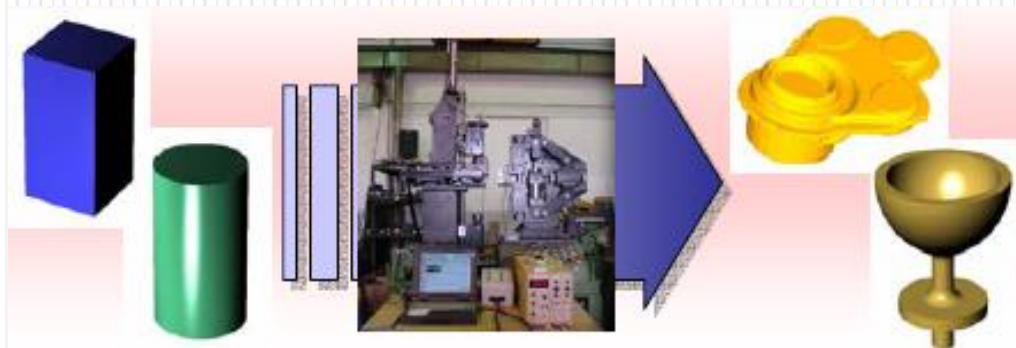


TEHNOLOGIJA PLASTIČNOG DEFORMISANJA

dr Mladomir Milutinović, redovni profesor
dr Dejan Movrin, vanredni profesor



POJAM TEHNOLOGIJE - osnovna definicija "tehnologija je veština, znanje i sposobnost da se osmisle, izrade i koriste korisne stvari".

Reč "tehnologija" potiče od dve grčke reči "tehne" koja označava veštinu, umeće i znanje da se nešto izradi ili obavi i reči "logos" - nauka.

Definicije:

Tehnologija predstavlja skup tehnika i metoda koji proširuju mogućnost ljudskog delovanja na prirodu i pomažu njegovom upravljanju društvenim procesima, a proizvod su naučnih rešenja.

Tehnologija označava razvoj i primenu alata, mašina, materijala i procesa koja mogu pomoći u rešavanju ljudskih problema.

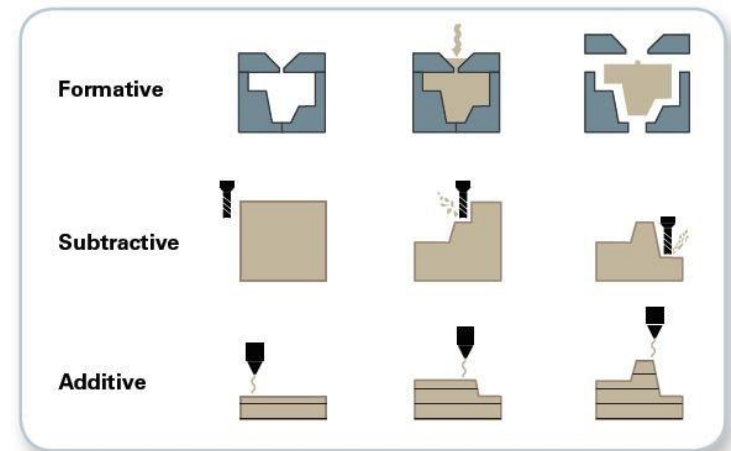
Tehnologija predstavlja organizaciju znanja za postizanje praktičnih ciljeva.

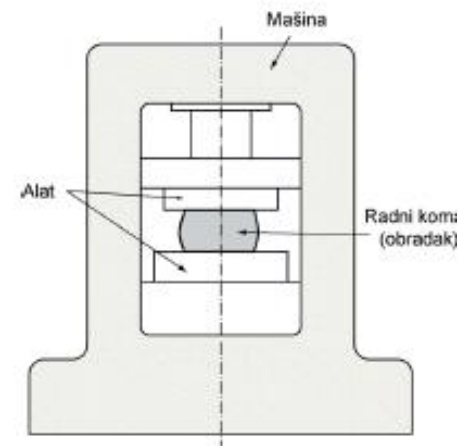
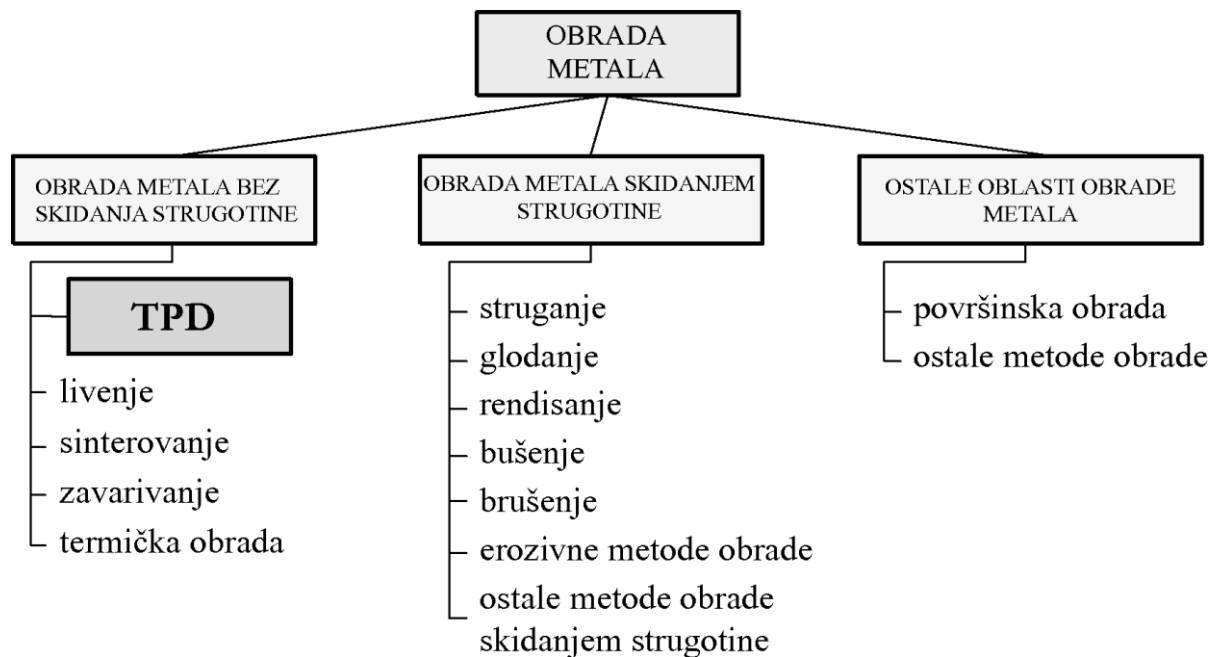
Tehnologija je postupak pretvaranja jednih upotrebnih vrednosti (prirodnih predmeta ili poluproizvoda) u druge upotrebne vrednosti kombinovanjem ljudskih radnih operacija s operacijama mašina, drugih mehanizama, uređaja, alata...

Klasifikacija proizvodnih tehnologija

- **Formativne tehnologije (obrada deformisanjem)**
- **Substraktivne tehnologije (obrada rezanjem)**
- **Aditivne tehnologije**

Naziv tehnologije	Pripremak	Obradak	Izradak
Substraktivne	Komad materijala	Uklanja se deo materijala	Ima smanjenu zapreminu
Formativne	Komad materijala	Menja se oblik pripremk	Ima istu zapreminu
Aditivne	Ne postoji	Uvećava se sukcesivno	Ima konačnu zapreminu
Livenje	Ne postoji, ali postoji livački alat	Uvećava se sukcesivno	Ima konačnu zapreminu
Termička obrada	Gotov izradak	Menjaju se karakteristike materijala	Ima istu zapreminu
Površinska obrada	Gotov izradak	Menja se površinski sloj	Minorne promene zapremine
Spajanje i montaža	Gotove komponente	Spajaju se komponente	Sklop

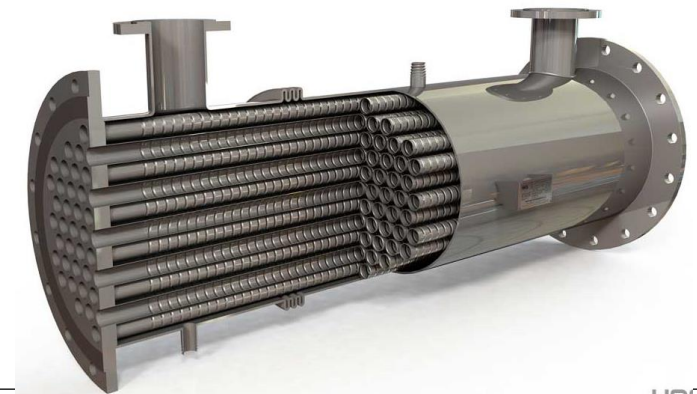




- ❖ Plastično deformisanje metala je obrada pri kojoj se pod dejstvom dovoljno visokog spoljašnjeg opterećenja (alat i mašina) trajno menja oblik polaznog materijala, pri čemu se njegova zapremina ne menja. Ova opšta definicija obuhvata veliki broj različitih metoda kojima se mogu dobiti proizvodi od različitih metalnih materijala, različitih oblika i dimenzija, tačnosti i kvaliteta površina.
- ❖ Više od 80% svih metalnih materijala u ranijoj ili kasnijoj fazi obrade biva obrađeno nekom od tehnologija plastičnog deformisanja, dok svaka treća mašina u pogonima jeste mašina za plastično deformisanje.....

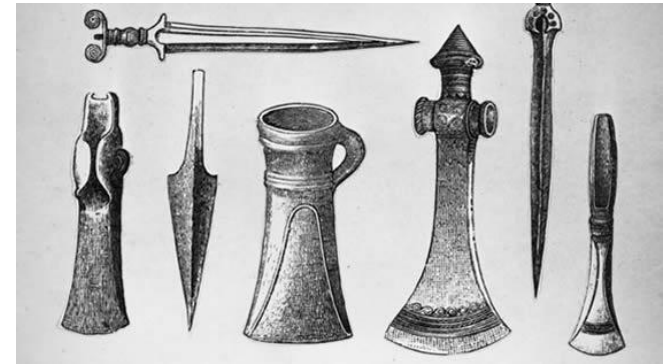


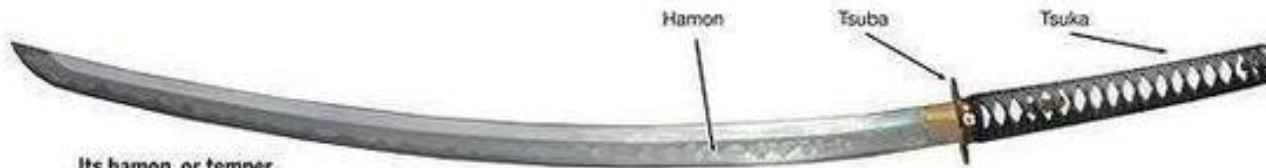




5000 B.C. - Prvi primitivni oblici TPD





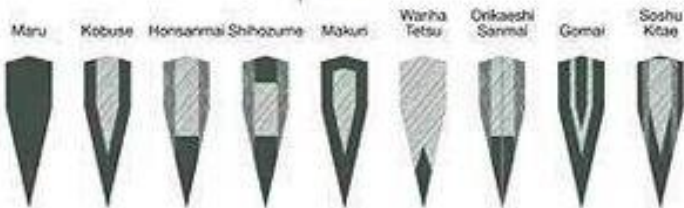


Its hamon, or temper line, distinguishes a samurai's strong yet razor-sharp *katana*.

Munetetsu
(medium steel)
Kawatetsu
(folded steel)
Shintetsu
(soft iron)
Hatetsu
(hard steel)



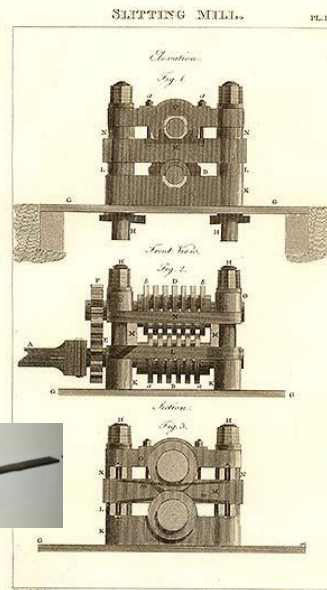
The *tsuba* (hand guard) was often as decorative as it was functional.



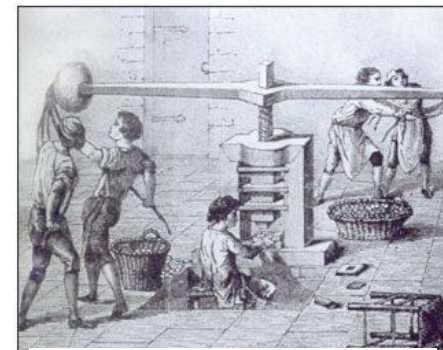
Each blade type comprises distinct layers of forged steel—harder high-carbon layers to form the edge, softer lower-carbon layers for the core.

- As for "1000 folds"... shita-kitae, is repeated from 8 to as many as **16 times**. After 20 foldings, (2^{20} , or about a million individual layers), there is too much diffusion in the carbon content, the steel becomes almost homogenous in this respect, and the act of folding no longer gives any benefit to the steel.

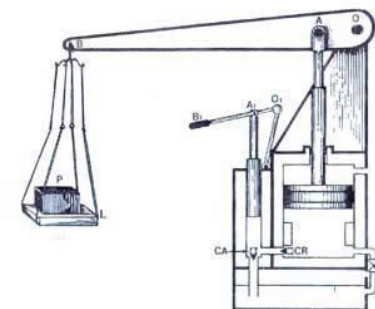




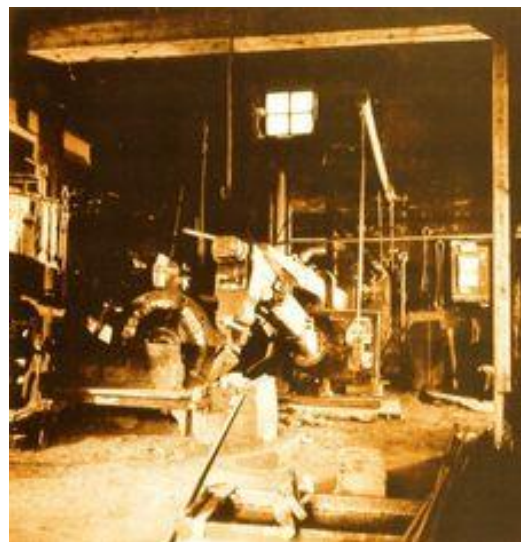
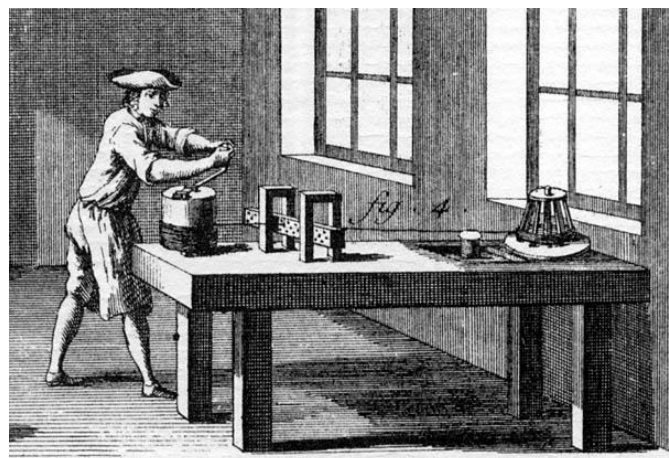
1813



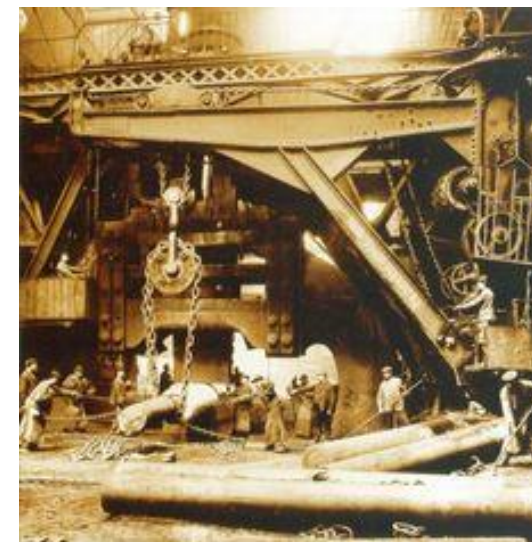
1626



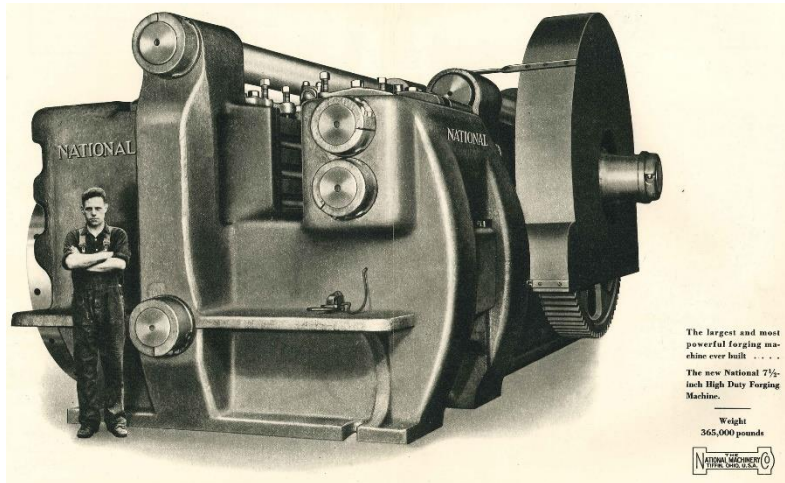
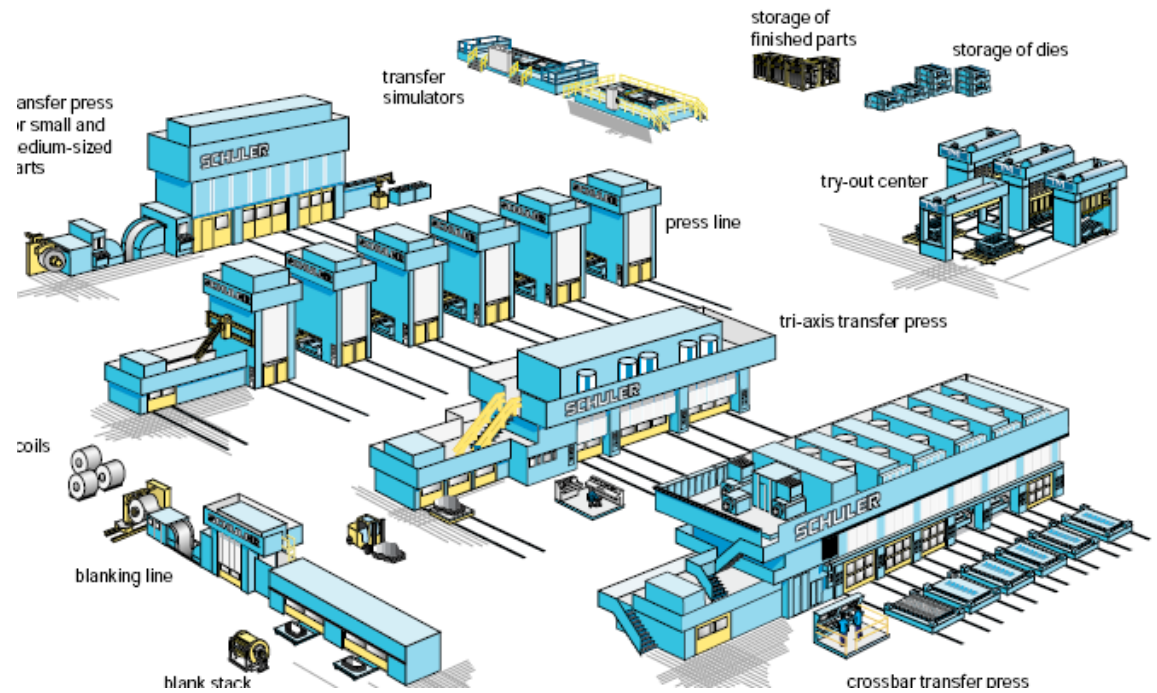
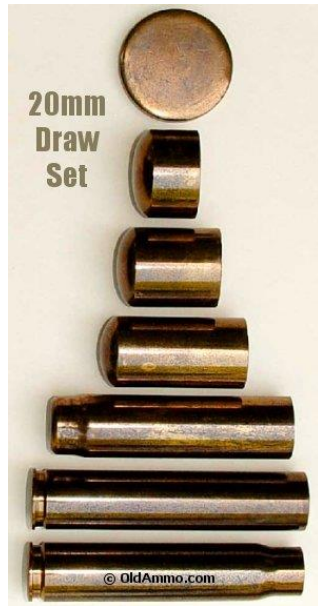
1770



Vodeni čekić
(oko 1780)



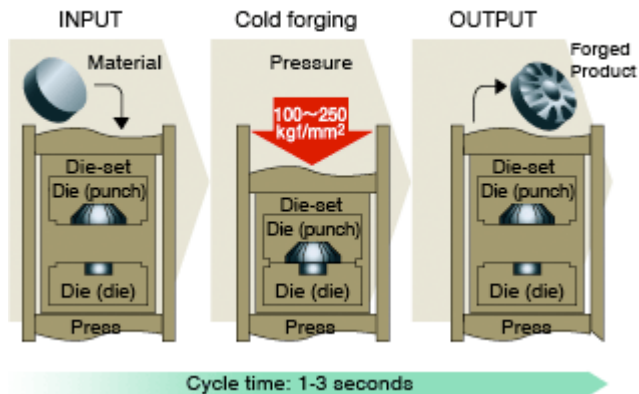
Parni čekić "Fritz"
Essen (oko 1860)



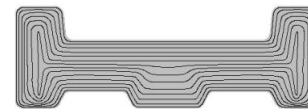
Glavne prednosti TPD

1. **Relativno jednostavna i brza izrada delova**, bez obzira na njihov oblik
2. **Visok stepen iskorišćenja materijala**
3. **Visoke mehaničke karakteristike!!!!**
4. **Visoka tačnost i kvalitet površina delova**
5. **Komadna cena je znatno niža** nego kod ostalih tehnologija u slučaju većih serija.
6. **Relativno nizak utrošak energije po jedinici težine radnog komada**
7. **Supstitucija tehnologije**

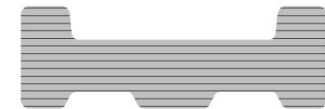
Precision forging process



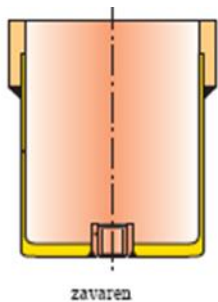
GRAIN STRUCTURE OF A FORGED PART COMPARED WITH A MACHINED PART



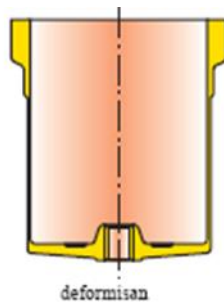
PART PRODUCED BY FORGING



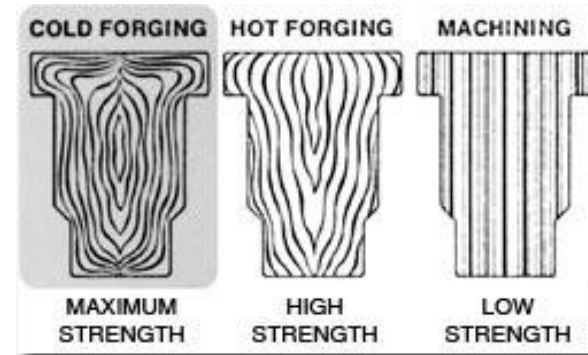
SAME PART PRODUCED BY MACHINING

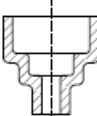


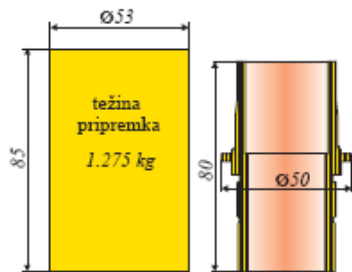
zavarena



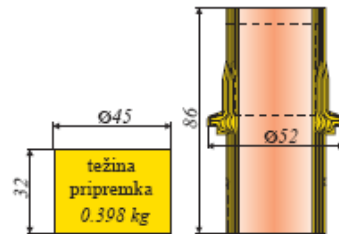
deformisan



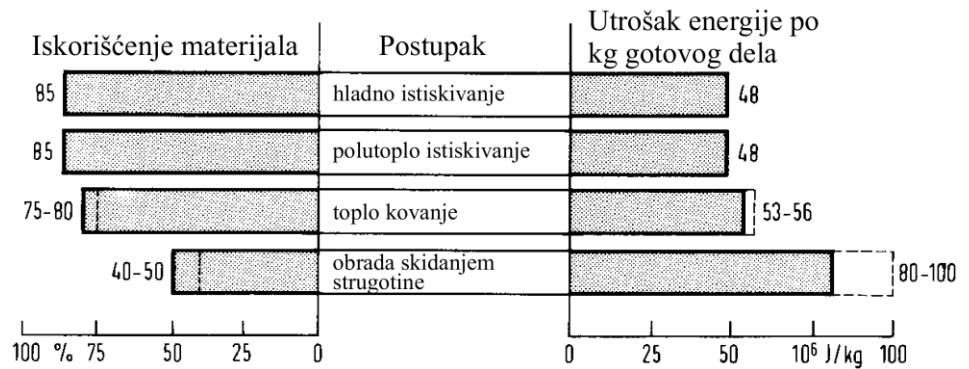
Skica/ obratka	Težina gotovog dela (N)	Težina priprema (N)		Materijal pretvoren u strugotinu		Ušteda materijala pri obradi hladnim deformis.		Glavno vreme izrade (s)	
		skidanje strugotine	hladno deformisanje	(N)	%	(N)	%	skidanje strugotine	hladno deformisanje
 Kapa ležaja	0,9	8,54	1,08	7,61	89	7,45	87	114	16
 Glavčina točka	1,07	9,12	1,22	8,06	88	765	82	186	24



pripremak i tok vlakana dela
obrađenog struganjem



pripremak i tok vlakana dela
obrađenog deformisanjem



Glavna grupa	Vrsta obrade	Dimenzija	ISO - kvalitet / IT											
			5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Deformisanje	kovanje u kalupu	prečnik												
	precizno kovanje	prečnik												
	toplo istiskivanje	prečnik												
	hladno istiskivanje	prečnik												
	utiskivanje	debljina												
	precizno valjanje	debljina												
	valjanje	debljina												
	duboko izvlačenje sa promenom debljine zida	debljina												
	vučenje cevi, žice, šipki	prečnik												
	duboko izvlačenje	prečnik												
Razdvajanje	odsecanje	prečnik												
	fino odsecanje	prečnik												
	struganje	prečnik												
	glodanje	debljina												
	okruglo brušenje	prečnik												

postiže se uobičajenim postupkom
 postiže se posebnim merama
 postiže se samo u izuzetnim slučajevima

Postupak	R _Z (μm)										R _a (μm)															
	5	12	15	18	20	30	40	50	60	70	80	90	100	0,5	1	2	3	4	6	8	10	12	15	20	25	30
toplo istiskivanje																										
polutoplo istiskivanje																										
polutoplo/hladno istiskivanje																										
hladno istiskivanje																										
duboko izvlačenje sa promenom deb. zida																										
sabijanje																										
redukovanje preseka																										

pre odstranjivanja nosača mazivog sredstva

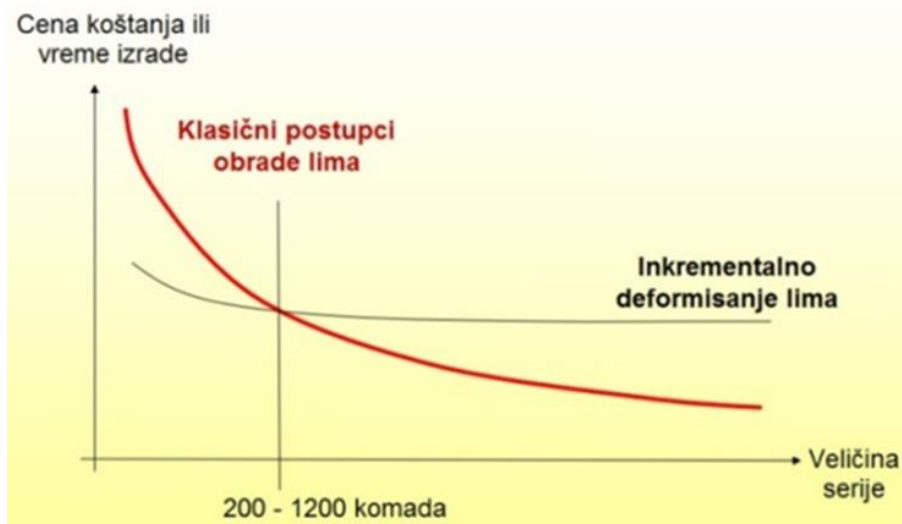
nakon odstranjivanja nosača mazivog sredstva

Danas se TPD primenjuje u različitim industrijskim oblastima, među kojima su najvažnije:

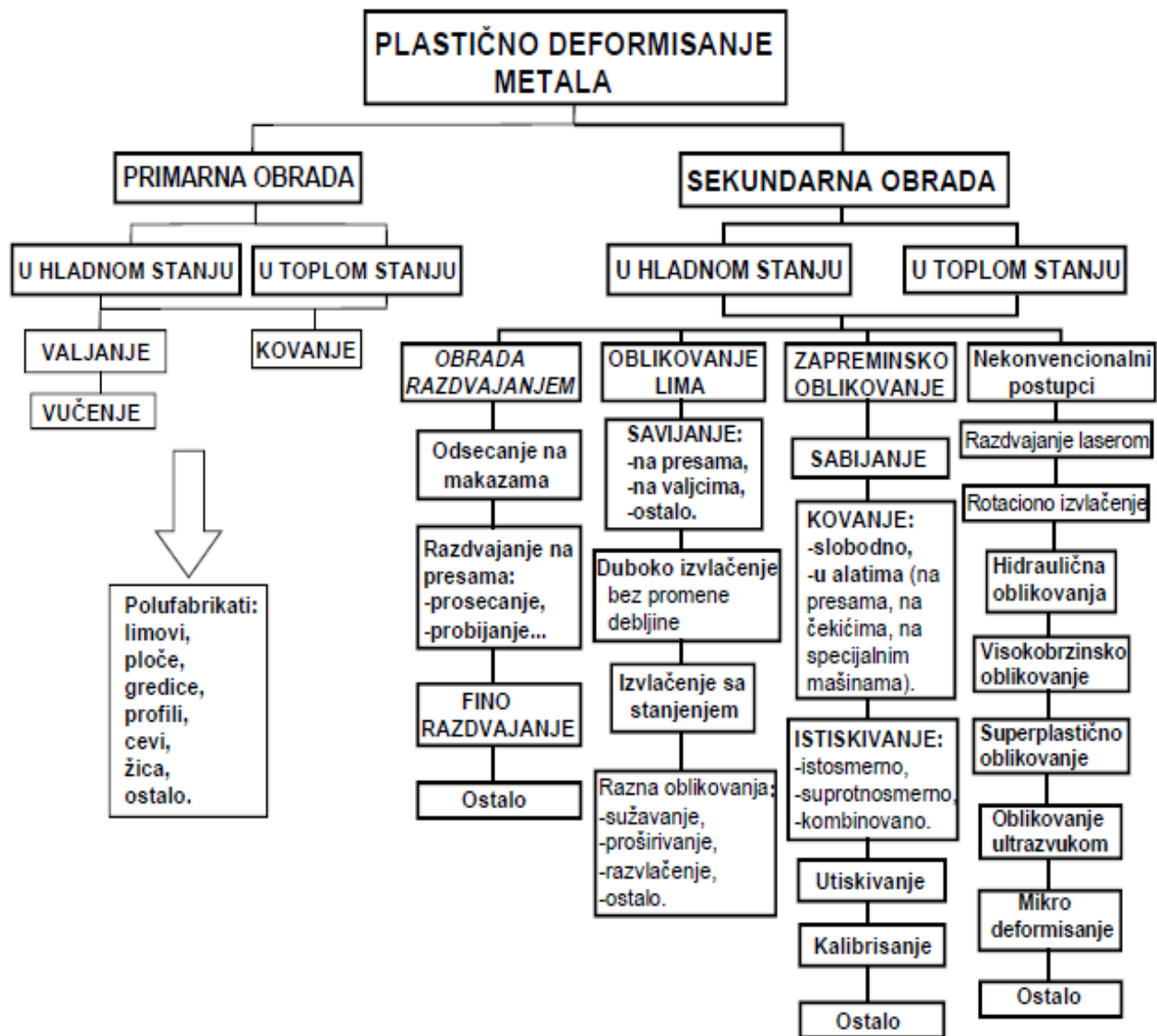
- izrada delova za vozila, brodove, mašine, alate i uređaje. Poseban značaj ova tehnologija ima u izradi lakih konstrukcija
- izrada ručnih alata (čekići, klešta, zavijači) i hirurških instrumenata
- izrada vezivnih elemenata: vijci, navrtke, čivije, osovinice i sl.
- izrada rezervoara, limenih konzervi, kanistera
- izrada elemenata u građevinarstvu: elementi krovnih i zidnih konstrukcija, okovi vrata i prozora
- primena u elektrotehnici i elektronici

Glavni nedostatci TPD

- Ova tehnologija je ekonomski opravdana samo u slučaju serijske, velikoserijske i masovne proizvodnje. Ali....
- Ne mogu se svi materijali uspešno obrađivati TPD. To se, pre svega, odnosi na visokolegirane čelike i druge materijale s niskom polaznom plastičnošću.
- Primena procesa je ograničena s obzirom na maksimalno dozvoljeno opterećenje alata.
- U procesu se često javljaju velike sile i pritisci, što iziskuje potrebu za robusnim alatima i mašinama velike snage.



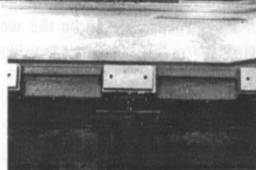
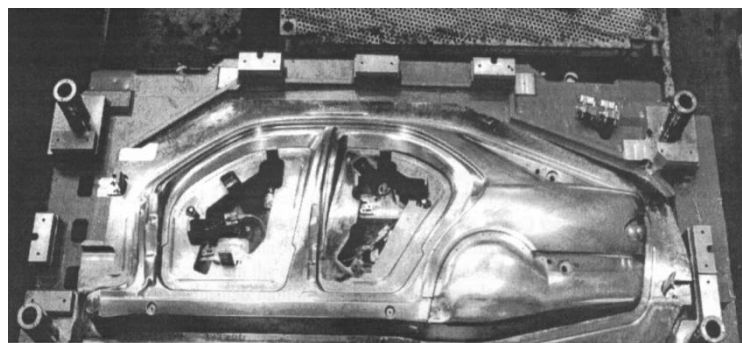
KLASIFIKACIJA METODA TPD



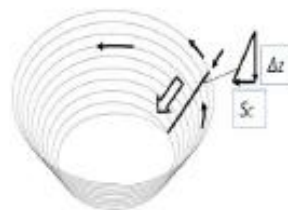
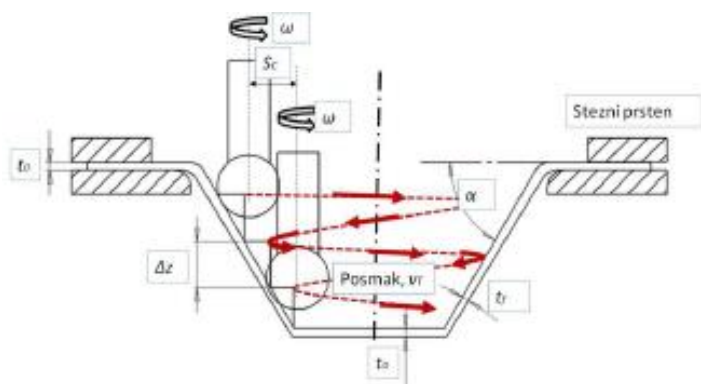
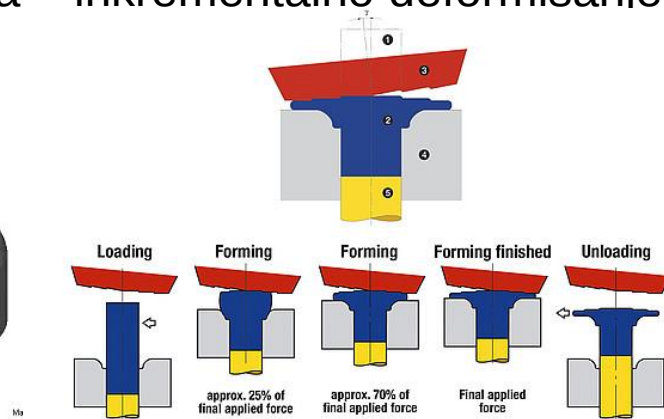
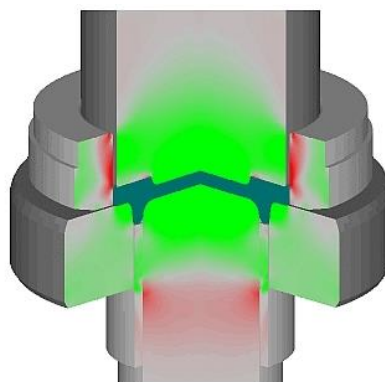
Klasifikacija TPD - nastavak

Prema **veličini zone deformisanja – zahvatu alata**.

- Procesi (deformisanje) sa kompletnim zahvatom alata
- Procesi (deformisanje) sa parcijalnim zahvatom alata – inkrementalno deformisanje

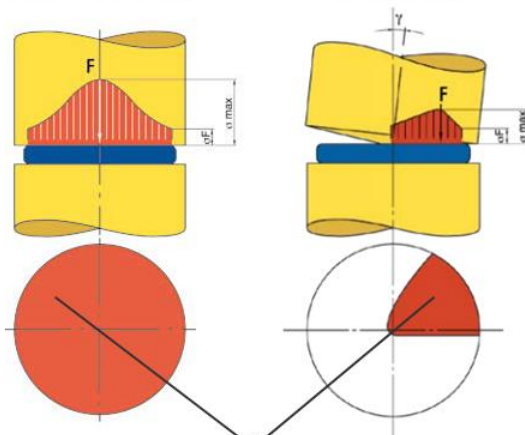


Dimenzija: 4.20 x 2.30 m
Težina: gornji deo: 12 tona
donji deo: 11.5 tona
Materijal: GG25



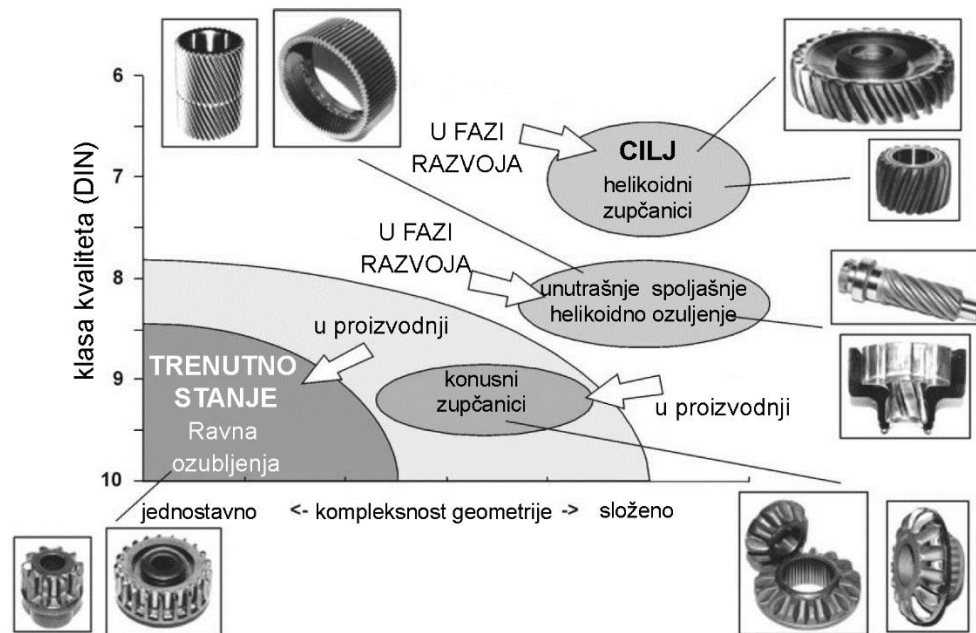
Konvencionno kovanje

Orbitalno kovanje



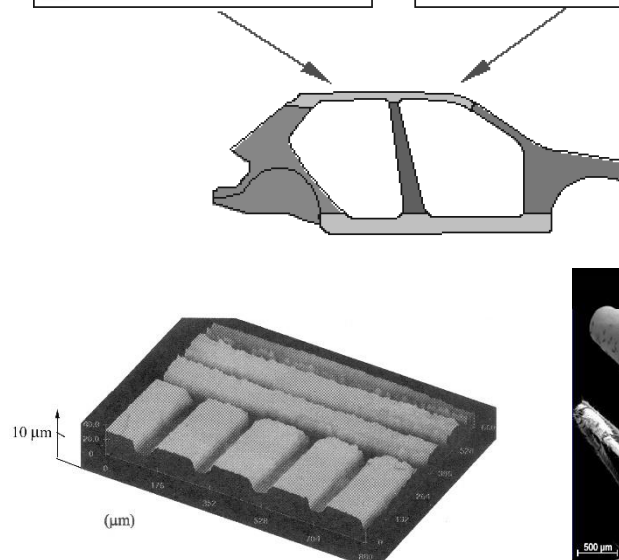
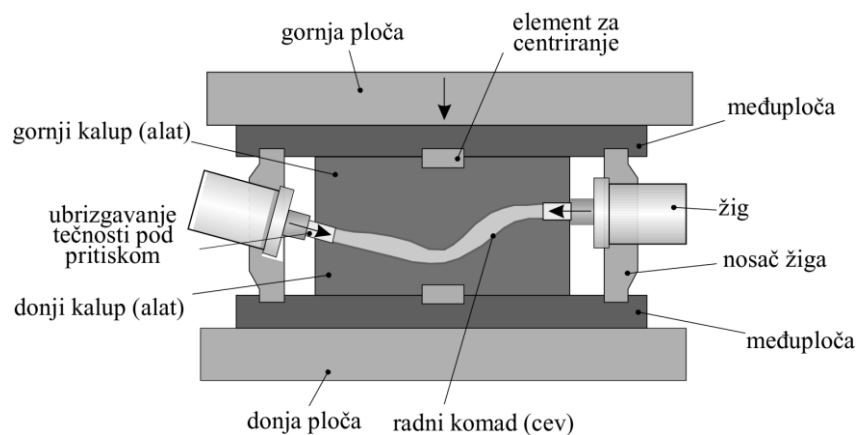
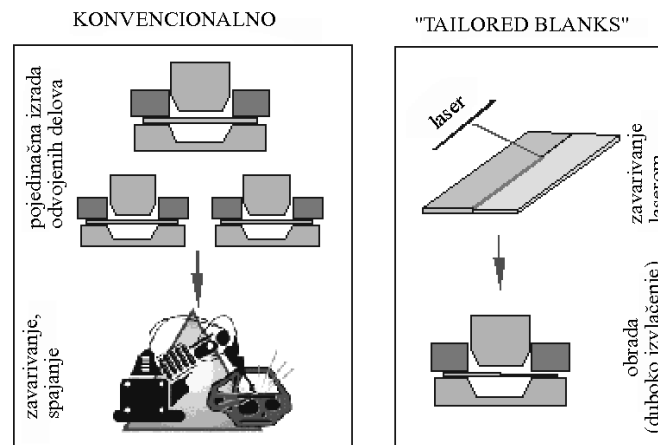
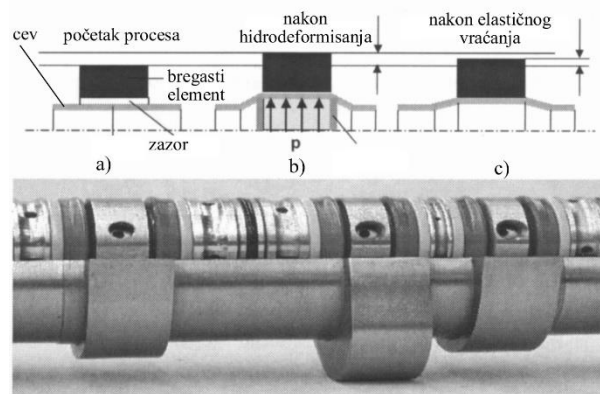
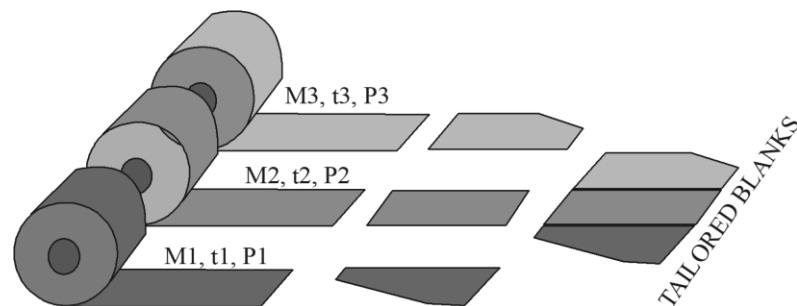
Kontaktna površina

TRENDOVI RAZVOJA TPD



KONCEPT ODRŽIVE PROIZVODNJE!!!

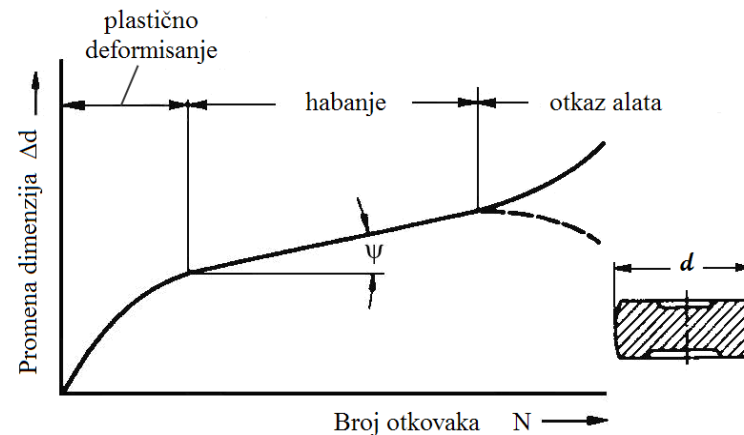
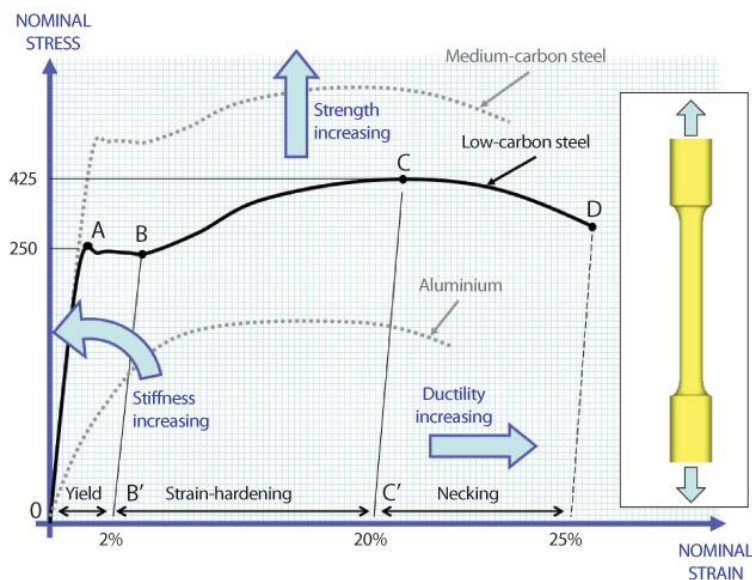
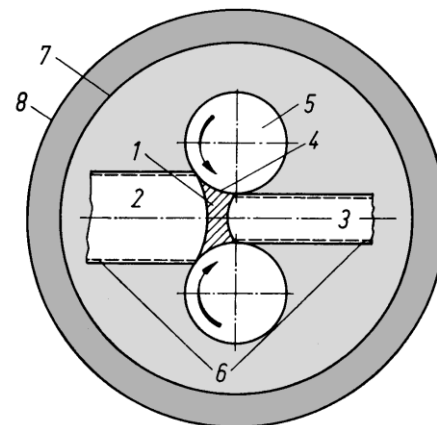
Hidroforming
Tailored blanks sheet forming
Inkrementalno deformisanje
Mikrodeformisanje
Net Shape Forming



Obrade deformisanjem

- problemske celine -

1. Zona deformisanja
2. Karakteristike materijala pre deformisanja
3. Karakteristike materijala nakon deformisanja
4. Kontakt alat–materijal i procesi koji se u tom kontaktu odvijaju za vreme procesa deformisanja
5. Problematika alata
6. Procesi koji se odvijaju između materijala i okoline pre i posle njegovog prolaska kroz zonu deformisanja
7. Mašina za TPD
8. Pogon u kome se proces izvodi, uključujući probleme unutrašnjeg transporta, automatizacije i dr.



Simulacije u TPD

