdvaja jedna celina u dva ili više delova, pri čemu ne nastaje strugotina već se proces razdvajanja ostvaruje smicanjem po površinama na kojima se pojavljuju maksimalni smičući naponi.

RAZDVAJANJE

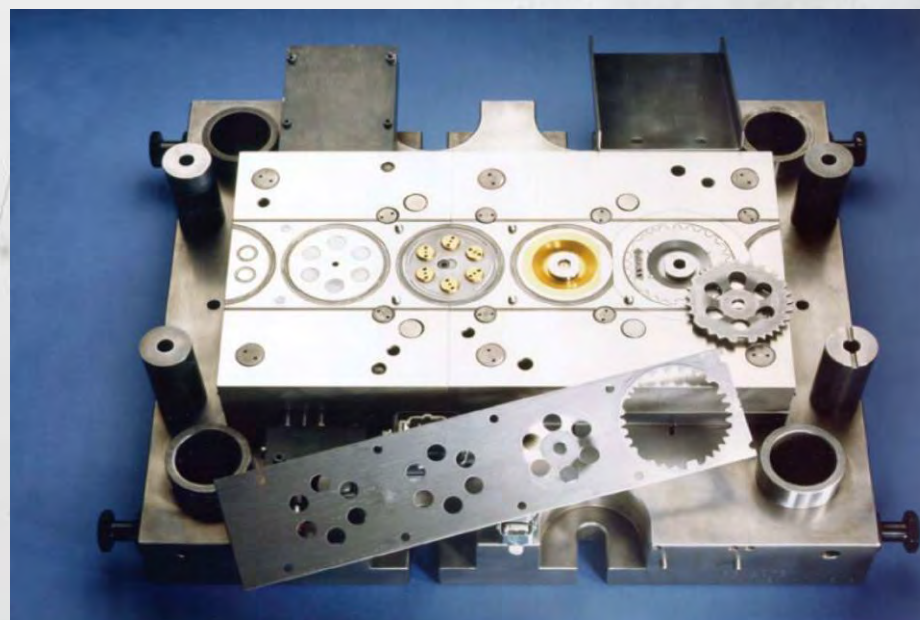


- Razdvajanje se razlikuje od ostalih metoda obrade deformisanja u sledećem:
 - Pri razdvajanju zapremina obratka manja je od zapremine pripremk.
 - Cilj obrade razdvajanjem nije, kao kod svih ostalih TPD, promena oblika zapremine pripremk, nego podela te zapremine na dva ili više delova
 - Pri razdvajanju, zona obrade koncentrisana je na usku oblast, dok je kod ostalih metoda obrade TPD najčešće cela zapremina dela u plastičnom stanju.
 - Suština procesa razdvajanja je ostvarivanje tangencijalnih (smičućih) napona u određenim ravnima. Kada ti naponi dostignu maksimalnu vrednost po toj ravni nastaje razdvajanje

RAZDVAJANJE

Metode razdvajanja se dele na:

- razdvajanje odsecanjem
- razdvajanje prosecanjem i probijanjem
- razdvajanje lomljenjem
- razdvajanje seckanjem
- fino razdvajanje presovanjem

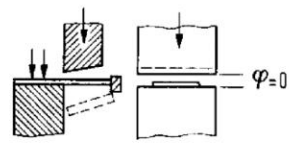
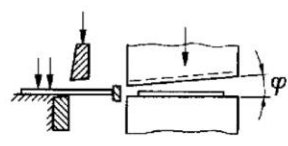
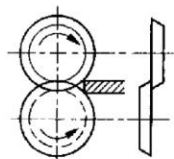


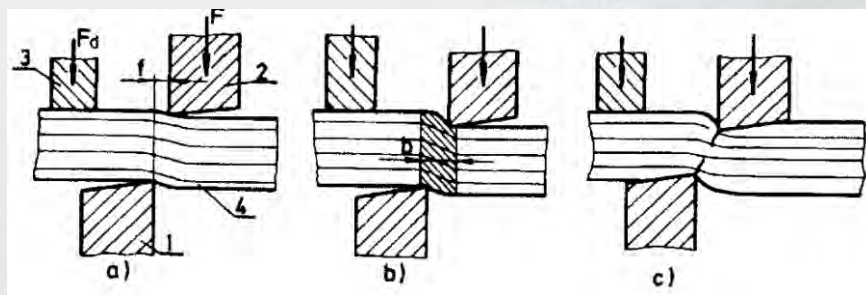
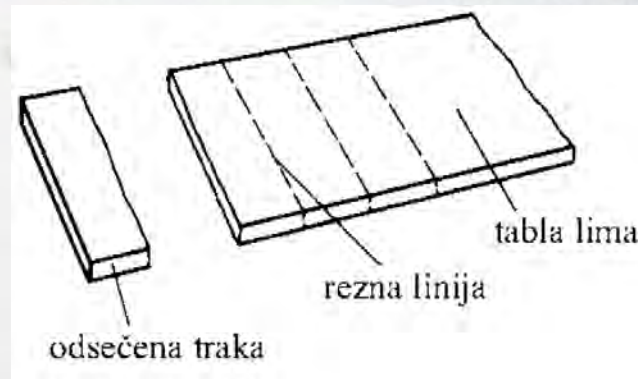
Razdvajanje odsecanjem



- Odsecanjem se obrađuju limene table, trake, šipke, cevi i profili.
- To je pripremna operacija i služi za dobijanje polufabrikata koji se zatim nekom od sekundarnih obrada deformisanjem dalje obrađuju.
- Rezna linija kod operacije odsecanja je uvek prava.

Razdvajanje odsecanjem

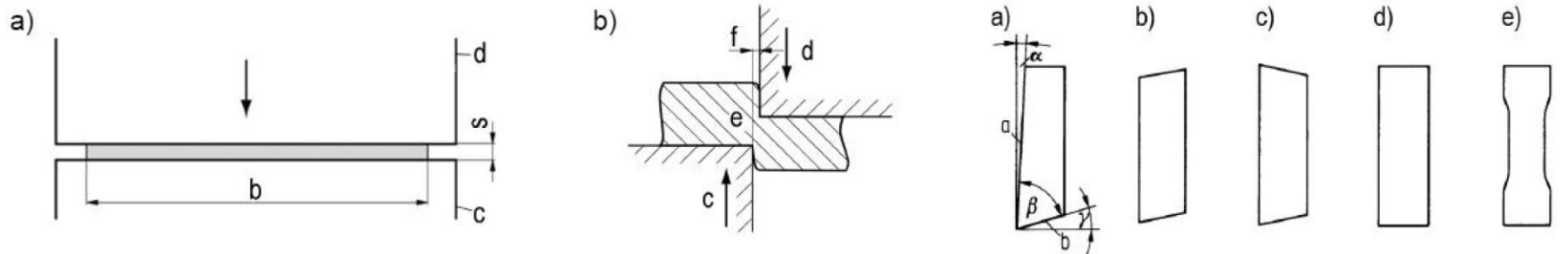
Alat	Vrsta reza	Šematski prikaz
Ravni noževi	paralelni rez	
	kosi rez	
Kružni noževi	kružni rez	



- Prva faza procesa je elastično deformisanje.
- Porastom deformacione sile nastaje plastično deformisanje, a kada smičući napon u zoni razdvajanja dostigne maksimalnu vrednost, tj. jačinu materijala na smicanje, dolazi do razaranja strukture, odnosno razdvajanja polaznog komada na dva dela.

Polazni komad se postavlja između pokretnog i nepokretnog noža.

Odsecanje na makazama s pravim paralelnim noževima



- Deformaciona sila pri odsijecanju na makazama s pravim paralelnim noževima može se dobiti pomoću približnog obrasca:

$$F = 0,7 \cdot b \cdot s \cdot \tau_m$$

gde su:

b – širina materijala;

s – debljina materijala;

τ_m – čvrstoća na smicanje

	τ_m [daN/mm ²]
Meki čelik	25 – 35
Čelik srednje tvrdoće	35 – 50
Tvrđi čelik	50 – 70
Al i Cu (žaren)	–

Odsecanje na makazama s pravim paralelnim **noževima**

Merodavna sila za izbor mašine:

$$F_M = 1,3 \cdot F$$



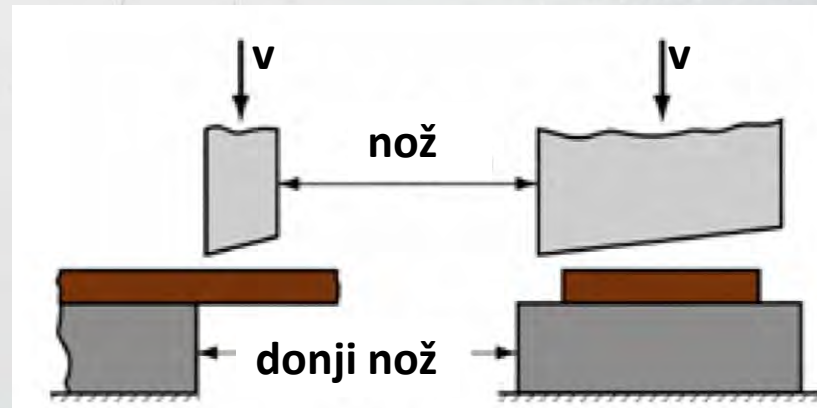
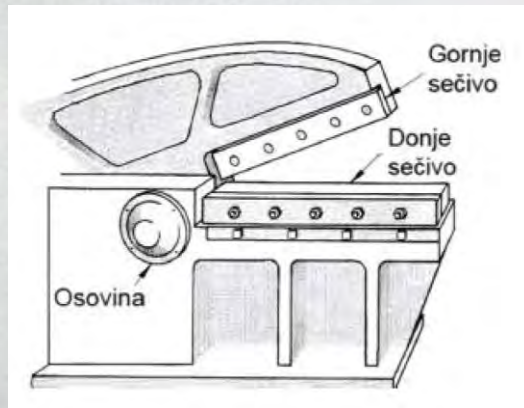
Deformacioni rad može se dobiti pomoću izraza:

$$W = F_{sr} \cdot s = \lambda \cdot F_M \cdot s$$

s, mm	λ
<2	0,75 – 0,55
2 - 4	0,55 – 0,45
>4	0,45 – 0,30

Odsecanje na makazama s pravim nagnutim **noževima**

- Pravi nagnuti noževi koriste se za sečenje obradaka kod kojih je debljina relativno mala u odnosu na širinu.
- Upotrebom ovih noževa smanjuje se sila odsecanja, jer je u toku razdvajanja samo deo ukupne dužine linije razdvajanja u procesu deformisanja.



Odsecanje na makazama s pravim nagnutim **noževima**

- Deformacioni rad za odsecanje sa pravim nagnutim noževima može se dobiti po obrascu:

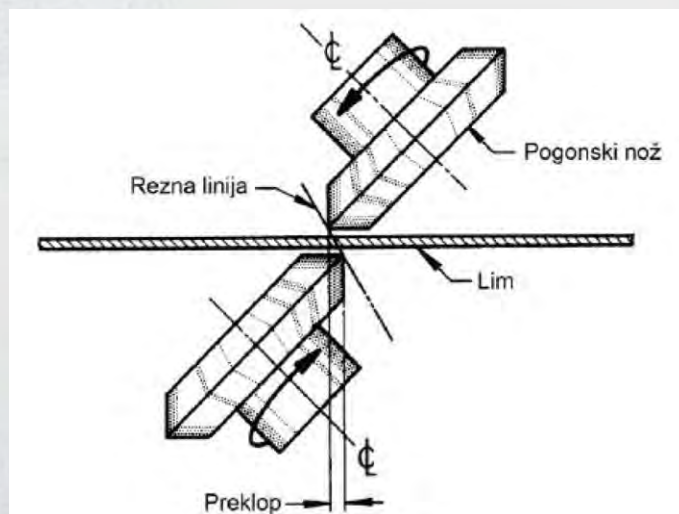
$$W = F_M \cdot b \cdot \tan \alpha$$

gde je:

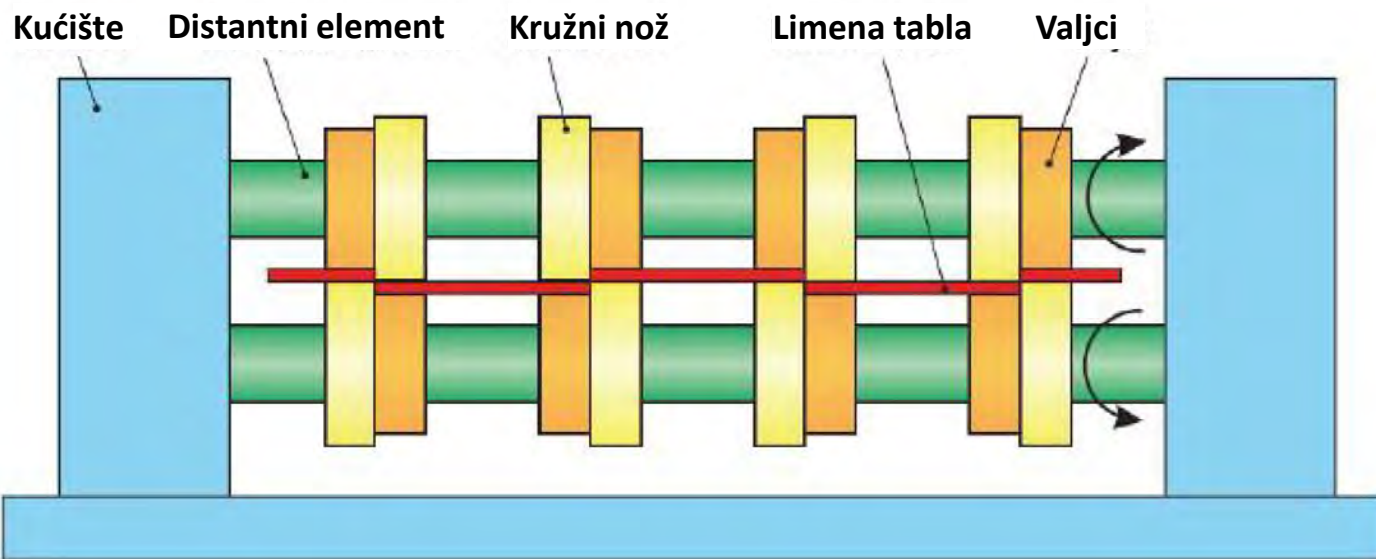
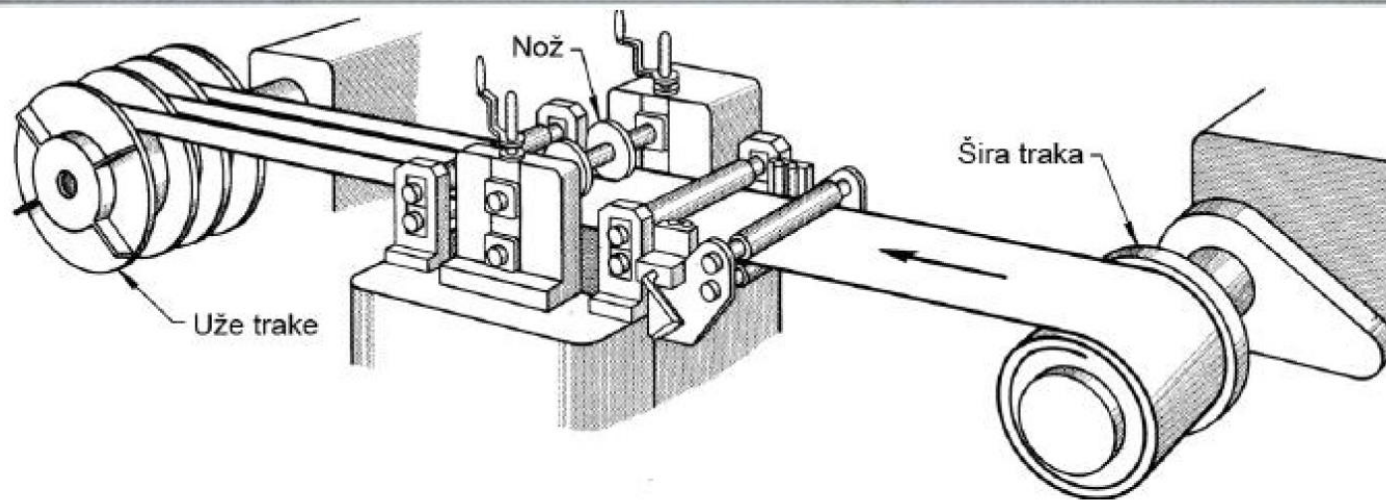
b – ukupna dužina linije odsecanja

Odsecanje na makazama s kružnim noževima

- Kružni noževi koriste se za: odsecanje traka iz tabli lima, uzdužno i poprečno odsecanje traka i odsecanje okruglih pripremaka.
- Pomoću ovih noževa, zavisno od vrste mašine mogu se odsecati materijali debljine do 30 mm.



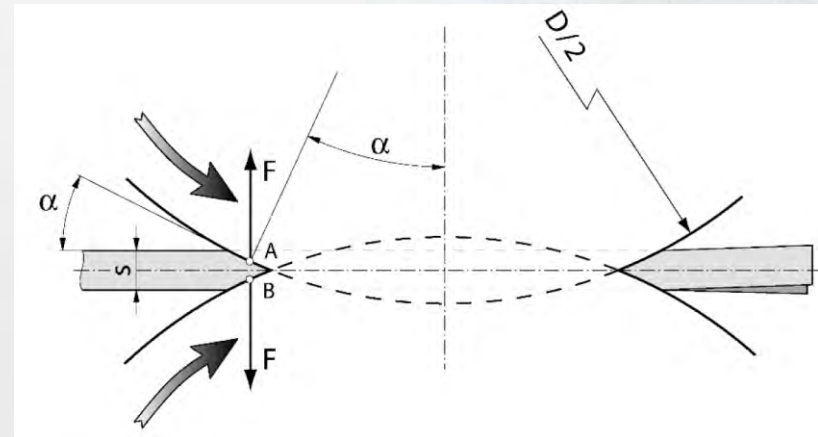
Odsecanje na makazama s kružnim noževima



Odsecanje na makazama s kružnim noževima

- Deformaciona sila odsecanja sa kružnim noževima može se izračunati po obrascu:

$$F = 0,75 \cdot \frac{s^2}{2 \cdot \tan \alpha} \cdot \varepsilon \cdot \tau_m$$



gde su:

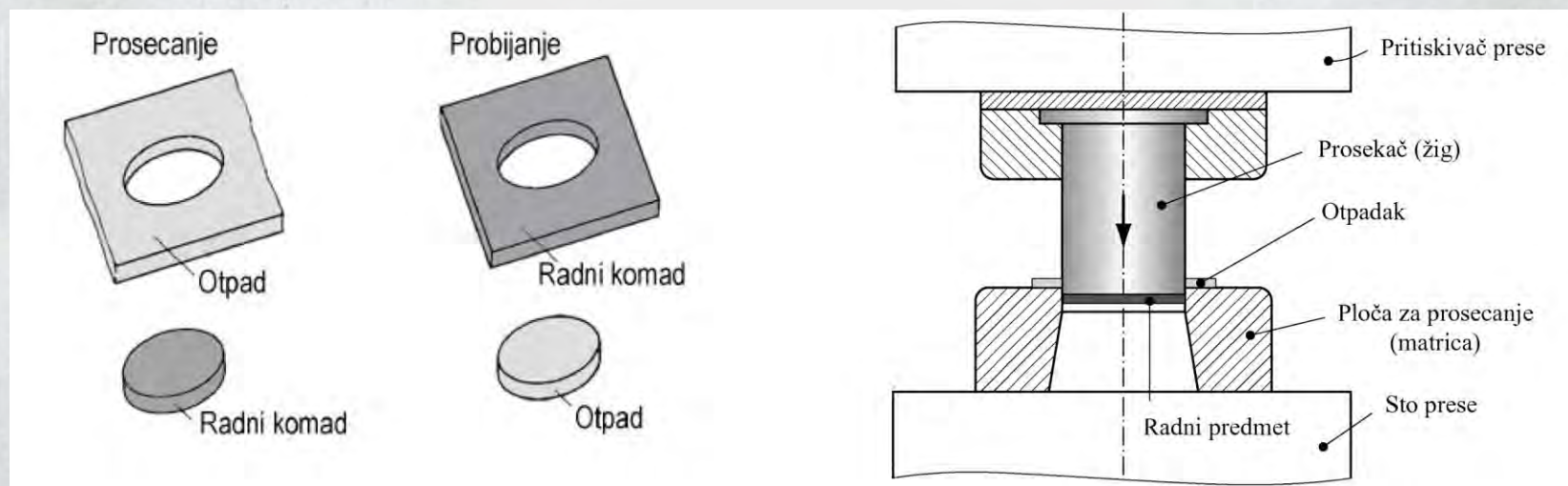
s – debljina lima;

α – ugao između noževa;

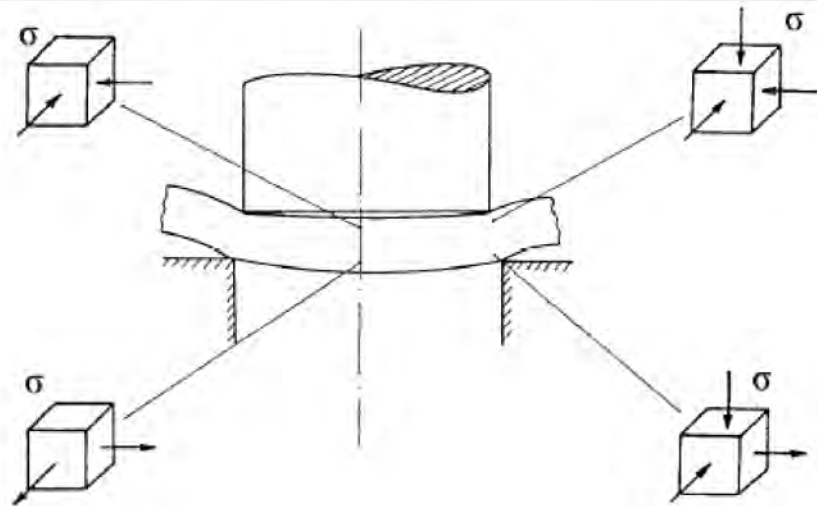
ε – relativna dubina prodiranja noža u material.

Razdvajanje lima prosecanjem i probijanjem

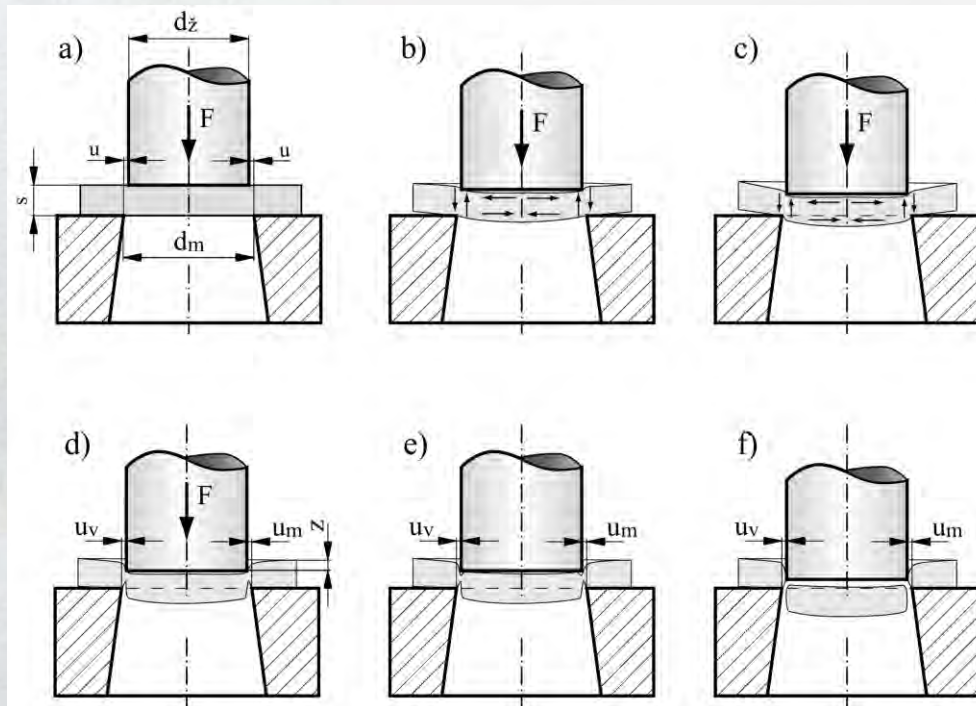
- Termin prosecanje podrazumeva dobijanje finalnog komada sa spoljašnjom konturom, a termin probijanje – dobijanje finalnog komada sa unutrašnjom konturom.



Razdvajanje lima prosecanjem i probijanjem

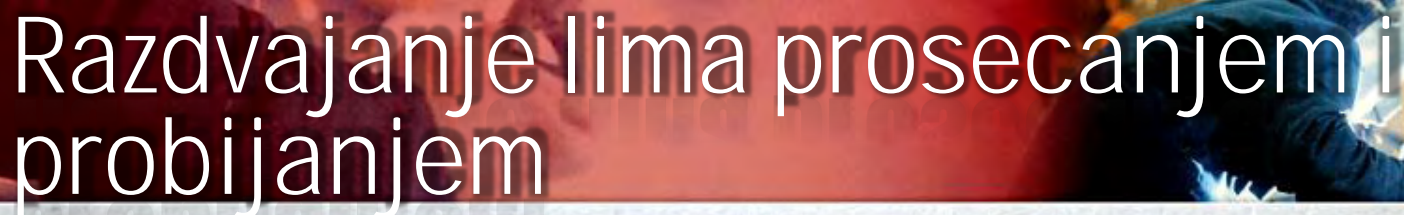


Razdvajanje lima prosecanjem i probijanjem



Od početnog položaja (važnost zazora) preko faze elastičnog deformisanja, koja prerasta u plastično oblikovanje na skici c). Daljim rastom sile, zatežujući naponi u okolini rezne ivice matrice prelaze kritičnu vrednost i tu se javlja pukotina (d). Ona se brzo širi u pravcu rezne ivice presekača, što zavisi od vrste materijala i zazora i rezultira u gotovo udarnom razdvajanju.

Razdvajanje lima prosecanjem i probijanjem



- Pri projektovanju procesa probijanja i prosecanja treba voditi računa o veličini zazora između izvršnih delova alata (probojca ili prosekača) i prstena.
- Izbor zazora možemo odraditi:
 - **Analički** (proračunom)
 - **Tabelarno** (Sigurniji način izbora zazora je iz odgovarajućih tabela za razne vrste materijala. Najpoznatije tabele su tebele firme SCHULER).
 - **Preporuke** (Zazor bitno utiče na proces razdvajanja i kvalitet prosečenog (probijenog) komada. Zazor nema stalnu vrednost, već zavisi od stanja istrošenosti alata i vremenom se povećava).

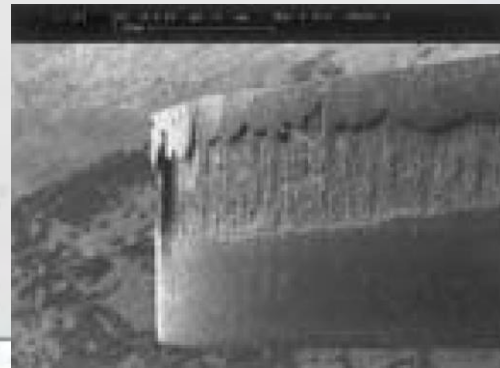
Razdvajanje lima prosecanjem i probijanjem



- Preporuka zazora za čelične limove:
 - $z = (0.03-0.06)$; $s \leq 3$ mm - za uobičajeni kvalitet razdvojenih površina
 - $z = (0.02-0.04)$; $s \leq 3$ mm - za bolji kvalitet razdvojenih površina
 - $z = (0.06-0.08)$; $s < 10-25$ mm - za bolji kvalitet razdvojenih površina
- Uvek je bolje birati zazor na donjoj granici računajući da će se habanjem alata isti povećavati. Mali zazor je uvek lako povećavati (brusi se prosekač ili matrica).

Razdvajanje lima presecanjem i probijanjem

- Optimalna vrednost zazora garantuje ravnu ivicu presečenog (probijenog) komada i dobar kvalitet. Ukoliko se izabere mala ili suviše velika vrednost zazora kao posledica se javlja neravna prekidna površina
- Manjim zazorom postiže se bolji kvalitet presečene površine, ali je deformaciona sila veća. Obrnuto, veći zazor daje lošiju presečenu površinu uz manju silu i smanjeno habanje alata.



Razdvajanje lima presecanjem i probijanjem

- Deformaciona sila presecanja (probijanja):

$$F_M = L \cdot s \cdot \tau_{sm}$$

gde je: L – dužina konture presecanja

$$F_{MAS} = 1,3F_M + F_{POM}$$

gde je: F_{POM} – bilo koja pomoćna sila (držanje, skidanje, izbacivanje) koja se svojim dejstvom suprotstavlja deformacionoj sili.

Razdvajanje lima prosecanjem i probijanjem



- Deformaciona rad prosecanja (probijanja):

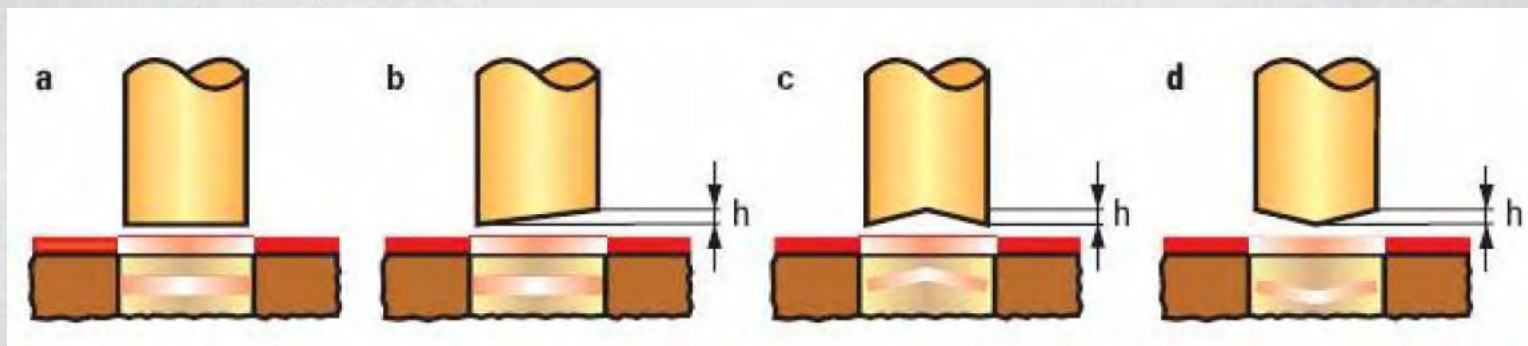
$$W = \lambda \cdot F_M \cdot s$$

gde je: $\lambda = 0,3-0,75$ – koeficijent srednje sile

- Prethodni izrazi važe samo za prosecanje i probijanje na alatima sa ravnim (nezakošenim) reznim ivicama.

Razdvajanje lima prosecanjem i probijanjem

- Za smanjenje sile prosecanja primenjuju se sledeći načini:
 - alati sa zakošenim reznim ivicama,
 - izrada prosekača različitih dužina i
 - prosecanje na povišenim temperaturama.



Razdvajanje lima prosecanjem i probijanjem



- Treći način za smanjenje sile razdvajanja (primena povišenih temperatura), obično se koristi kod veoma debelih pločastih materijala.
- Na povišenim temperaturama smanjuje se čvrstoća, a time i sila prosecanja.
- Temperatura zagrevanja zavisi od hemijskog sastava i stanja strukture polufabrikata. Kod većine čelika to je 750–900 °C.

Razdvajanje lima prosecanjem i probijanjem



Metode racionalnog korišćenja materijala

- U uslovima većih proizvodnih serija od velikog je značaja ekonomično korišćenje materijala pri prosecanju, t.j. obezbeđenje pravilnog rasporeda komada na traci uz tehnologičnu geometriju, kako bi otpadak bio minimalan.
- Lim se dobija iz čeičana najčešće u obliku tabli. Iz njih se odsecaju trake odgovarajuće širine. Od takvih traka se, zatim, prosecanjem i probijanjem dobijaju gotovi delovi ili polazni komadi za naredne operacije.

Razdvajanje lima prosecanjem i probijanjem

- Od posebnog je značaja pravilno koncepcijsko rešenje, alata, položaja kontura na traci i širine trake. Najveći uticaj ima veličina serije i vrsta materijala lima.

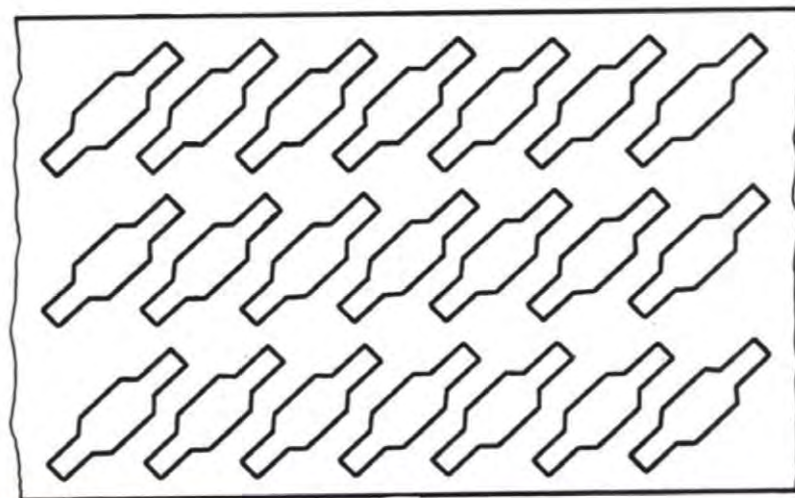
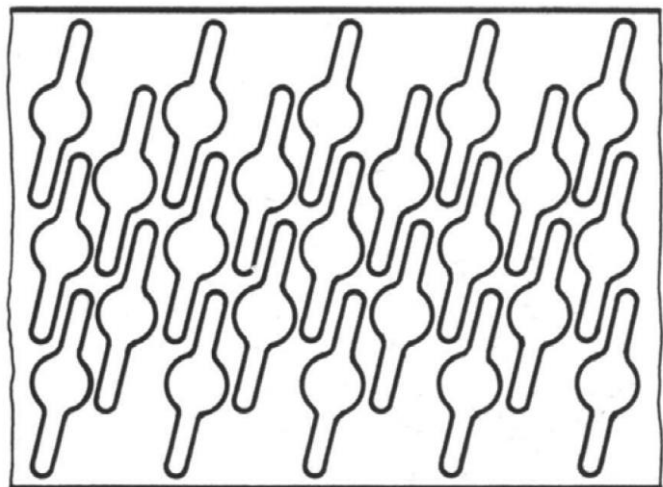
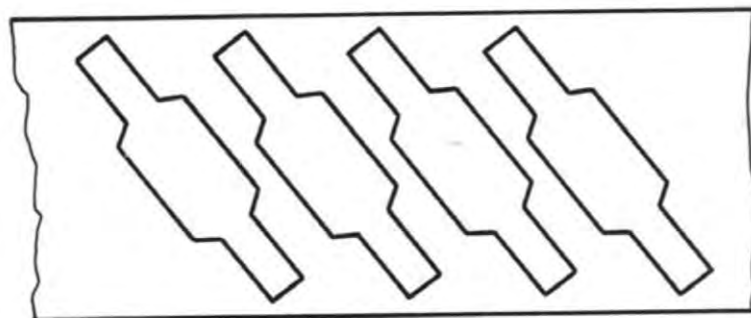
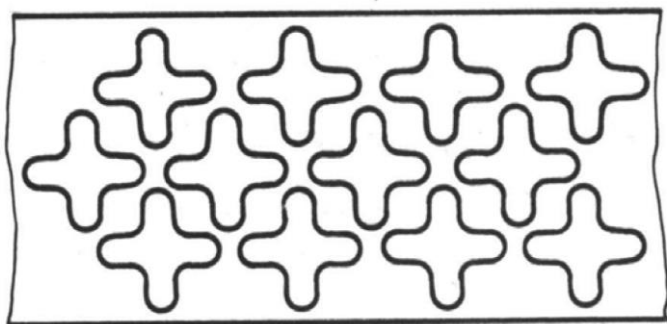


a

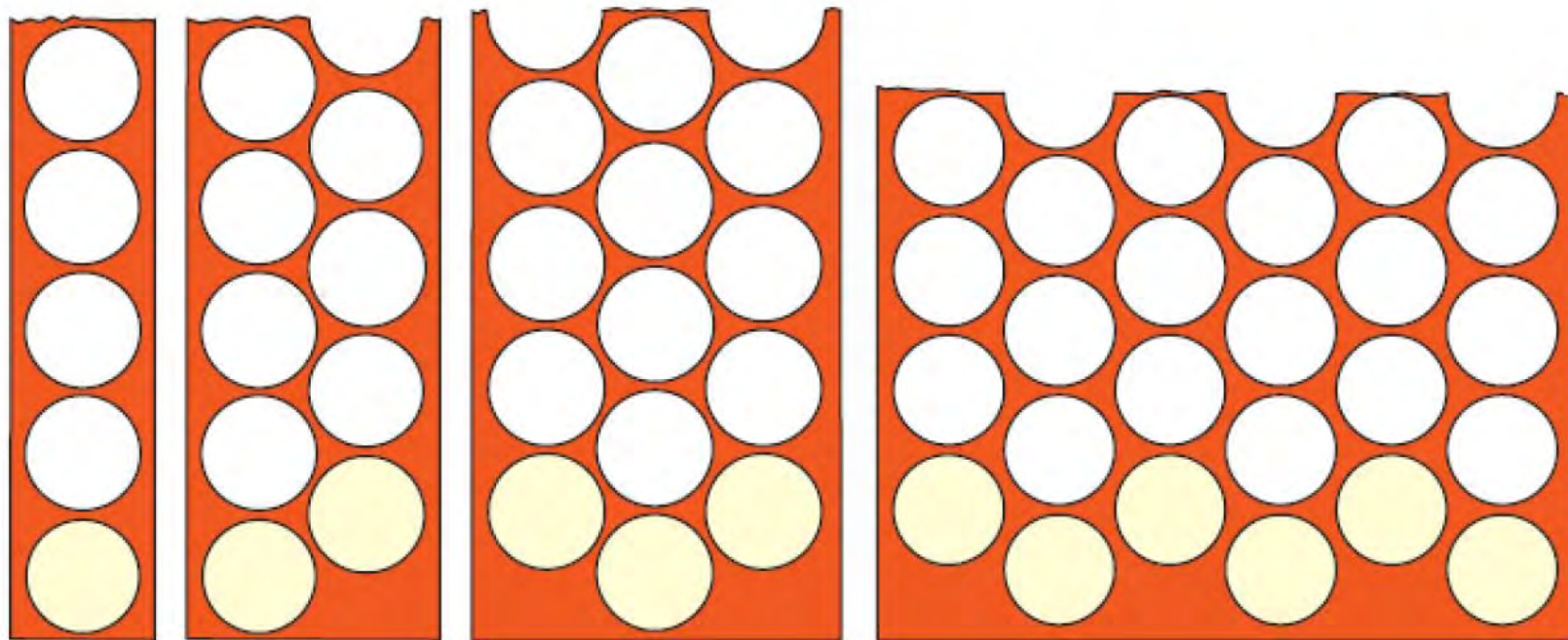


b

Razdvajanje lima prosecanjem i probijanjem



Razdvajanje lima prosecanjem i probijanjem



56.8%

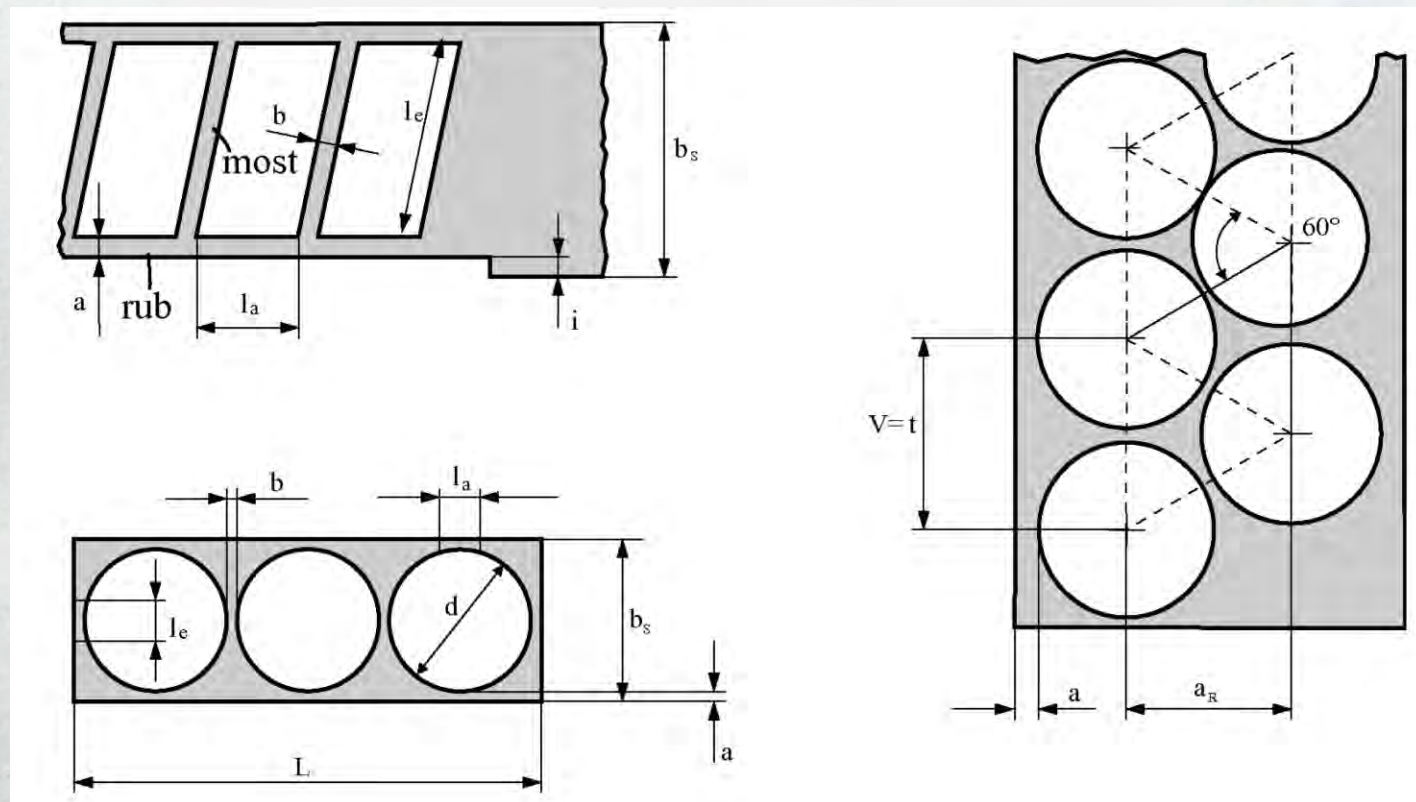
65.0%

67.4%

73.2%

Razdvajanje lima prosecanjem i probijanjem

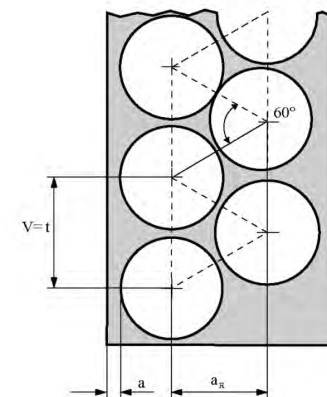
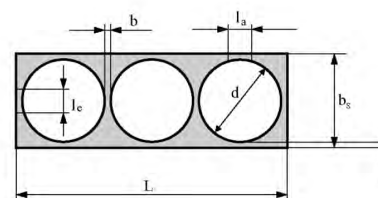
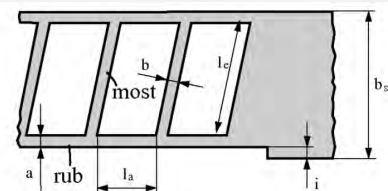
Dimenzionisanje trake



Razdvajanje lima prosecanjem i probijanjem

Širina trake	Dužina mosta	Širina mosta i ruba	Debljina lima [mm]						
			0.1	0.5	1	1.5	2	2.5	3
do 100 mm	do 10	b a	0.8 1	0.8 0.9	1	1.3	1.6	1.9	2.1
	11... 50	b a	1.6 1.9	0.9 1.0	1.1	1.4	1.7	2	2.3
	51... 100	b a	1.8 2.2	1.0 1.2	1.3	1.6	1.9	2.2	2.5
	više od 100	b a	2.0 2.4	1.2 1.5	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7
	širina bočnog noža		1.5			2.2	3	3.5	4.5
više od 100 mm	do 10	b a	0.9 1.2	1.0 1.1	1.1	1.4	1.7	2	2.3
	11... 50	b a	1.8 2.2	1.0 1.2	1.3	1.6	1.9	2.2	2.5
	51... 100	b a	2.0 2.4	1.2 1.5	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7
	više od 100	b a	2.2 2.7	1.4 1.7	1.7	2	2.3	2.6	2.9
	širina bočnog noža		1.5			2.5	3.5	4	5

Dimenzionisanje trake



Bočni nož služi za obezbeđivanje tačnosti pomaka i prilikom određivanja potrebne širine trake potrebno je uzeti u obzir i širinu bočnog noža

Alati za prosecanje i probijanje

- Alati se sastoje od dva podsklopa: **gornjeg** i **donjeg**. Gornji se vezuje za pritiskivač prese (pokretan je), a donji za radni sto (nepokretan).
- Centralno mesto imaju radni (izvršni) elementi: prosekači i matrice. Sve je podređeno pravilnom funkcionisanju sklopa prosekač–matrica: krutost, vođenje, centriranje, način povezivanja elemenata itd.

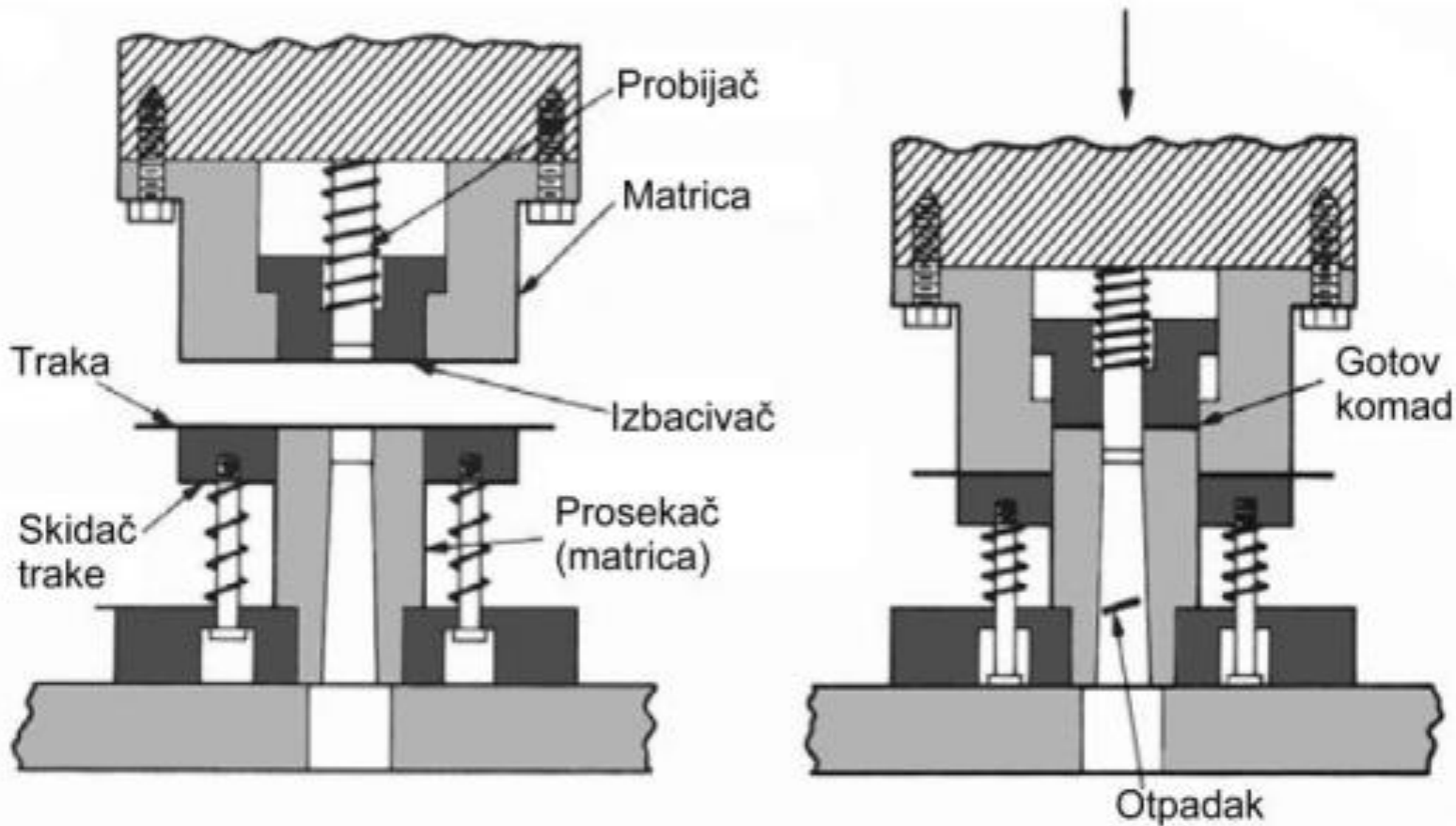
Alati za prosecanje i probijanje

- Podela prema vrsti vođenja:
 - alate bez vođenja (koristi se vođenje prese),
 - alate sa pločastim vođenjem (preko profilisanog otvora u ploči za vođenje),
 - alate sa stubnim vođenjem (klizno ili kotrljajuće),
 - alate sa kombinovanim vođenjem (pločasto i stubno).
- Podela prema broju prosecanja:
 - jednosečne (jedna kontura) i
 - višesečne alate (više od jedne konture prosecanja).

Alati za prosecanje i probijanje

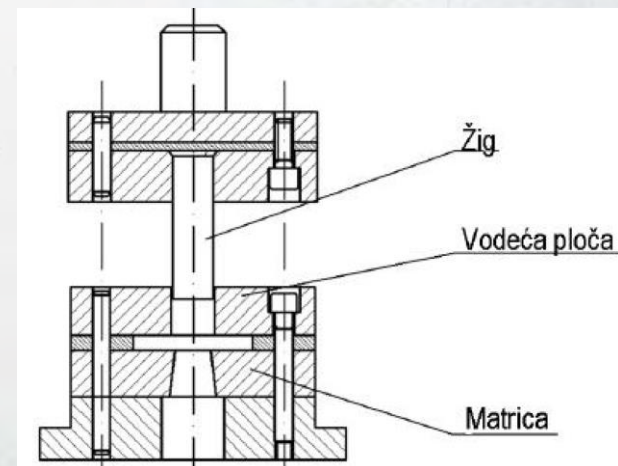
- Prema formi rezne ivice razlikujemo:
 - alate sa ravnim reznim ivicama,
 - alate sa kosim reznim ivicama.
- Prema broju radnih pozicija:
 - jednopozicione,
 - dvo i višepozicione.

Alati za prosecanje i probijanje



Alati za prosecanje i probijanje

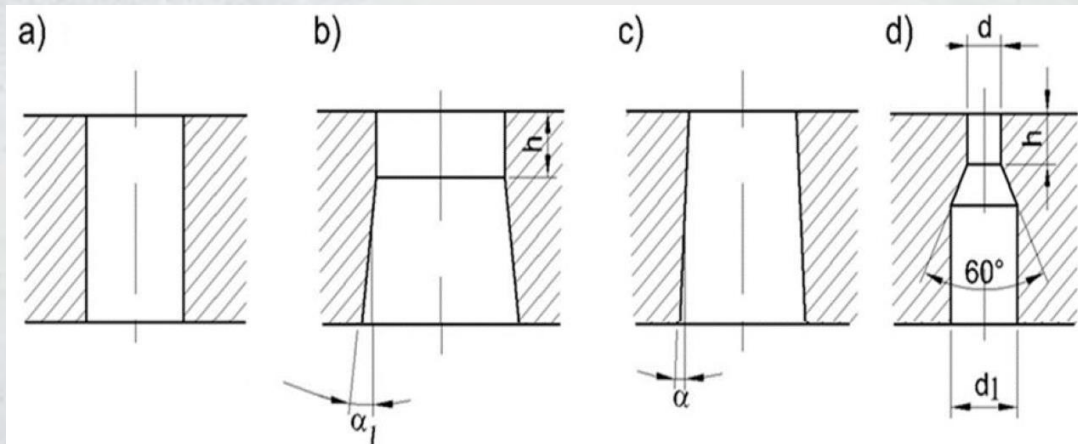
- Glavni elementi alata za probijanje i prosecanje su :
 - matrica
 - žig
 - kućište sa vođicama
 - elementi za vođenje i centriranje trake
 - elementi za regulisanje pomaka trake
 - elementi za pričvršćivanje alata za sto mašine
 - pomoćni elementi



Alati za prosecanje i probijanje

- **Matrica**

- Matrica (reznica ploča) najčešće je smeštena u donji deo alata
- Oblik rezne linije matrice odgovara obliku radnog predmeta



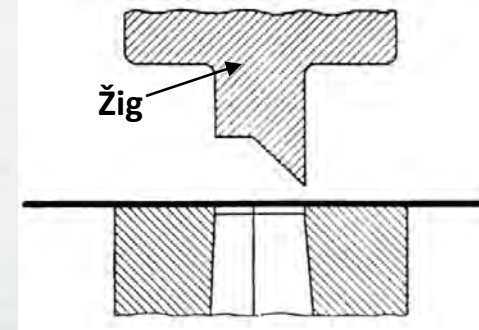
Alati za prosecanje i probijanje

- **Žig**

- Svaki žig ima 3 funkcionalno različita dela:

- osloni
- središnji
- radni deo

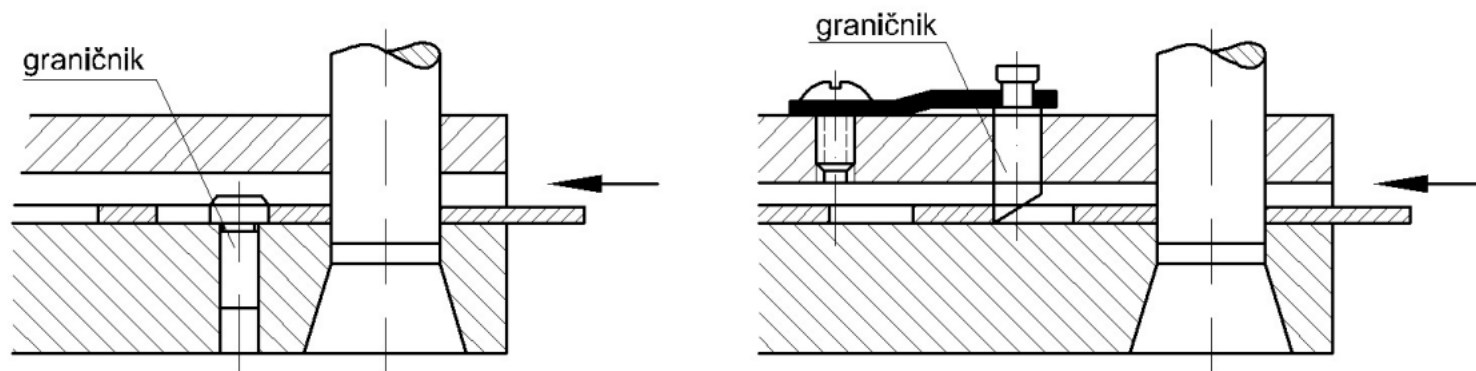
- Oslonim delom žig se oslanja na mašinu, središnji deo prenosi potrebnu silu u zonu rezanja, a radni deo je u direktnom kontaktu sa materijalom i u sprezi sa matricom vrši razdvajanje
- Žig treba da bude što je moguće kraći kako bi bila otklonjena opasnost od njegovog izvijanja (60÷100 mm)



Alati za prosecanje i probijanje

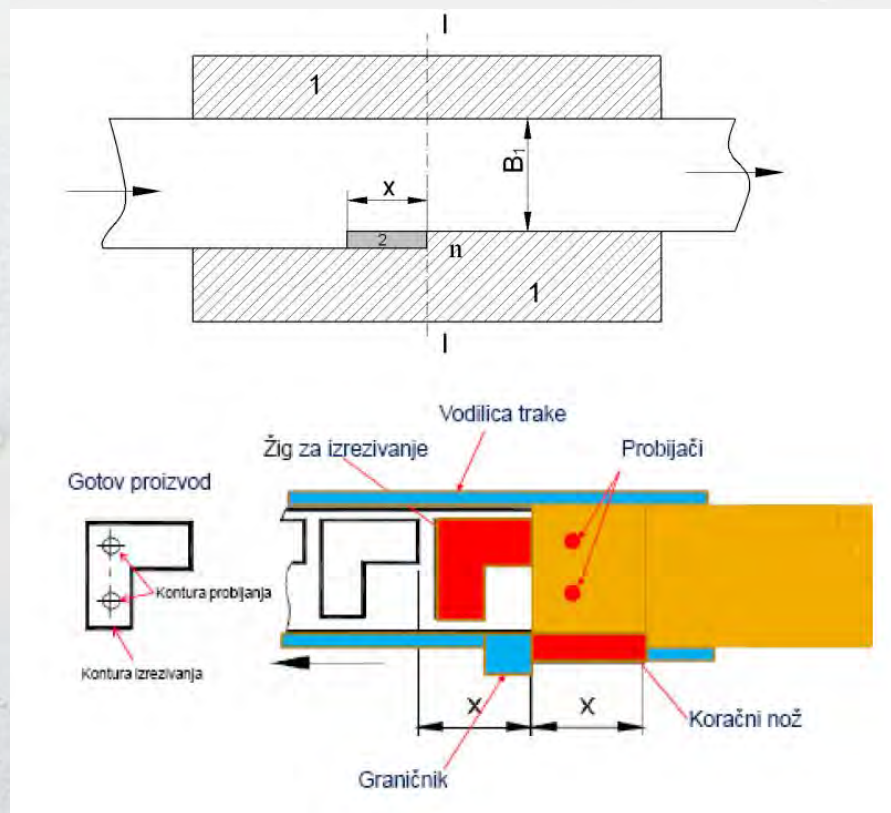
- **Elementi za regulisanje pomaka trake**

- Kod razdvajanja iz trake, posle svakog hoda prese potrebno je traku ručno ili automatski pomeriti za jedan korak unapred
- Ti koraci treba da su uvek isti
- U cilju ostvarivanja konstantnosti svakog koraka primenjuju se različita konstruktivna rešenja alata za razdvajanje



Alati za prosecanje i probijanje

- **Elementi za regulisanje pomaka trake**
 - Bočni (koračni) nož obezbeđuje vrlo tačan hod (korak) trake



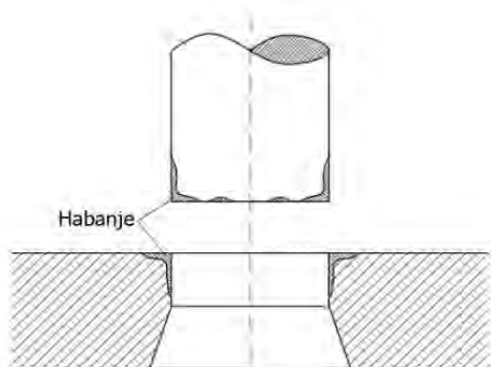
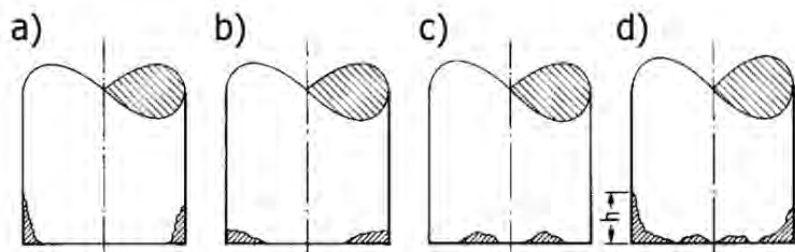
Alati za prosecanje i probijanje

- **Eksploatacija alata**

- Oštećenje alata može biti u vidu habanja, trajne neželjene deformacije ili loma alata
- Akona žigu ili matrici dođe do habanja, to habanje može se do određene mere eliminisati tzv. oštrenjem tj. skidanjem debljine sloja koji je zahvaćen habanjem.

Alati za prosecanje i probijanje

- Eksploatacija alata



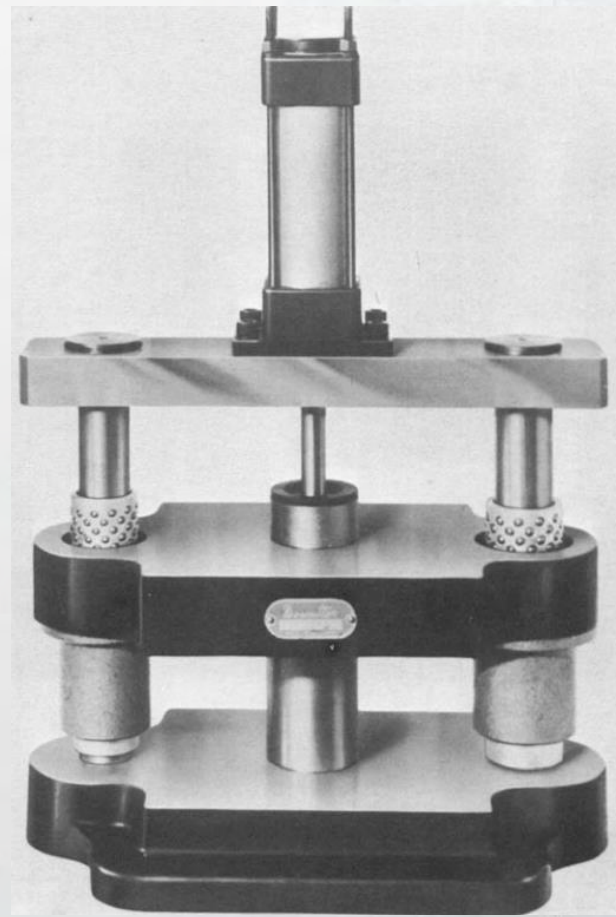
Ukupna postojanost alata

	Bez vođica	Vođenje pločom	Alat sa vođicama		Kuglično vođenje	
			Čelik	Tvrđi metal	Čelik	Tvrđi metal
Okrugli obl.	10.000	500.000	1.000.000	6.000.000	1.500.000	15.000.000
Ugaoni obl.	6.000	400.000	800.000	4.000.000	1.200.000	10.000.000
Teški oblici	-	300.000	600.000	2.000.000	1.000.000	8.000.000

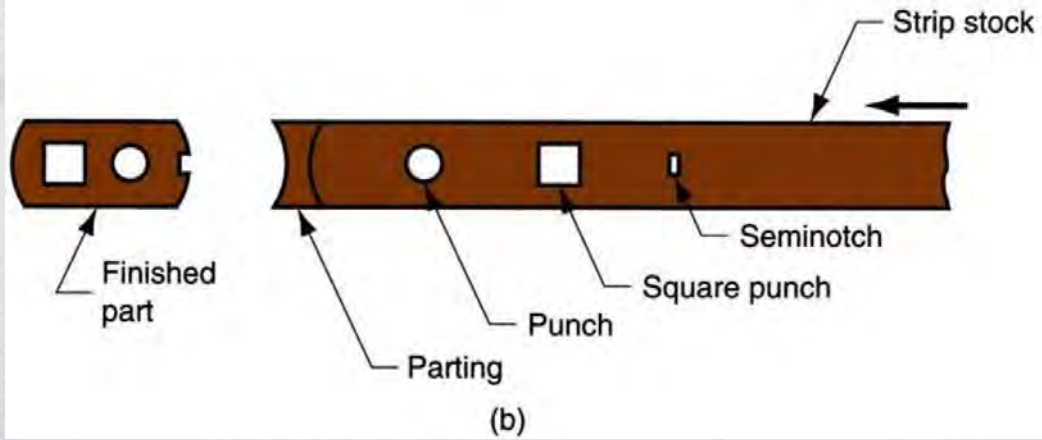
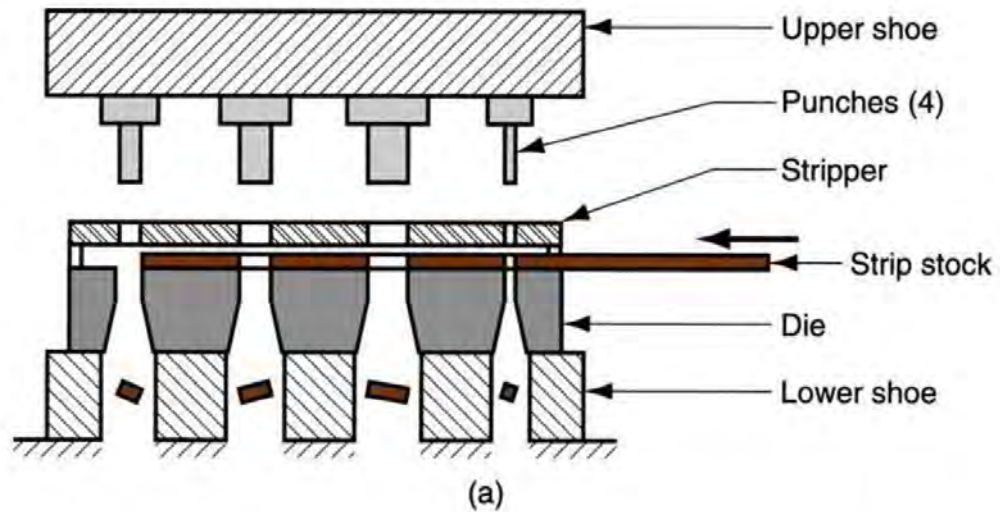
Postojanost po jednom oštrenju

	Bez vođica	Vođenje pločom	Alat sa vođicama		Kuglično vođenje	
			Čelik	Tvrđi metal	Č.2080	Tvrđi metal
Okrugli obl.	1.000	40.000	60.000	300.000	100.000	1.000.000
Ugaoni obl.	800	30.000	50.000	200.000	80.000	750.000
Teški oblici	-	25.000	40.000	100.000	60.000	500.000

Alati za prosecanje i probijanje



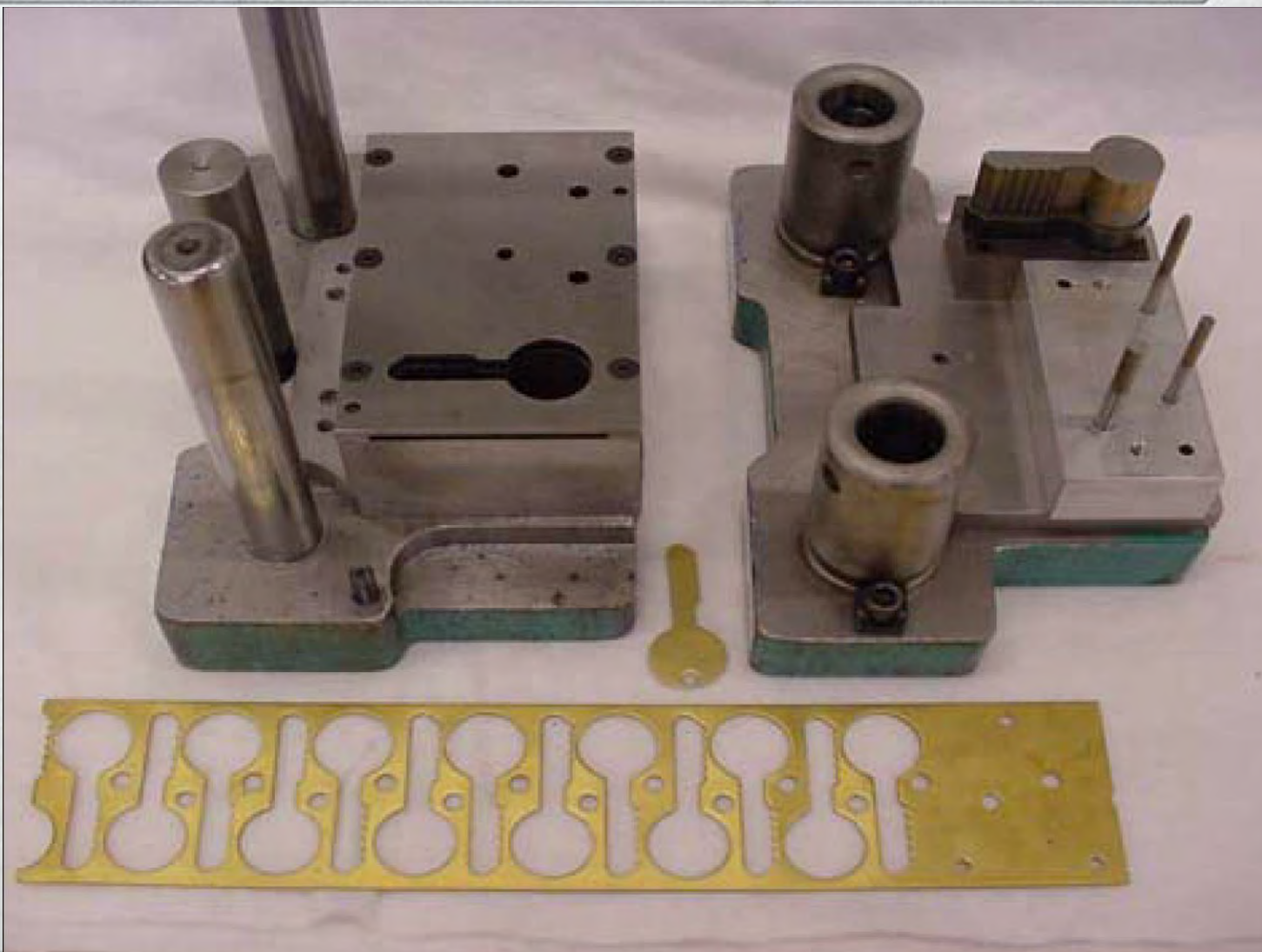
Alati za prosecanje i probijanje



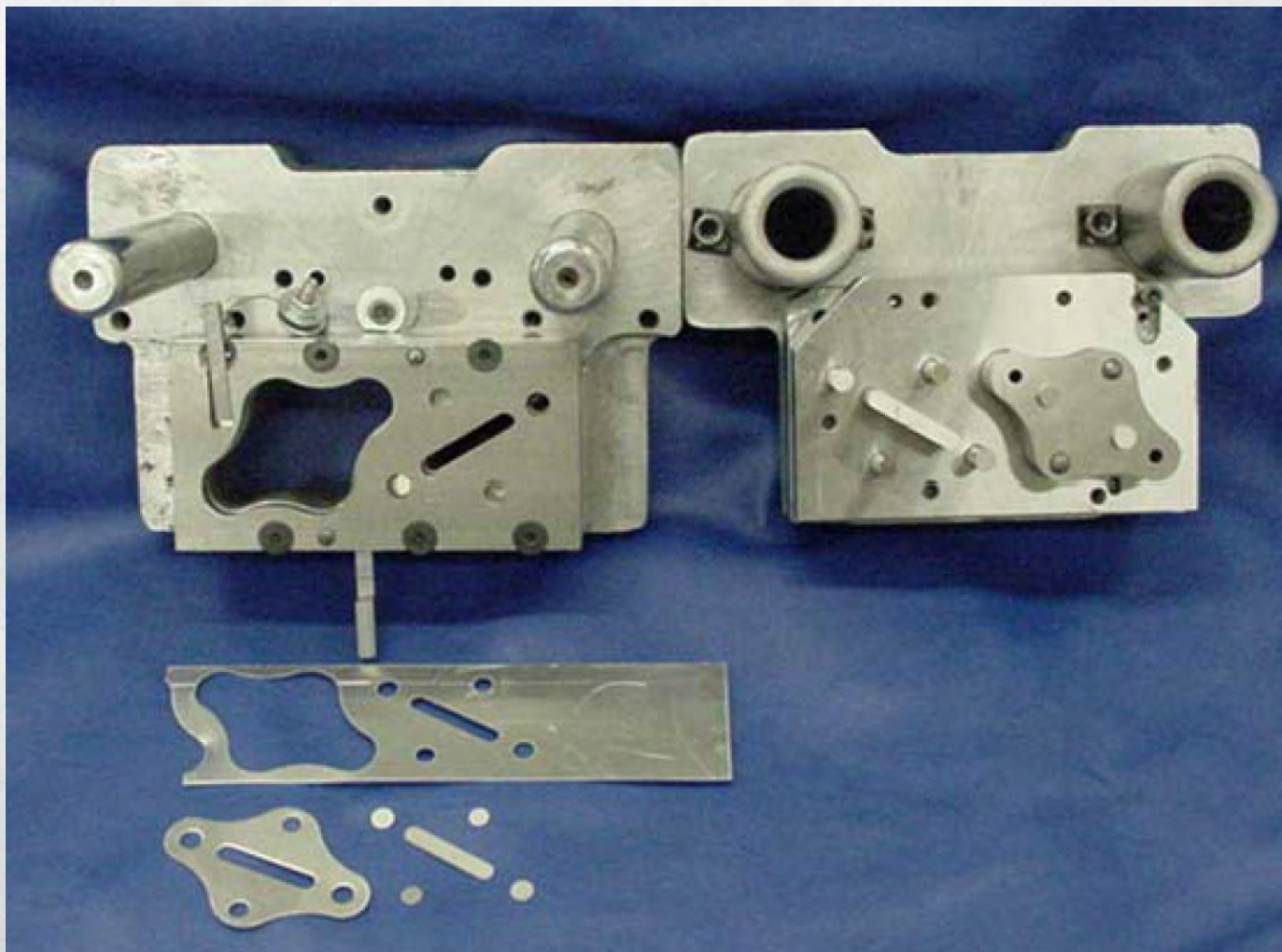
Alati za prosecanje i probijanje



Alati za prosecanje i probijanje



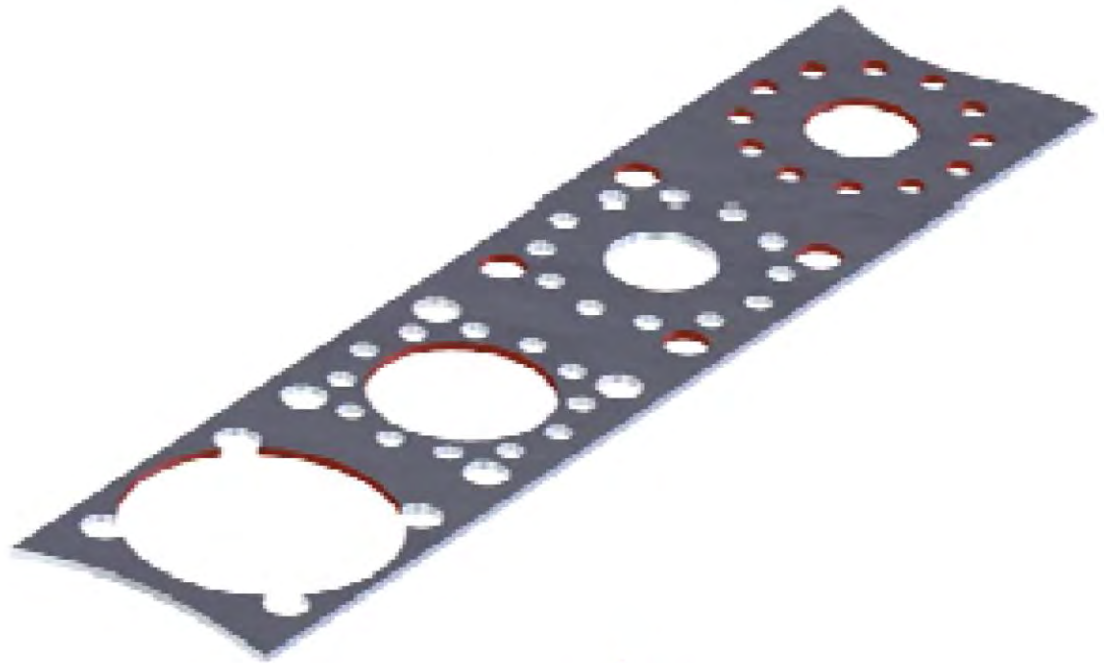
Alati za prosecanje i probijanje



Alati za prosecanje i probijanje



a.



b.

Izgled gotovog radnog predmeta i trake

Mašine za prosecanje i probijanje

Mehaničke prese:

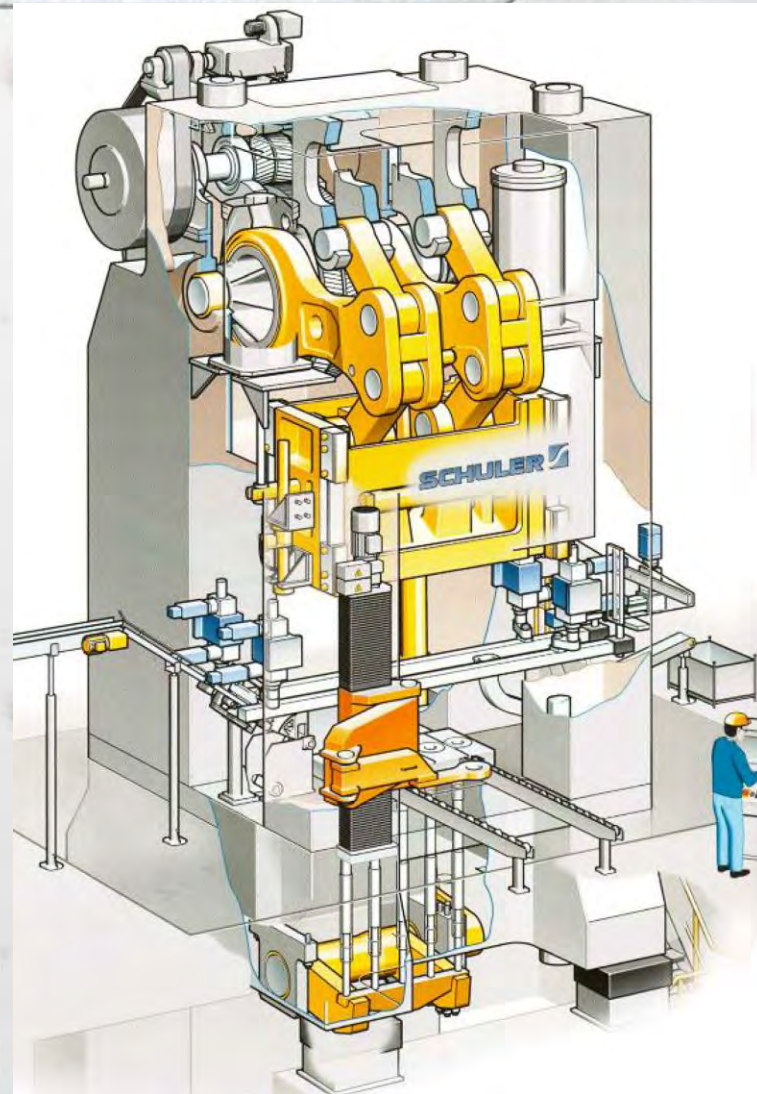
- jednostavne delove
- veće serije
- delove za koje nije potrebno permanentno prilagođavanje parametara mašine procesu razdvajanja
- tanje limove

Hidraulične prese :

- komplikovanije delove koji zahtevaju prilagođavanje (regulisanje) brzine u toku procesa
- delove s većim dubinama (prostorne delove, npr. kada za kupanje)
- manje serije sa čestim zamenama i podešavanjima alata
- deblje limove

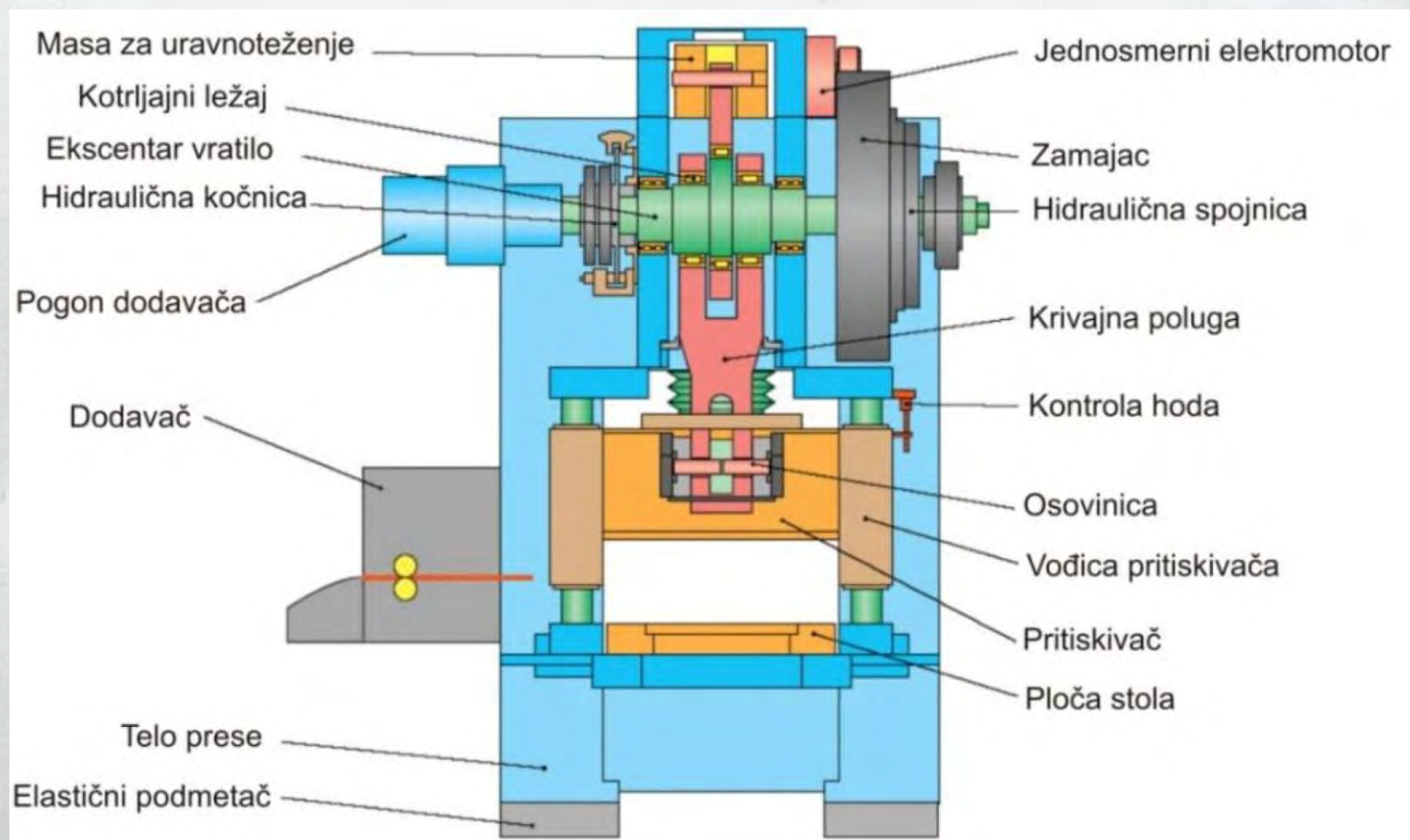
Mašine za prosecanje i probijanje

- Mehaničke prese



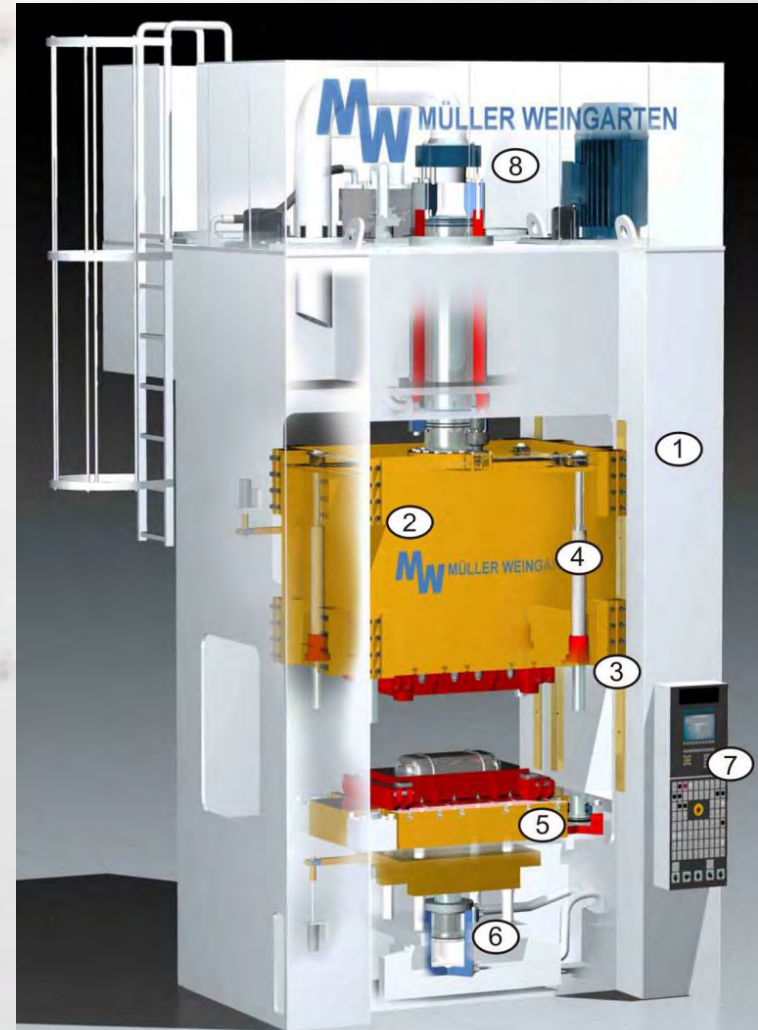
Mašine za prosecanje i probijanje

- Mehaničke prese



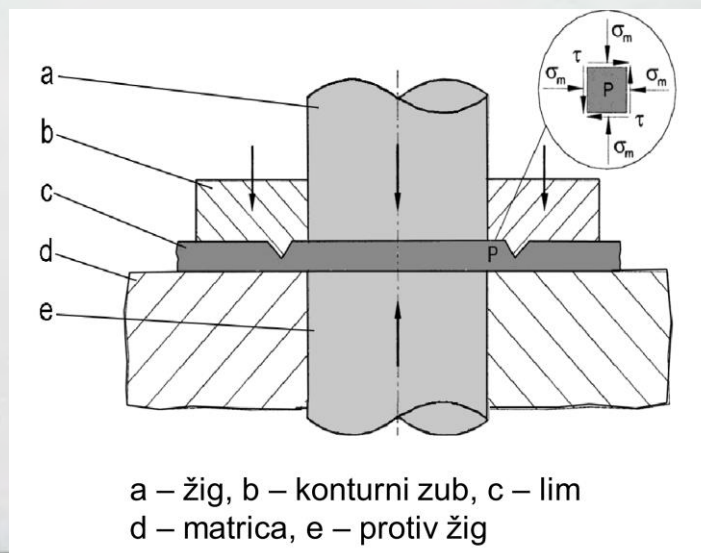
Mašine za prosecanje i probijanje

- Hidraulične prese

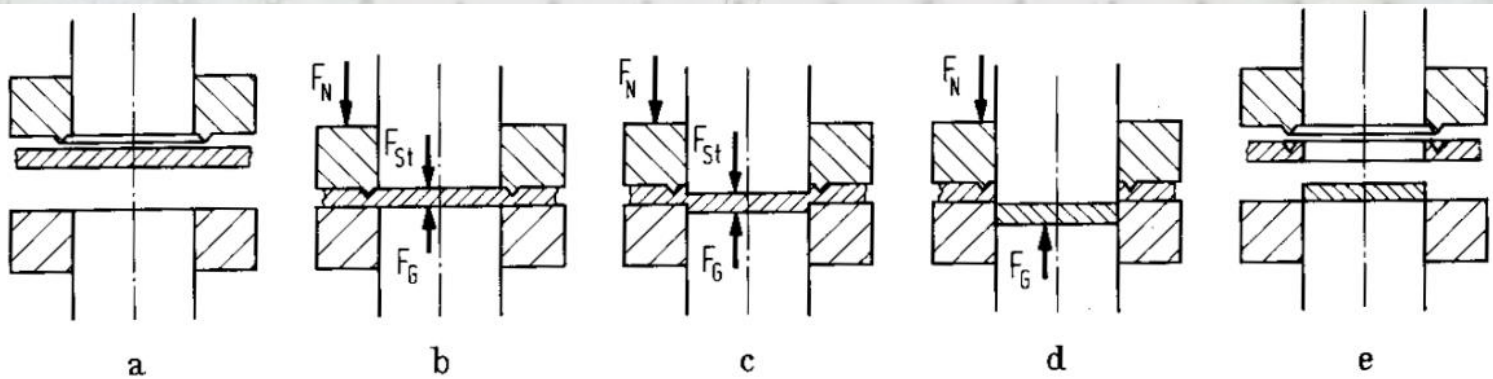
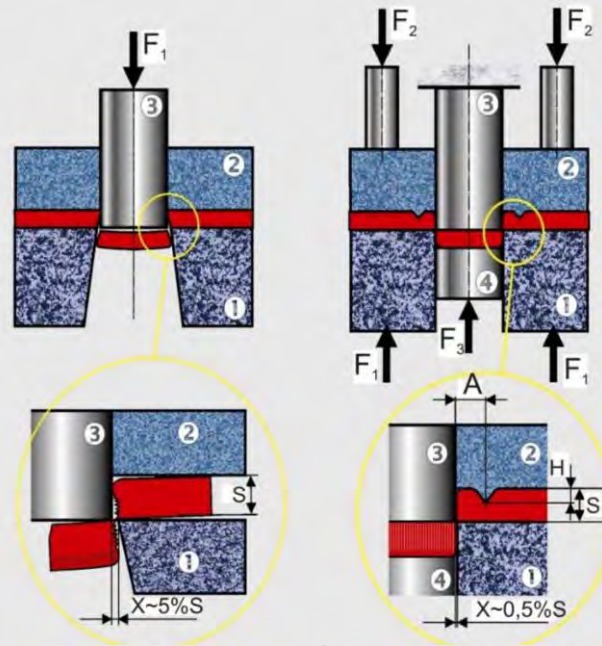


Fino razdvajanje presovanjem

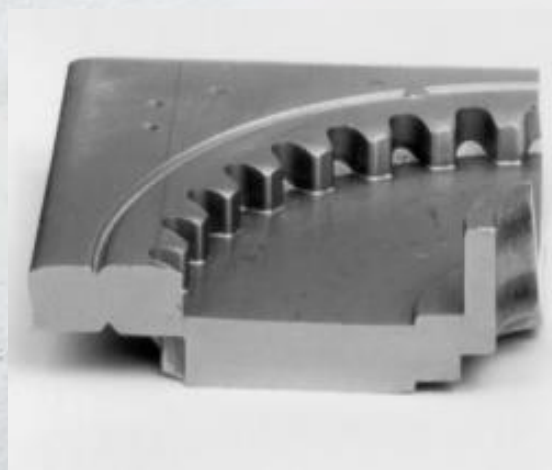
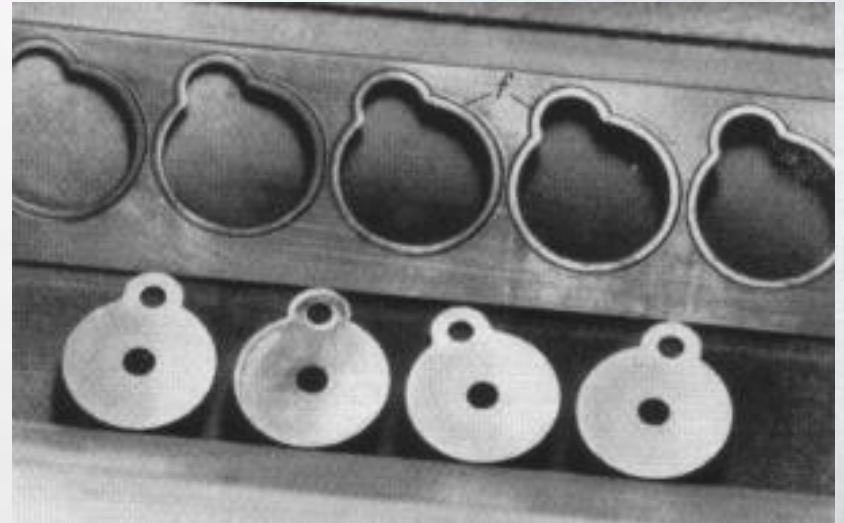
- Fino razdvajanje presovanjem je obrada lima razdvajanjem kojom se dobija visok kvalitet i tačnost presečne površine delova.
- Proces se izvodi na specijalnom alatu s konturnim zubom koji se utiskuje u lim neposredno pre delovanja žiga.



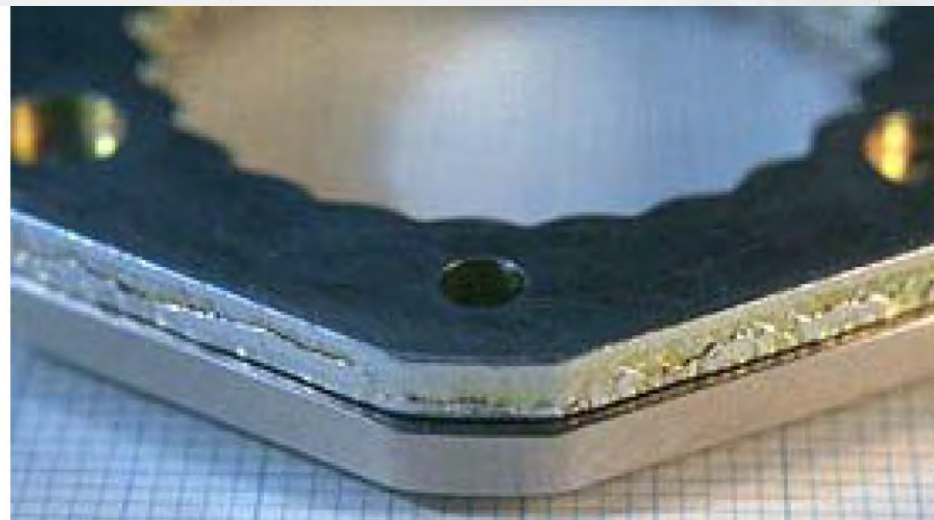
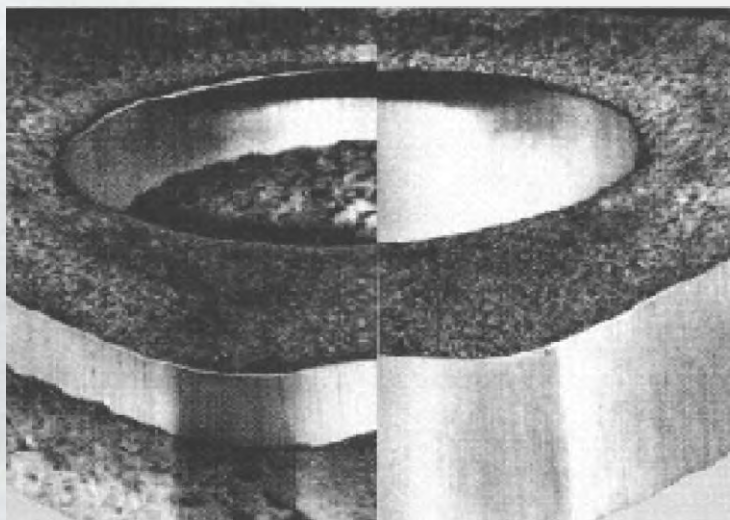
Fino razdvajanje presovanjem



Fino razdvajanje presovanjem



Fino razdvajanje presovanjem



Alati za fino razdvajanje presovanjem

