

KAZALO VSEBINE

0.0 UVOD	2
1.0 ODREZOVANJE Z ORODJEM V OBLIKI KLINA	3
1.1 REZALNI KLIN	4
1.2 RAVNINE REZANJA	7
1.3 KOTI KLINA	9
2.0 GIBANJE PRI ODREZOVANJU	11
2.1 PROTISMERNO IN ISTOSMERNO ODREZOVANJE	11
2.2 REZALNA IN PODAJALNA HITROST	12
2.3 REZANJE PRI ROTACIJSKEM GIBANJU ORODJA	14
2.4 PODAJANJE NA ZOB	15
2.5 GLOBINA VALA	19
3.0 REZALNO ORODJE	22
3.1 VRSTE REZALNEGA ORODJA	22
3.1.1 orodja za ročno obdelavo	22
3.1.2 orodja za strojno obdelavo	23
3.1.2.1 ravne, krožne, cilindrične in verižne žage	23
3.1.2.2 skobeljna orodja	25
3.1.2.3 rezkalna orodja in glodala	27
3.1.2.4 vrtalna orodja	30
3.1.2.5 brusilna sredstva	31
3.2 OTOPIŦEV REZALNEGA ORODJA	34
3.3 TEHNOLOGIJA OSTRENJA ORODJA	34
3.3.1 ročno ostrenje orodja	34
3.3.2 strojno ostrenje orodja	35
4.0 HITROST IN SILE, VZVODI IN PRENOSI	38
5.0 TEHNOLOGIJA LEPLJENJA LESA	43
5.1 TEORETIČNE OSNOVE LEPLJENJA	43
5.1.1 načini lepljenja	44
5.1.2 površina lepljenja	47
5.2 POGOJI ZA LEPLJENJE	49
5.3 POSTOPKI LEPLJENJA	49
5.4 NANOS LEPILA	49
5.5 STISKANJE ZLEPLJENCEV	52
6.0 DELO Z LESNO OBDELOVALNIMI STROJI Z VIŠJO STPNJO ZAHTEVNOSTI	57
6.1 STROJI Z AVTOMATSKIM PODAJANJEM IN VEČ DELOVNIMI VRETENI	57
6.2 NC IN CNC STROJI	59
7.0 STROJNE LINIJE IN TEHNOLOŠKI POSTOPKI IZDELAVE IZDELKOV	64
7.1 OBDELAVA MASIVNEGA LESA	64
7.2 OBDELAVA TVORIV	64
8.0 LASER V LESARSTVU	66
8.1 DELOVANJE LASERJA	66
8.2 LASERJI ZA OZNAČEVANJE IN MERJENJE	69
8.3 LASERSKI STROJI ZA REZANJE IN GRAVIRANJE	73
8.4 LASERSKO IZDELANI LESENI IZDELKI	74

0.0 UVOD

TEHNOLOGIJA STROJNE OBDELAVE LESA

-TEHNOLOGIJA je način, postopek, zaporedje dogodkov od začetka, do cilja. Pomeni pravilno in učinkovito zaporedje, glede na zmožnosti in stanje tehnološkega razvoja.

-STROJNE pripomočki, naprave in stroji, ki jih potrebujemo za izvrševanje zaporedja izvajanja optimalnih tehnoloških rešitev.

-OBDELAVE so odvisne od orodja, ki ga uporabljamo pri določeni napravi, njegove kvalitete, vzdržljivosti, načina uporabe in vzdrževanja. Stroji delajo z različnimi orodji, z enim ali več orodji na različne načine.

-LESA les je material, ki ga obdelujemo, zato je najvažnejši v celem procesu, saj njegove lastnosti določajo načine obdelave, njegova namembnost stroje in naprave, izdelek iz lesa pa tehnologijo.

Tehnologija strojne obdelave lesa ima svoj izvor v ročni obdelavi. Z razvojem pogonskih strojev, ki z uporabo različnih energij, proizvajajo mehansko energijo, smo razvili stroje za strojno obdelavo lesa.

Z razvojnimi dosežki na različnih področjih se tehnologija strojne obdelave nenehno izboljšuje in spreminja, zato je sledenje in aplikacija teh dosežkov izrednega pomena za spreminjanje, prilagajanje in izboljševanje procesov.

Hiter razvoj zahteva nenehno izobraževanje, investiranje in obvladovanje teh procesov, zahteva pa tudi občutek z katerim lahko presodimo pravilnost odločitev.

Les obdelujemo z različnimi rezalnimi postopki:

- s pomočjo klina, ki je iz različnih materialov in oblik: žaganje, skobljanje, rezkanje, vrтанje, dolbljenje, struženje in brušenje
- s tekočinami pod visokim pritiskom
- z lasersko tehniko

1.0 ODREZOVANJE Z ORODJI V OBLIKI KLINA

Za odrezovanje lesa s pomočjo orodja v obliki klina je potrebna predvsem določena sila, ki deluje na orodje, ta povzroči gibanje klina, ki opravlja delo.

Produkt odrezovanja s pomočjo klina so: iveri, odrezki, ostružki in lesni prah.

Rezalna sila je odvisna od različnih parametrov, od katerih so najpomembnejši:

- vrsta lesa** (njegova anatomska zgradba, gostota, prisotnost mineralov.....)
- vlažnost lesa** (vpliva predvsem na kvaliteto obdelave, višja vlažnost lesa pomeni manjšo silo rezanja in slabšo kvaliteto)
- temperatura lesa** (pomembno vpliva na silo rezanja v območju zmrzali)
- smer rezanja** (vzdolžno in prečno)
- rezalni koti** (geometrija rezila)
- rezalna hitrost** (hitrost rezalnega klina)
- ostrina orodja** (ostrejše orodje- manjša sila rezanja in obratno)
- podajalna hitrost** (večja hitrost obdelovanca- večja sila rezanja)
- debelina odrezka**(je odvisna od rezalne hitrosti, števila rezil in podajalne hitrosti)
- širina rezanja** (večja je širina rezanja, večja je sila rezanja)

Odrezovanje s pomočjo orodji v obliki klina je odvisno tudi od:

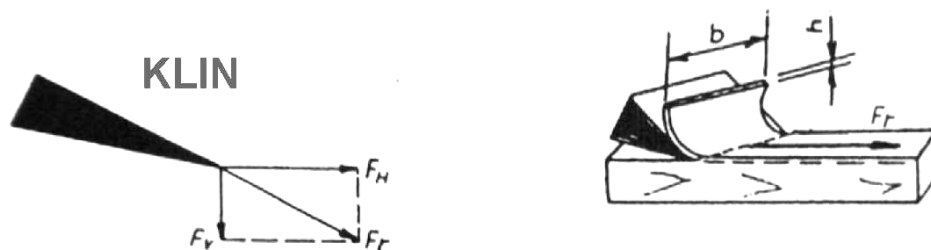
- oblike rezalnega klina** (geometrije orodja)
- materiala iz katerega je izdelan rezalni klin** (trdota, žilavost)
- ravnine rezanja** (glede na smer anatomskih elementov pri masivi in tvoriva)
- gibanja pri odrezovanju** (protismerno, istosmerno)
- gibanje orodja** (linearno, rotacijsko)

Torej odrezovanje je odvisno od številnih parametrov, od katerih so nekateri bolj pomembni, drugi manj.

Glede na pomembnost posameznega parametra, ki vpliva na kvaliteto odrezovanja in porabo energije morajo biti tudi zadovoljeni osnovni pogoji za doseganje odličnosti v procesu obdelave lesa:

- ustrezno znanje** (znanje je najpomembnejši faktor v celotnem produkcijskem procesu)
- ustrezni prostori** (ustrezna velikost, energetska varčen, ustrezna klima,)
- ustrezna orodja za posamezne obdelave** (čimbolj specialna orodja)
- ustrezna strojna oprema** (primerna obsegu proizvodnje in programu)
- ustrezna tehnološka postavitvev** (optimalna postavitvev strojev, razsvetljava,....)

1.1 REZALNI KLIN



1.1.01 Slika: klin (M.Prošek,M.Geršak,J.Kavčič, STROJI ZA OBDELAVO LESA, Ljubljana 2001)

Sila rezanja F_r je posledica vertikalne komponente F_v , ki obdelovanec tlači in horizontalne komponente F_h , ki je potrebna za formiranje in odstranitev odrezka. Torej rezalna sila na zob je produkt specifične rezalne sile k_s , debeline odrezka h , ki je pri krožnem odrezovanju srednja debelina odrezka in širine rezanja b .

Zato je formula za izračun rezalne sile:

$$F_r = k_s \cdot h \cdot b$$

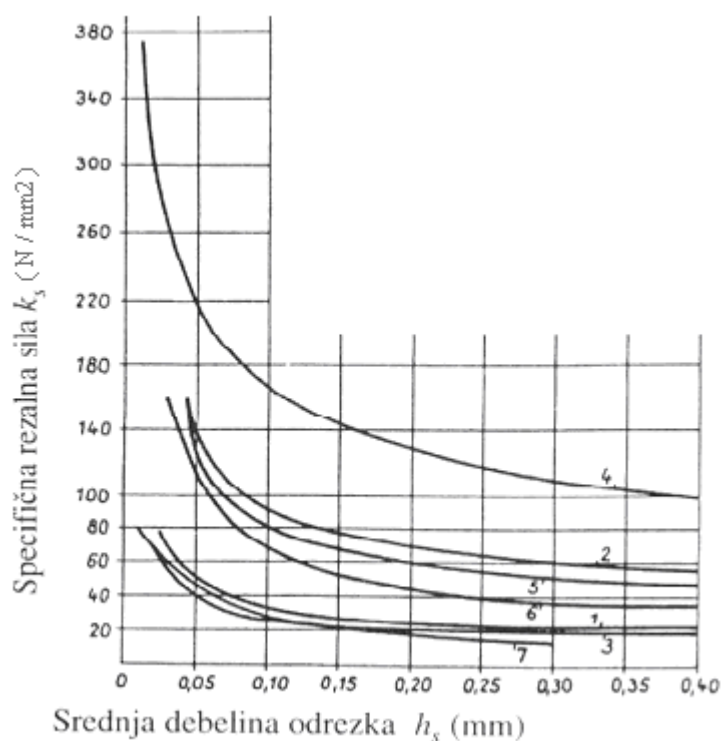
F_r sila rezanja na klin [N]

k_s specifična rezalna sila [N/mm²]

h debelina odrezka (pri rotacijskem, srednja debelina) [mm]

b širina odrezovanja [mm]

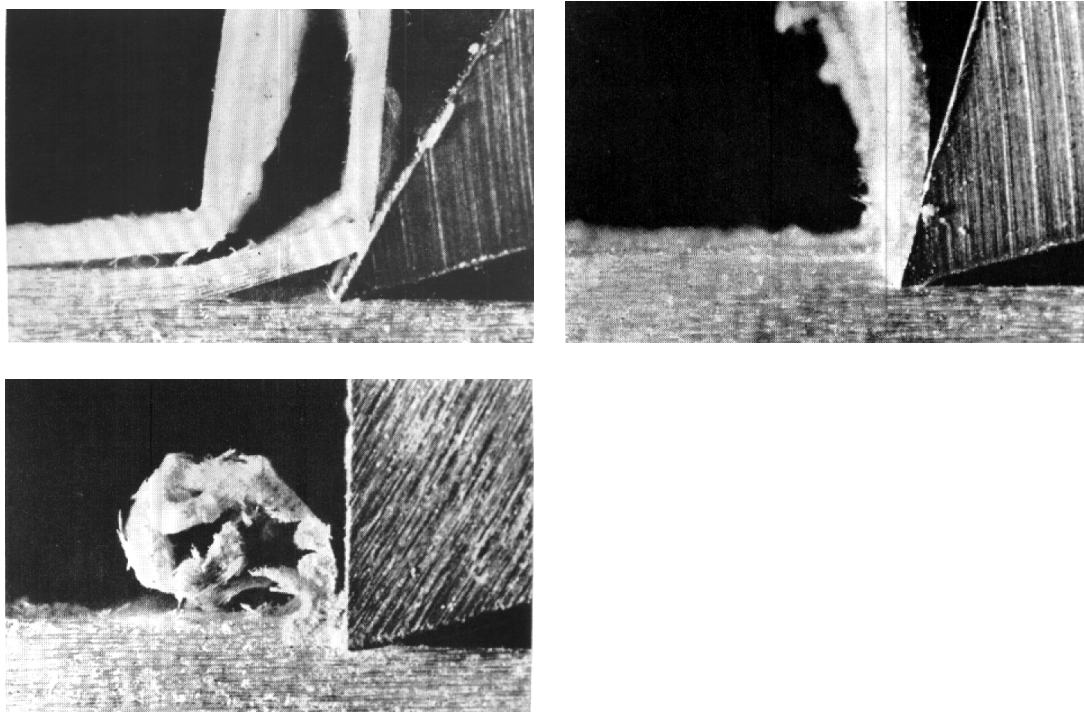
Specifična rezalna sila je odvisna od drevesne vrste, debeline odrezka in smeri rezanja. Na spodnji sliki je nekaj podatkov za različne obdelovance in smeri rezanja.



1.1.02 Slika: specifična rezalna sila pri rezkanju (M.Prošek,M.Geršak,J.Kavčič, STROJI ZA OBDELAVO LESA, Ljubljana 2001)

- 1-bukev (vzdolžni rez)
- 2-bukev (prečni rez)
- 3-bor (vzdolžni rez)
- 4-dekorativni laminat (v obeh smereh)
- 5-trda vlaknena plošča (vzporedno z robom)
- 6-trislojna iverna plošča (vzporedno z robom)
- 7-trislojna iverna plošča (vzporedno s površino)

Geometrija ali oblika rezalnega klina vpliva na kvaliteto obdelane površine, formiranje oblike odrezka in porabo energije.



1.1.03 Slika: formiranje odrezka z klini različnih geometrij (Principles of Wood Science and Technology, I Solid Wood, Franz F.P. Kollmann, Wilfred A. Côté, Jr., Berlin-New York 1968)

Na zgornjih slikah vidimo, kakšne so razlike in kako vplivajo posamezni koti rezila na kvaliteto obdelane površine.

Iz oblike odrezka lahko sklepamo na geometrijo orodja s katerim je bil obdelovanec obdelan.

PRIMER

Na rezkalnem stroju vzdolžno obdelujemo bukov obdelovanec preseka 32 X 32 mm. Pri konstantni podajalni hitrosti je srednja debelina odrezka 0,2 mm. Izračunaj rezalno silo!

Iz slike 1.1.02 gledamo krivuljo 1 in pri 0,2 mm debeline odrezka odčitamo:
 $k_s = 20 \text{ N/mm}^2$

$$F_r = k_s \cdot h_s \cdot b = 20 \text{ N/mm}^2 \cdot 32 \text{ mm} \cdot 0,2 \text{ mm} = 128 \text{ N}$$

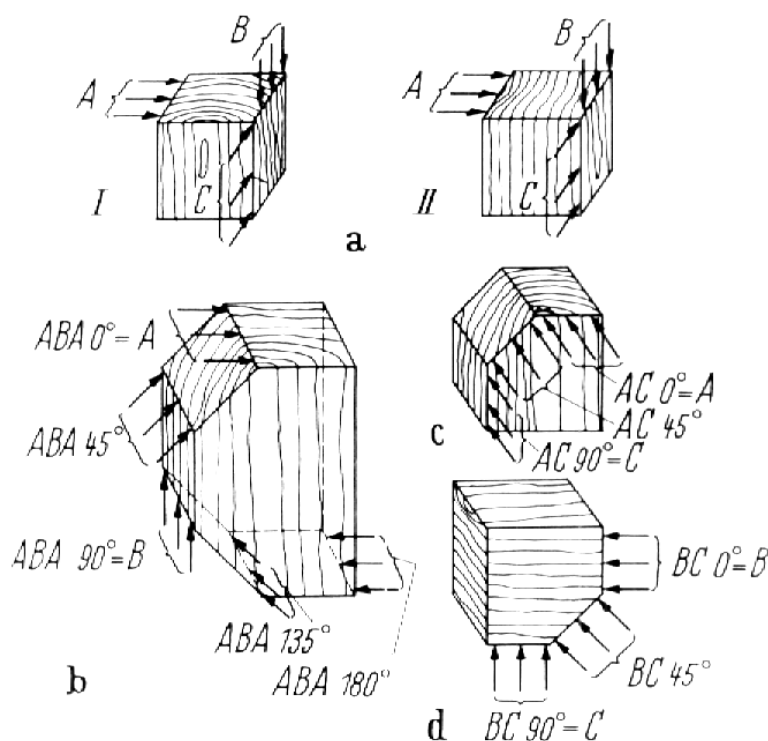
1.2 RAVNINE REZANJA

Ravnine rezanja določa smer rezilnega orodja glede na obdelovanec in njegovo strukturo. Obdelovanci se glede na odrezovanje v grobem ločijo na:

- **odrezovanje masivnega lesa**
- **odrezovanje plošč: vezanih, ivernih, vlaknenih in drugih plošč**

Masivni les režemo v glavnem v treh smereh:

- A- **čelni rez** ali rezanje v smeri pravokotno na smer vlaken
- B- **vzdolžni rez** ali rezanje v smeri vlaken
- C- **prečni rez** ali rezanje bočno na vlakna



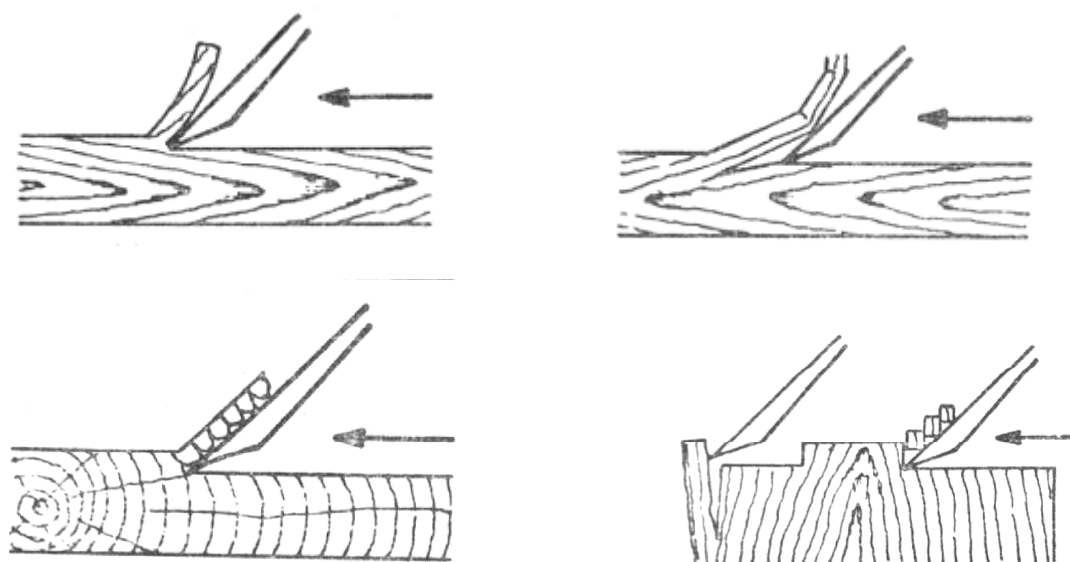
1.2.01 Slika: smeri rezanja (Principles of Wood Science and Technology, I Solid Wood, Franz F.P. Kollmann, Wilfred A. Côté, Jr., Berlin-New York 1968)

Pri ploščah sta samo dve smeri rezanja, ker sta samo dve izraziti ploskvi široka in bočna ploskev in dva karakteristična podatka površina in debelina:

- a- vzporedno s površino
- b- vzporedno z robom

Odrezovanje je v vzdolžni smeri lahko za lesnimi vlakni, kar nam daje lepo in gladko obdelavo, lesna vlakna se pri odrezovanju cepijo proti površini obdelovanca.

Pri vzdolžnem odrezovanju proti lesnim vlaknom pride do zacepitve in odtrgavanja lesnih vlaken, kar povzroča hrapavo, nekvalitetno obdelano površino. Te napake najlažje preprečimo z pravilnim obračanjem obdelovancev ali pa z pritisknimi letvami in lomilci, ki vlakna nalomijo ali odlomijo.



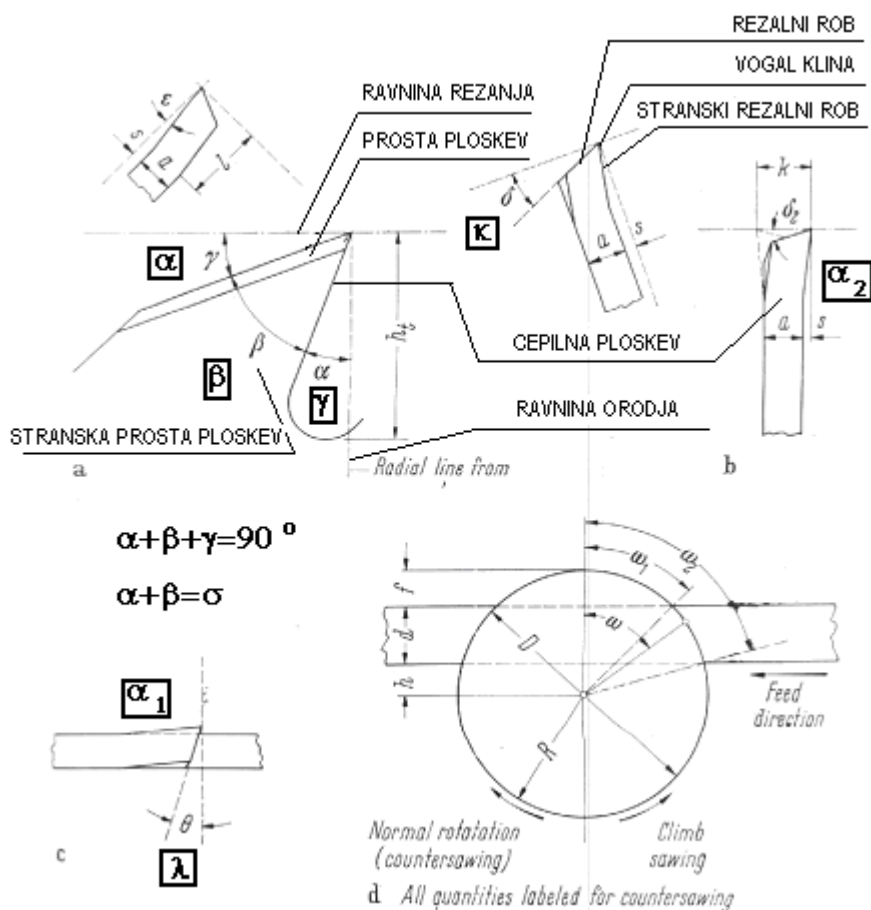
1.2.02 Slika: odrezovanje v vzdolžni, prečni in čelni smeri (Anton Likavec, TEHNOLOGIJA OBDELAVE S STROJESLOVJEM 1, Ljubljana 1973)

Prečno odrezovanje je glede na kvaliteto površine slabše od vzdolžnega odrezovanja, saj pride do mečkanja lesnih vlaken, ker so ponavadi bočno obremenjeni po celi dolžini hkrati, prihaja tudi do zacepljenja strženovih trakov v območju od periferije proti sredini, če je delež teh velik je tudi opaznost napake velika.

Čelno odrezovanje je s stališča kvalitete ponavadi najslabše, zato je ostrina orodja pri tem odrezovanju najpomembnejša.

1.3 KOTI KLINA

Koti klina so osnovni podatki vsakega orodja, ki ga uporabljamo za odrezovanje. Posamezne kote definirajo ravnine, robovi in ploskve, kar nam opisuje geometrijo orodja.



1.3.01 Slika: koti klina a) pogled s strani, b) pogled odspredaj, c) tlorisni pogled, d) žaganje (Principles of Wood Science and Technology, I Solid Wood, Franz F.P. Kollmann, Wilfred A. Côté, Jr., Berlin-New York 1968)

osnovni koti so α , β , γ , σ :

α - prosti kot (alfa)

je kot med prosto ploskvijo (hrbno ploskvijo) in ravnino rezanja.

β - kot klina (ostrinski kot) (beta)

je kot med prosto ploskvijo in cepilno ploskvijo.

γ - cepilni kot (naklonski kot) (gama)
je kot med cepilno ploskvijo in ravnino orodja.

σ - rezalni kot (sigma)
je seštevek prostega kota in kota klina. $\alpha + \beta = \sigma$

ostali koti so še κ , λ , α_1 , α_2 : ti koti se gibljejo običajno med $5 - 15^\circ$

κ -nastavni kot (kapa) je kot glavnega rezalnega roba z vzporednico osi vrtenja na ravnini orodja.

λ -nagibni kot (lambda) je kot glavnega rezalnega roba z ravnino orodja.

α_1 -bočni tangencialni prosti kot (alfa1) je kot stranskega rezalnega roba z stransko prosto ploskvijo v tangencialni smeri.

α_2 -bočni radialni prosti kot (alfa 2) je kot stranskega rezalnega roba z stransko prosto ploskvijo v radialni smeri.

rezalni rob:

glavni je tisti, ki opravlja glavno funkcijo rezila in je na mestu, kjer se stikata prosta in cepilna ploskev.

stranski je tisti, ki opravlja svojo funkcijo ali pa ne, je na mestu, kjer se stikata stranska prosta ploskev in cepilna ploskev.

vogal klina

je točka v kateri se stikajo prosta, cepilna in stranska prosta ploskev ali točka v kateri se stikata glavni in stranski rezalni rob.

ploskve so:

prosta – to je tudi hrbtna ploskev klina, ki je v določenem trenutku vzporedna z ploskvijo obdelovanca, z cepilno ploskvijo tvori glavni rezalni rob.

cepilna – to je ploskev klina, ki tvori z prosto ploskvijo glavni rezalni rob, z stranskima ploskvama pa stranska rezalna roba, imenujemo jo tudi prsna ploskev, po njej drsi odrezek.

stranska – to je ploskev, ki tvori rob z prosto in cepilno ploskvijo.

ravnine so:

ravnina orodja je ravnina na kateri leži os vrtečega orodja

ravnina rezanja je pravokotna na ravnino orodja

2.0 GIBANJA PRI ODREZOVANJU

Gibanje pri odrezovanju je vedno definirano z smerjo in hitrostjo.

Smer pri odrezovanju je lahko:

-**protismerna**

-**istosmerna**

Hitost je odvisna od:

-**rezalne hitosti**, ki je lahko:

-premočrna (rezalni klin se gibljejo po ravni črti v določeni smeri)

-krožna (rezalni klin se giblje po krožnici-rotira)

-**podajalne hitosti** (ročno podajanje in mehansko podajanje)

2.1 PROTISMERNO IN ISTOSMERNO ODREZOVANJE

Odrezovanje je vedno vzporedno z osjo rotirajočega orodja ali vzporedno z smerjo rezanja pri premočrtnem gibanju rezalnega orodja.

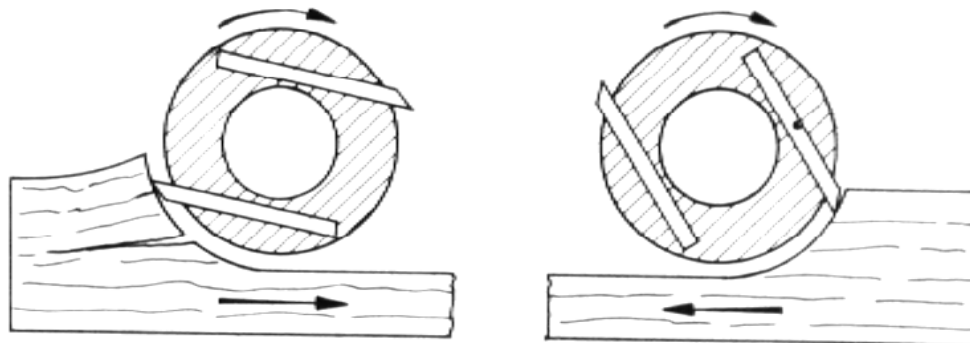
Pri odrezovanju ločimo:

-**pomikanje obdelovanca**; glede na orodje se giblje obdelovanec, kar pomeni, da je orodje vedno na istem mestu, obdelovanec pa se giblje.

-**pomikanje orodja**; glede na obdelovanec se giblje orodje, kar pomeni, da obdelovanec miruje, giblje se orodje (ročno skoblanje, rezanje furnirja, žaganje hlodov, brušenje z tračno brusilko, CNC obdelava....)

Smer pri rotacijskem odrezovanju je lahko:

- **protismerna**, kar pomeni, da se pri premikanju obdelovanca giblje rezalni klin v nasprotni smeri. V tem primeru rezalni klin izstopa na neobdelani površini obdelovanca, kjer je tudi debelina odrezka največja.
- **Istosmerna**, kar pomeni, da se pri premikanju obdelovanca giblje rezalni klin v isto smer. V tem primeru rezalni klin vstopa na neobdelani površini in izstopa na obdelani površini obdelovanca, kjer je debelina odrezka najmanjša. Rezalni klin reže z vlakni, kar onemogoči zacepitev, vendar pa je ta način uporaben le v primeru mehanskega podajanja.



2.1.01 Slika: protismerno in istosmerno gibanje (Principles of Wood Science and Technology, I Solid Wood, Franz F.P. Kollmann, Wilfred A. Côté, Jr., Berlin-New York 1968)

2.2 REZALNA IN PODAJALNA HITROST

Rezalna in podajalna hitrost sta lahko v različnih korelacijah, obe merimo z enoto hitrosti meter na sekundo [m/s] .

V primeru, ko obdelovanec miruje, rezalni klin pa potuje z določeno hitrostjo, lahko trdimo, da je rezalna hitrost v_r enaka hitrosti gibanja klina v_k .

$$v_r = v_k$$

Rezalna hitrost v primeru, ko rezalni klin miruje in potuje obdelovanec, je enaka hitrosti obdelovanca ali podajalni hitrosti v_p .

$$v_r = v_p$$

Pri protismernem gibanju rezalnega klina in gibanju obdelovanca je rezalna hitrost seštevek hitrosti klina in hitrosti podajanja.

$$v_r = v_k + v_p$$

Pri istosmernem gibanju se gibljeta rezalni klin in obdelovanec v isto smer, hitrost rezalnega klina mora biti vedno nekajkrat večja, rezalna hitrost pa je razlika med hitrostjo klina in hitrostjo podajanja.

$$v_r = v_k - v_p$$

Pri premočrtnem gibanju rezalnega klina je njegova hitrost v_k enaka hitrosti potovanja.

Pri rotacijskem gibanju je hitrost klina v_k odvisna od obodne hitrosti v_o , ta pa je odvisna od premera orodja in števila vrtljajev.

$$v_k = v_o$$

$$v_o = \diamond \cdot D \cdot n$$

v_oobodna hitrost [m/s]

\diamondpi

Dpremer orodja [m]

n število vrtljajev [s⁻¹]

KVALITETA	REZALNA HITROST [m/s]
Slaba	5 - 20
Srednja	21 - 60
Zelo dobra	61 - 100

2.2.001 Tabela: Kvaliteta obdelave glede na rezalno hitrost (Principles of Wood Science and Technology, I Solid Wood, Franz F.P. Kollmann, Wilfred A. Côté,Jr., Berlin-New York 1968)

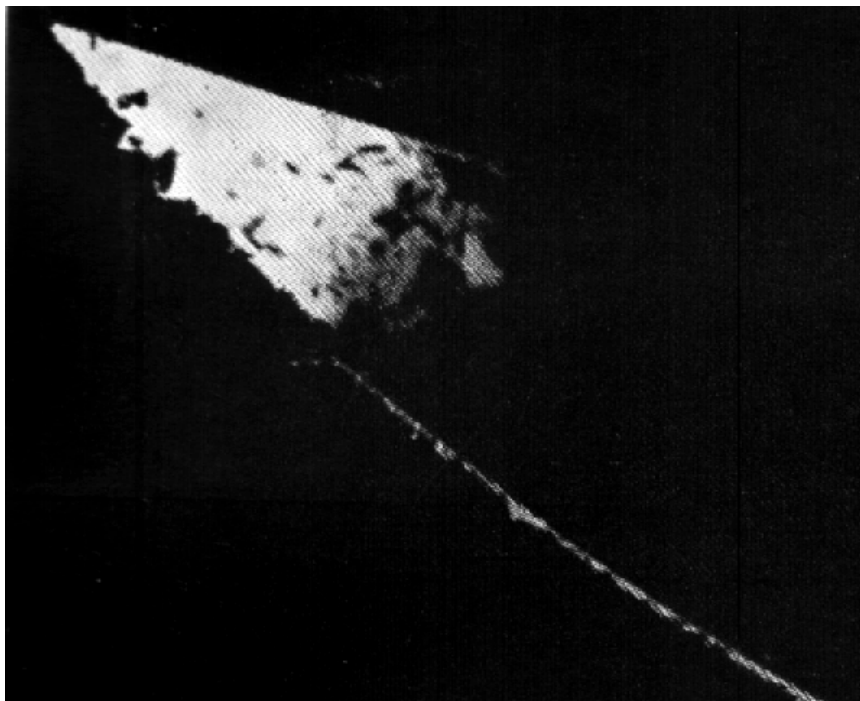
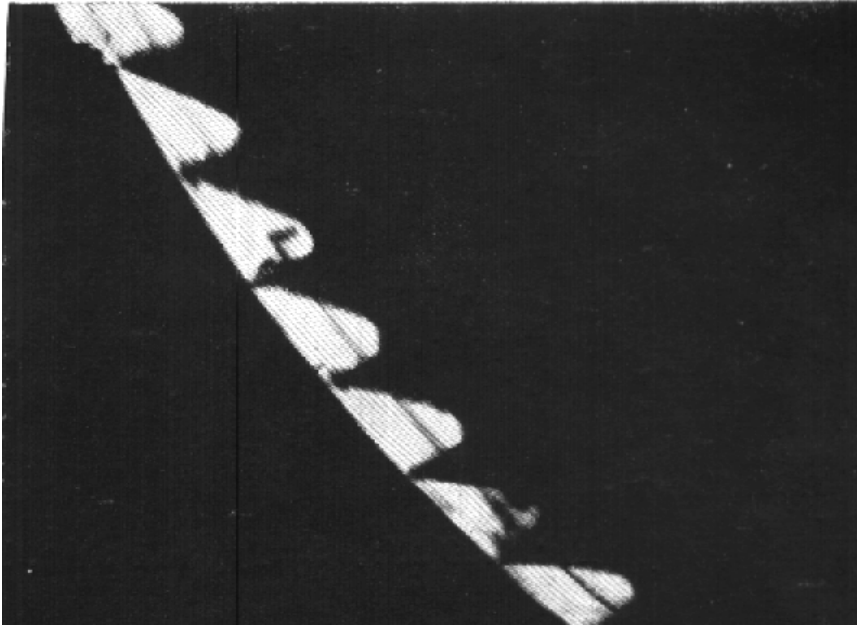
REZALNA HITR.	ORODNO JEKLO	SINTRANE KAR. TRDINE (HM)	DIAMANT (DIA)
krožna žaga	60 - 70 m/s	70 - 100 m/s	80 - 120 m/s
tračna žaga	20 - 30 m/s		
rezkar	30 - 50 m/s	45 - 70 m/s	80 - 120 m/s

2.2.002 Tabela: Vrednosti rezalnih hitrosti (Borut Veselko, TEHNOLOGIJA STROJNE OBDELAVE, Maribor 2003)

Brušenje lesa	16 - 22 m/s
Brušenje laka	7 - 11 m/s

2.2.003 Tabela: Hitrosti brusnih papirjev in brusnih kolutov (Borut Veselko, TEHNOLOGIJA STROJNE OBDELAVE, Maribor 2003)

2.3 REZANJE PRI ROTACIJSKEM GIBANJU ORODJA



2.3.01 Slika: rezanje pri rotacijskih orodjih (Principles of Wood Science and Technology, I Solid Wood, Franz F.P. Kollmann, Wilfred A. Côté, Jr., Berlin-New York 1968)

2.4 PODAJANJE NA ZOB

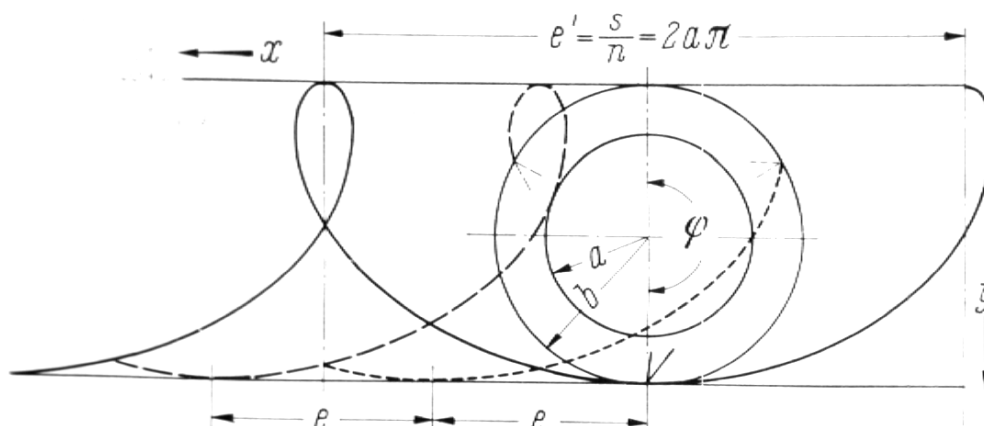
Podjanje na zob pomeni pomik obdelovanca, ki je enak odrezu enega rezalnega klina. Imenujemo ga tudi enkratni odrez ali korak »e«

Kvaliteta obdelane površine je odvisna prav od tega parametra, ki pa je odvisen od:

- podajalne hitrosti** (večja je hitrost, večji je odrez, slabša je kvaliteta in obratno)
- število rezalnih klinov** (več jih je, manjši je odrez, boljša je kvaliteta in obratno)
- število vrtljajev** (pri rotacijskih orodjih več obratov pomeni boljšo kvaliteto)
- obodne hitrosti rezalnega klina** (odvisna je od premera orodja in vrtljajev)

DOLŽINA VAL	1,3 – 1,7 mm	1,8 – 2,5 mm	2,6 – 5 mm
KVALITETA	fino	srednje	grobo

2.4.001 Tabela: Kvaliteta glede na dolžino vala (Borut Veselko, TEHNOLOGIJA STROJNE OBDELAVE, Maribor 2003)



2.4.01 Slika: Cikloida vrtečega rezila (Principles of Wood Science and Technology, I Solid Wood, Franz F.P. Kollmann, Wilfred A. Côté, Jr., Berlin-New York 1968)

Glavni rezilni rob pri rotacijskem orodju opisuje podaljšana cikloida, ki jo definirata parametra x in y.

$$x = a \pm b \cdot \sin \Phi$$

$$y = a - b \cdot \cos \Phi$$

$$a = \frac{f}{2n}$$

$$a = \frac{s}{2n}$$

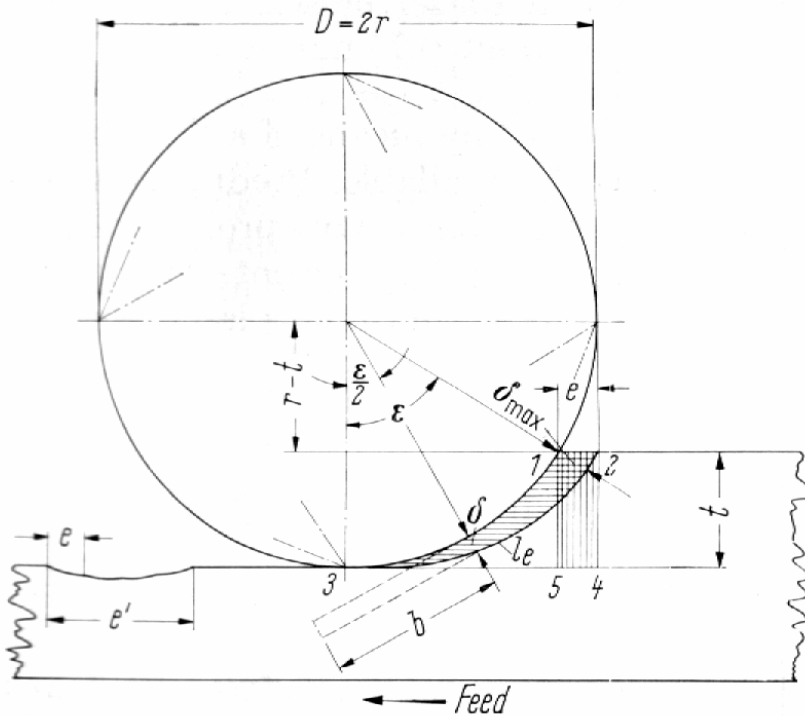
a.....radij glave

b.....oddaljenost rezalnega roba od središča orodja

f.....podajalna hitrost

n.....število vrtljajev

l.....kot rotacije



2.4.02 Slika: Parametri odreza rezila (Principles of Wood Science and Technology, I Solid Wood, Franz F.P. Kollmann, Wilfred A. Côté, Jr., Berlin-New York 1968)

$$e = \frac{s \cdot 1000}{n \cdot z}$$

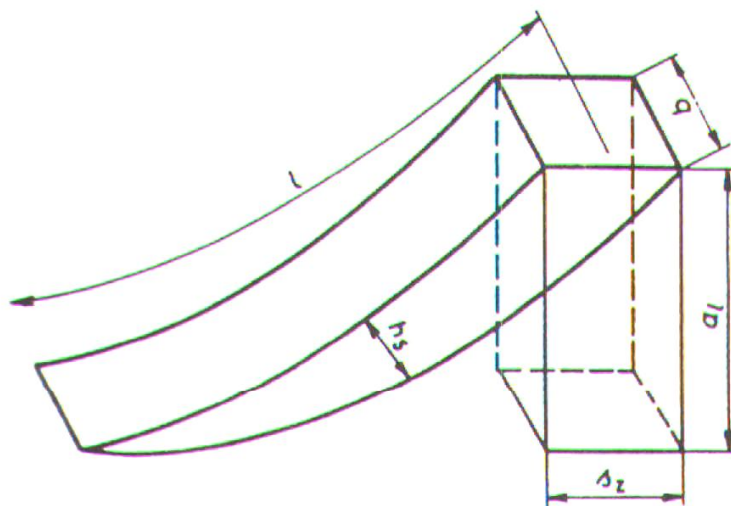
- e.....korak [mm]
s.....podajalna hitrost [m/min]
n.....število vrtljajev [min⁻¹]
z.....število rezalnih klinov v orodju

$$P_r = F_{r1} \cdot v_0 \cdot z_1 = k_s \cdot h_s \cdot b \cdot v_0 \cdot z_1$$

$$z_1 = \frac{z \cdot \Phi_1}{360^\circ}$$

- P_rmoč pri rotacijskem gibanju [W]
 F_{r1}sila rezanja [N]
 v_0obodna hitrost rezila [m/s]
 z_1število zob, ki režejo
 zštevilo zob rezalnega orodja
 k_sspecifična rezalna sila [N/mm²]
 h_ssrednja debelina odrezka [mm]
 bširina obdelave [mm]
 Φ_1kot, ki ga oklepa lok l nastalega odrezka [°]

k_s odčitamo iz diagrama



2.4.03 Slika: Volumen odrezka (M.Prošek,M.Geršak,J.Kavčič, STROJI ZA OBDELAVO LESA, Ljubljana 2001)

Podajanje na zob

$$s_z = \frac{V_p}{n \cdot z}$$

- s_zpodajanje na zob [mm]
 v_ppodajalna hitrost [mm/min]
 nštevilo vrtljajev [min^{-1}]
 zštevilo rezil

Srednja debelina odrezka

$$h_s = s_z \cdot \sqrt{\frac{a_1}{d}}$$

- h_ssrednja debelina iverja [mm]
 a_1globina odrezovanja [mm]
 dpremer rezalnega orodja [mm]

b je širina odrezovanja; če računamo potrebno moč za obdelavo določenega obdelovanca, potem vzamemo širino obdelovanca, če pa računamo potrebno moč za obdelavo z maksimalno širino orodja, vzamemo dolžino glavnega rezalnega roba.

Če predpostavimo, da je rezalna hitrost v_r enaka obodni hitrosti rezila v_o , jo izračunamo po naslednji formuli:

$$v_o = \pi \cdot d \cdot n$$

v_orezalna hitrost [m/s]

dpremer orodja [m]

nštevilo vrtljajev [s⁻¹]

z_1 je število zob, ki režejo, izračunamo pa jih po naslednji formuli:

$$z_1 = \frac{z \cdot \Phi_1}{360^\circ}$$

$$\cos \Phi_1 = \frac{r - a_1}{r}$$

$$\Phi_1 = \arccos \Phi_1$$

rpolmer orodja [mm]

a_1globina rezanja [mm]

\lrcorner_1 kot, ki ga oklepa lok- l nastalega odrezka [°]

najfinejši skobljanci	fini skobljanci	grobi skobljanci
0,014 - 0,04 mm	0,041 - 0,16 mm	0,161 - 0,4 mm

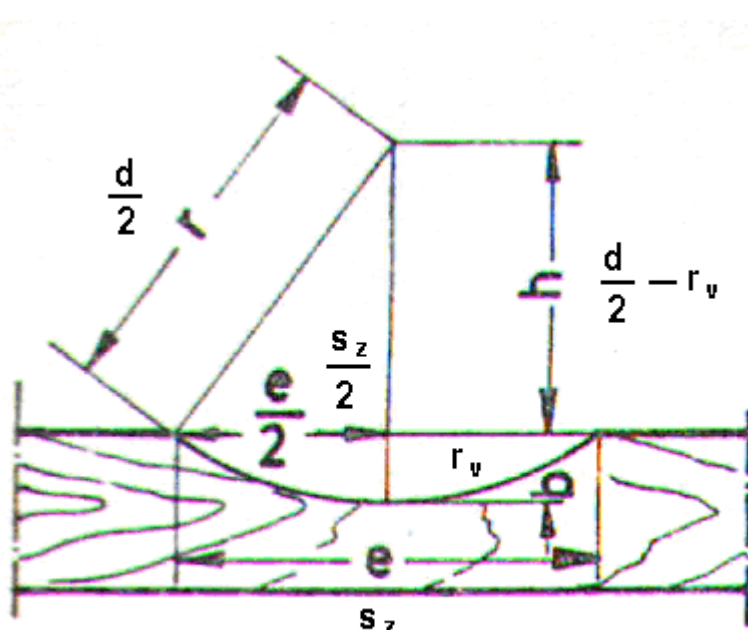
2.4.002 Tabela: Kriterij kvalitete glede na srednjo debelino odrezka (Principles of Wood Science and Technology, I Solid Wood, Franz F.P. Kollmann, Wilfred A. Côté, Jr., Berlin-New York 1968)

2.5 GLOBINA VALA

Globina vala b je ena od komponent, ki vplivajo na gladkost površine in je odvisna od polmera r orodja in koraka » e «.

$$b = r - h$$

$$b = r - \sqrt{r^2 - \left(\frac{e}{2}\right)^2}$$

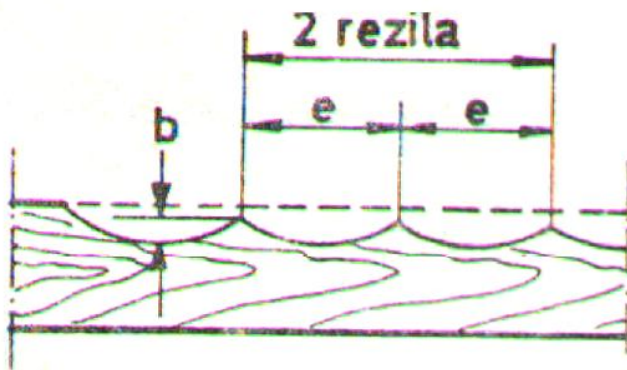


2.5.01 Slika: globina vala –(Anton Likavec, TEHNOLOGIJA OBDELAVE S STROJESLOVJEM 1, Ljubljana 1978)

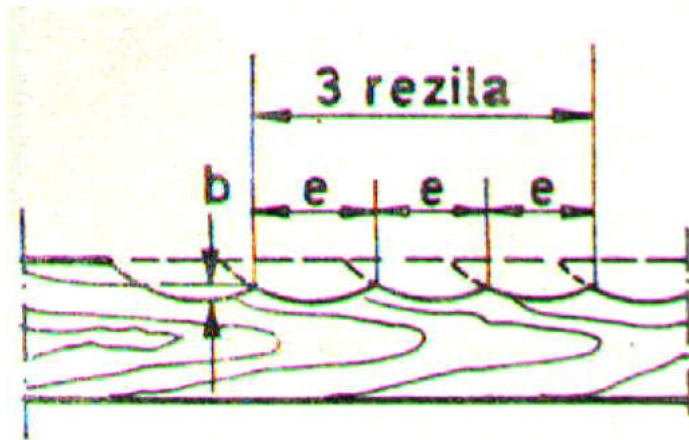
Če računamo z podajanjem na zob, dobimo globino vala po formuli:

$$r_v = \frac{s_z^2}{4 \cdot d}$$

r_vglobina vala [mm]
 s_zpodajanje na zob [mm]
 dpremer orodja [mm]



2.5.02 Slika: oblika vala z orodjem z dvema reziloma –(Anton Likavec, TEHNOLOGIJA OBDELAVE S STROJESLOVJEM 1, Ljubljana 1978)



2.5.03 Slika: oblika vala z orodjem s tremi rezili –(Anton Likavec, TEHNOLOGIJA OBDELAVE S STROJESLOVJEM 1, Ljubljana 1978)

PRIMER

Če podajamo na zob 0,5 mm, pri skobeljni glavi premera 160 mm, je globina vala ??

$$b = 80 - \sqrt{80^2 - \left(\frac{0,5}{2}\right)^2} = 0,00039 \text{ mm} = 0,391 \mu\text{m}$$

$$r_v = \frac{0,5^2}{4 \cdot 160} = 0,00039 \text{ mm} = 0,391 \mu\text{m}$$

Globina vala je po obeh načinih enaka 0,00039 mm oziroma 0,391 mikrometra.

Glede na globino vala, je definirana tudi kvaliteta površine in določene njene meje.

KVALITETA	GLOBINA VALA r_v [\leftarrow m]
Zelo kvalitetna površina	0,03 - 0,3
Srednje kvalitetna površina	0,3 - 1,2
Manj kvalitetna površina	1,2 - 10
Groba površina	Nad 10

2.5.001 Tabela: Kvaliteta površine glede na globino vala –(Anton Likavec, TEHNOLOGIJA OBDELAVE S STROJESLOVJEM 1, Ljubljana 1978)

3.0 REZALNO ORODJE

Že same besede povedo, da je rezalno orodje priprava za rezanje ali odrezovanje materiala, v našem primeru lesa. Rezalno orodje prilagojeno tako načinu uporabe, kot namenu za katerega ga uporabljamo.

Rezanje ali odrezovanje nastane pri vdiranju ostrine rezila v vlakna. Kvaliteta opravljenega dela rezila je odvisna od :

- materiala iz katerega je rezalno orodje
- smeri rezanja glede na smer lesnih vlaken
- ostrine orodja
- trdote lesa (vrsta lesa, njegove značilnosti, anatomske zgradbe in posebnosti)
- pravilne geometrije orodja
- pravilne nastavitve in uporabe

3.1 VRSTE REZALNEGA ORODJA

Poznamo več vrst orodja, zato jih v osnovi delimo na:

- **orodja za ročno obdelavo**
- **orodja za strojno obdelavo**

Pri vrtečih ali rotirajočih orodjih, jih delimo glede na smer vrtenja na:

- **desno vrteča orodja**
- **levo vrteča orodja**

Glede na tehnološke operacije ločimo orodja na:

- **klini in dleta**
- **žagine liste**
- **skobeljne nože**
- **skobeljne glave**
- **rezkarje**
- **rezkalne glave**
- **noži za rezanje in luščenje**
- **svedre**
- **drobilno orodje**
- **drobilne glave**
- **noži za struženje**
- **brusilna sredstva**

3.1.1 ORODJA ZA ROČNO OBDELAVO

Orodja za ročno obdelavo lesa so tista, katera upravljamo z rokami in uporabljamo silo rezanja, ki jo je zmožen zagotavljati človek. To so :

- **klini za ceplenje**
- **ročne žage**
- **dleta in dolbila**
- **skobljiči**
- **svedri**
- **pile**
- **strugače ali rašpe**
- **strgulje in strugarsko orodje**
- **brusilna sredstva**

3.1.2 ORODJA ZA STROJNO OBDELAVO

Orodja za strojno obdelavo so izdelana tako, da jih poganjamo z energijo mehanskih strojev. Rezila in nosilno telo sestavljata orodje.

Orodje je lahko glede na sestavo različno:

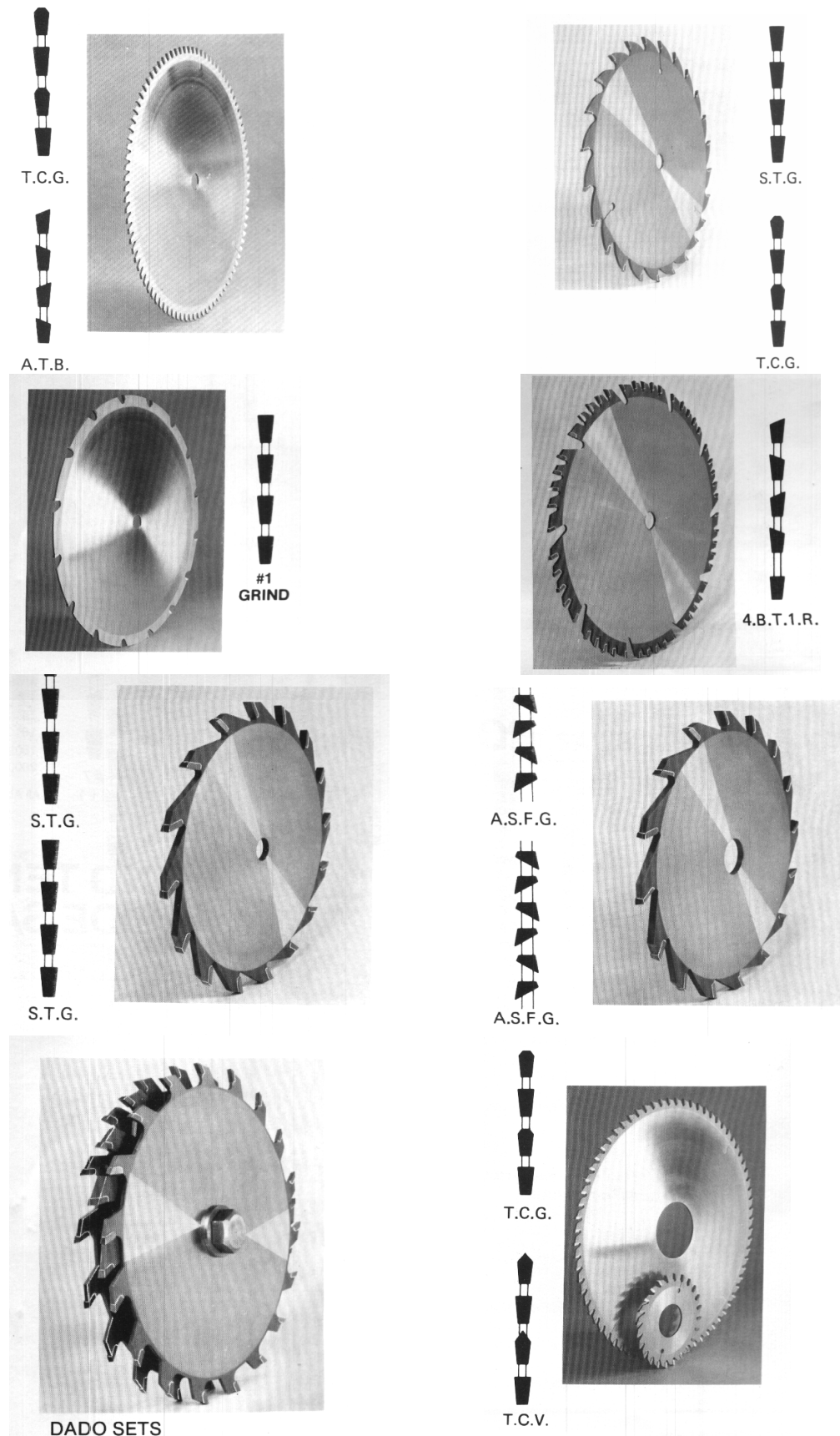
- monolitna rezalna orodja
- orodja z nalotanimi rezili
- sestavljena orodja
- rezalne garniture

3.1.2.1 ravne, krožne, cilindrične in verižne žage



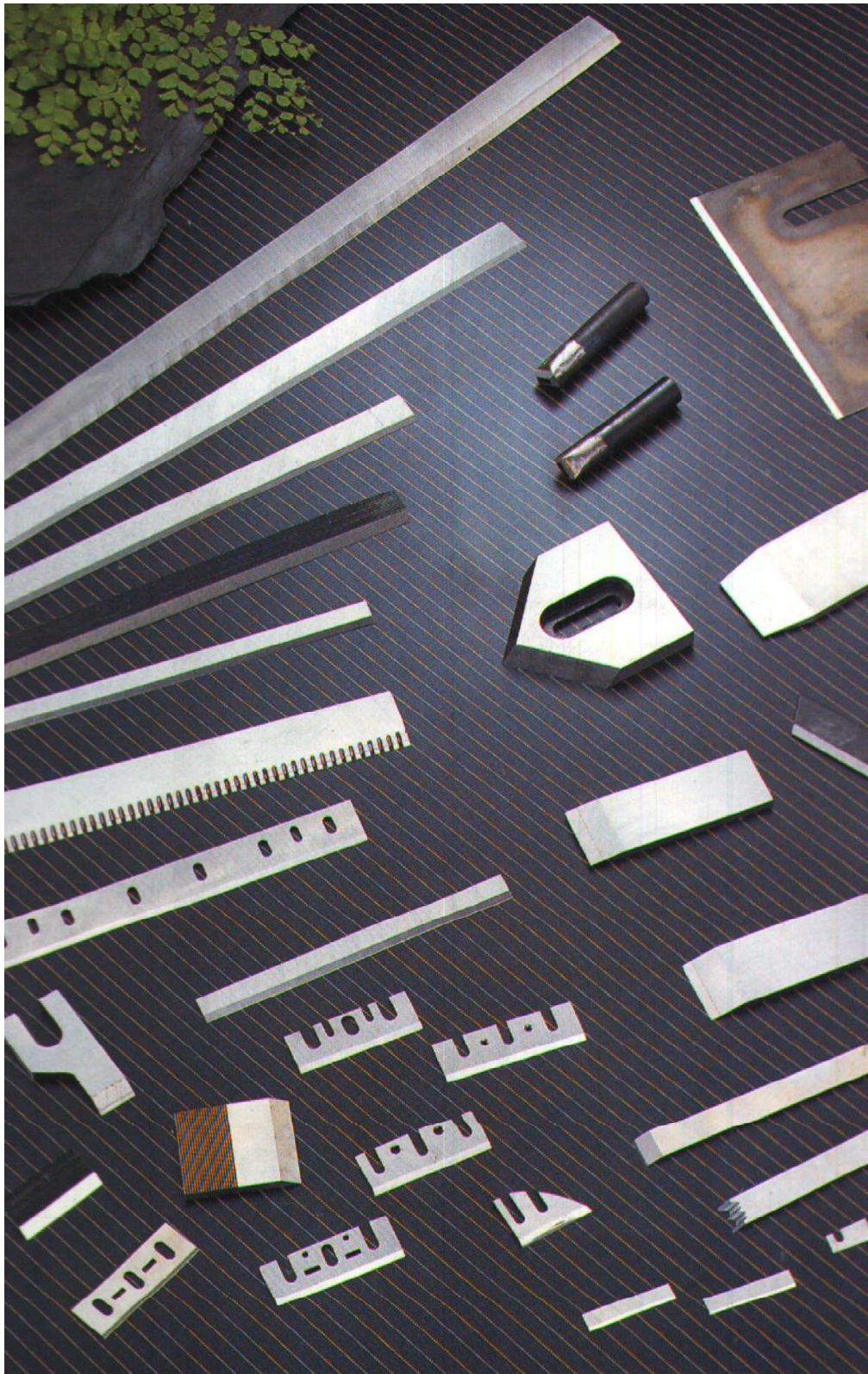
3.1.2.1.01 Slika: tračna žaga-ostrenje in razperjanje (Wood-Mizer, Indianapolis, Indiana 46224,USA)

3.1.2.1.02 Slika: krožna žaga (Holz kurier, Woche 14, Wien, 4. April 2002)

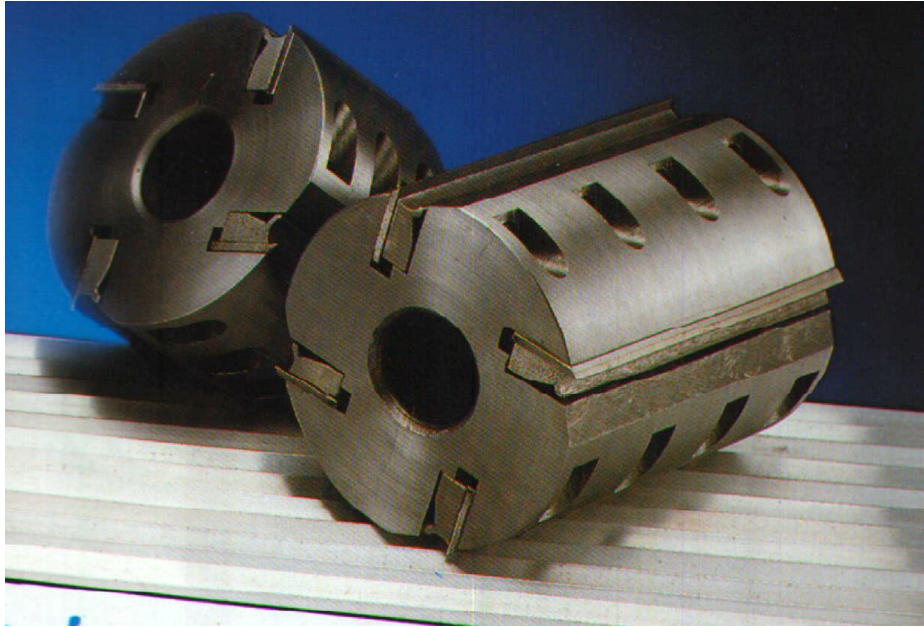


3.1.2.1.03 Slika: različne krožne žage (General Saw Corp., CARBIDE TIPPED SAW BLADES, Secaucus, New jersey 07094, USA)

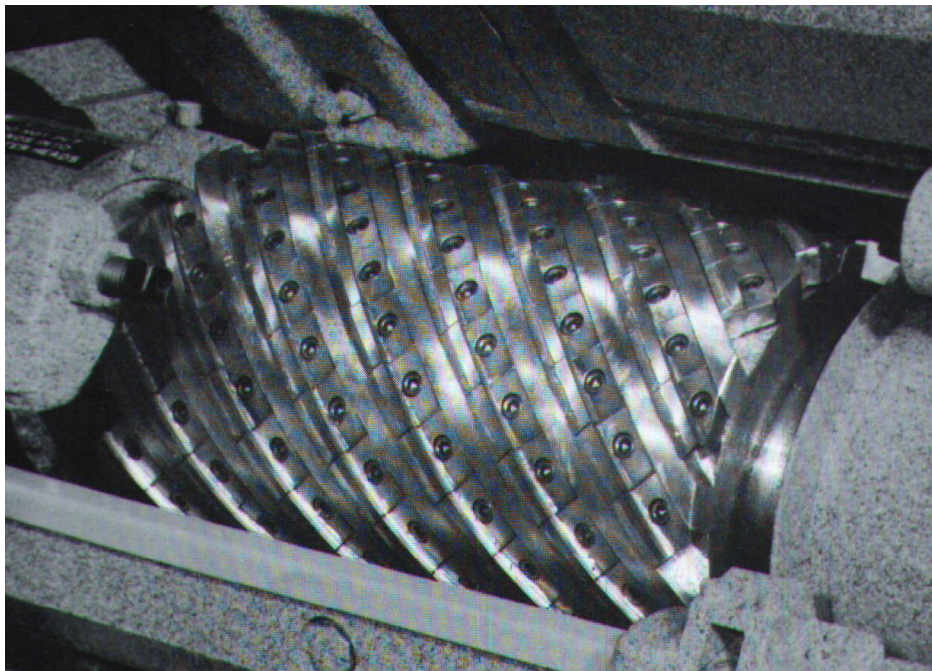
3.1.2.2 skobeljna orodja



3.1.2.2.01 Slika: različni skobelni noži (Taiwan Buyer's Guide, WOODWORKING MACHINERY '89, Fengyuan, Taichung Hsien, Taiwan)

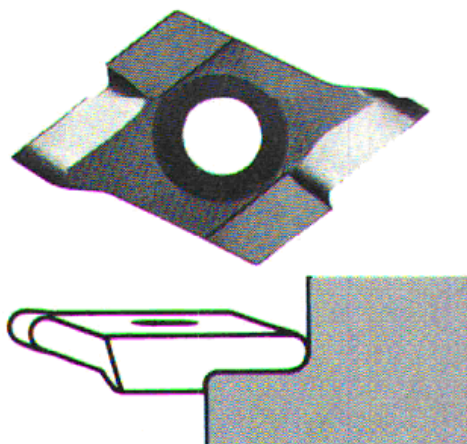


3.1.2.2.02 Slika: ravni skobeljni noži (Taiwan Buyer's Guide, WOODWORKING MACHINERY '89, Fengyuan, Taichung Hsien, Taiwan)

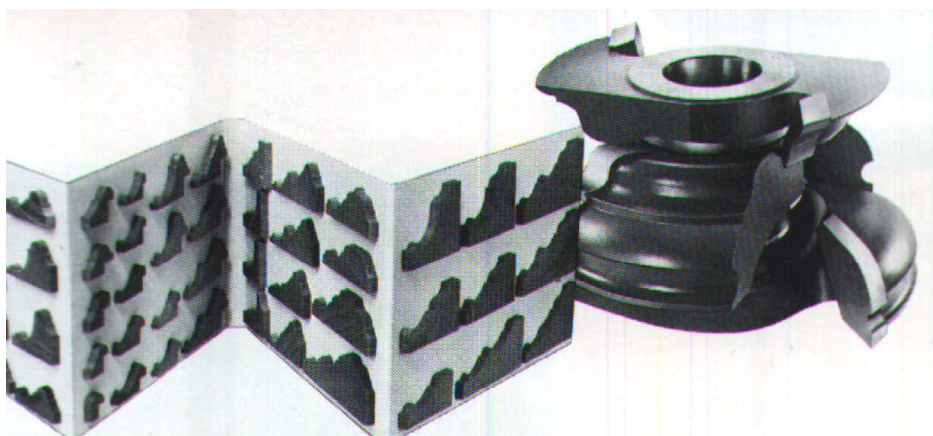


3.1.2.2.03 Slika: spiralni segmentni skobeljni noži (YATES-AMERICAN, S.A. WOODS, Beloit, WI 53511, USA)

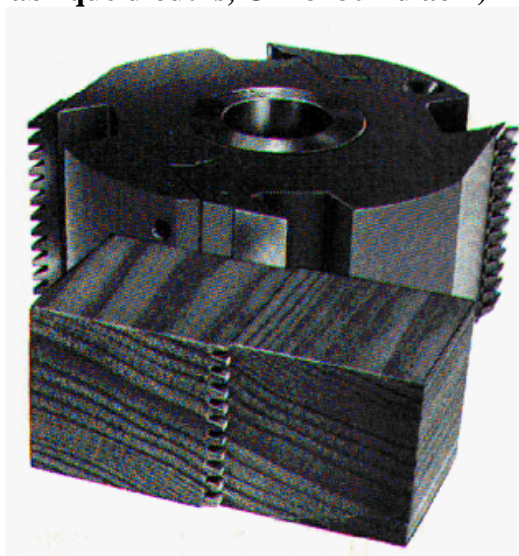
3.1.2.3 rezkalna orodja in glodala



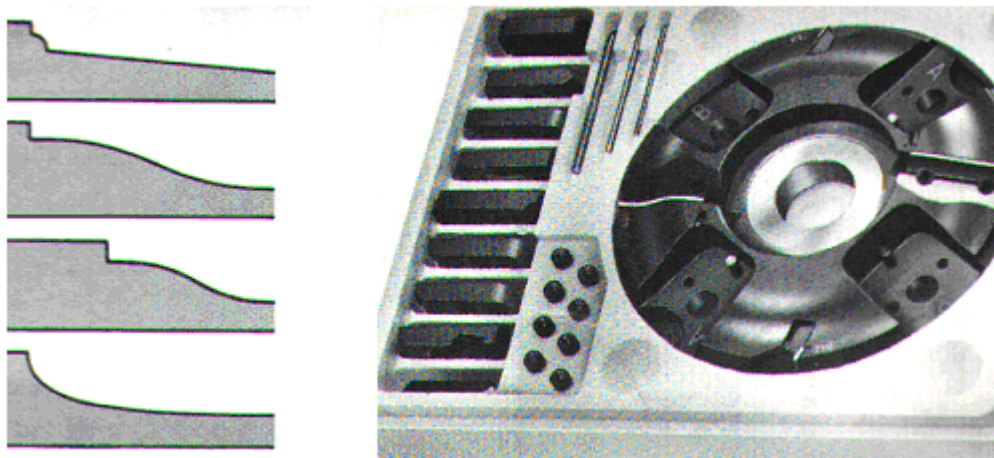
3.1.2.3.01 Slika: kompaktni ali monolitni rezkar (OERTLI Werkzeuge AG, Fabrique d'outils, CH-8180 Bülach)



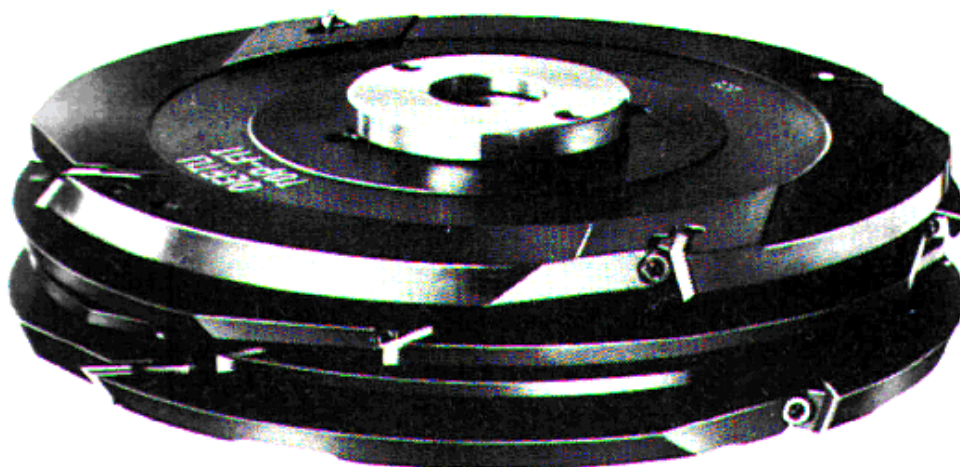
3.1.2.3.02 Slika: različni profilni kompaktni rezkarji – nalotana rezila (OERTLI Werkzeuge AG, Fabrique d'outils, CH-8180 Bülach)



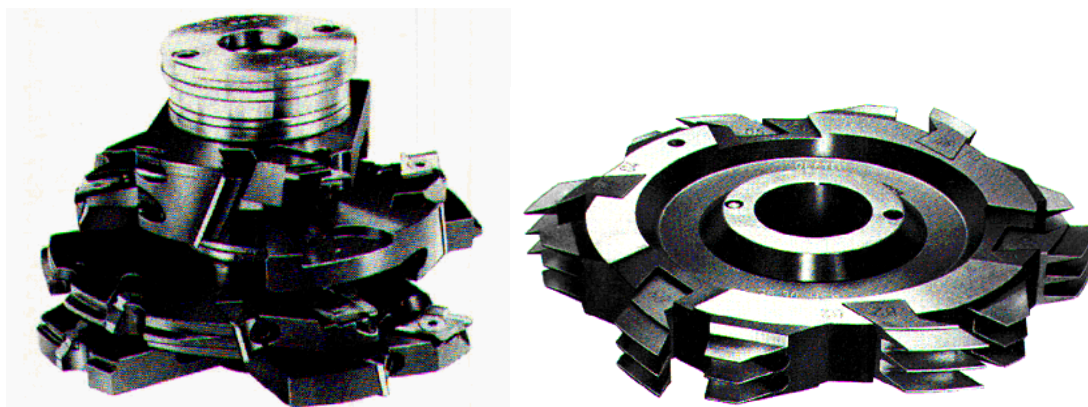
3.1.2.3.03 Slika: rezkalna glava z vpetim orodjem – sestavljeno orodje (OERTLI Werkzeuge AG, Fabrique d'outils, CH-8180 Bülach)



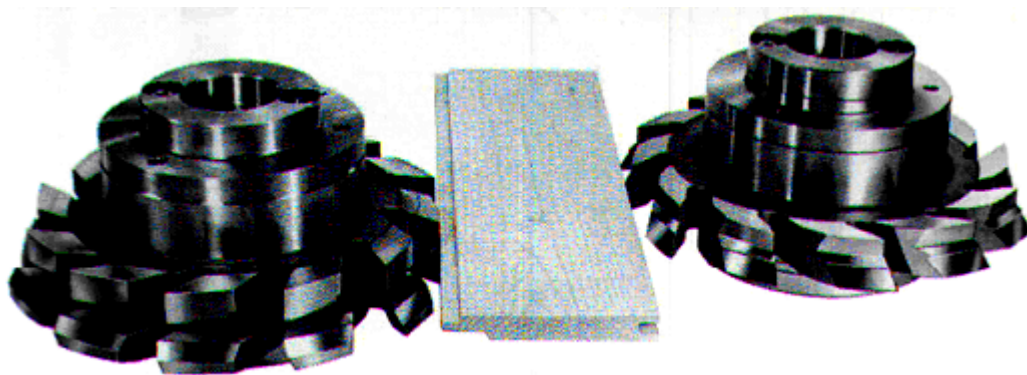
3.1.2.3.04 Slika: sestavljeno rezkalno orodje (OERTLI Werkzeuge AG, Fabrique d'outils, CH-8180 Bülach)



3.1.2.3.05 Slika: rezkalna garnitura z vstavljenimi rezili (OERTLI Werkzeuge AG, Fabrique d'outils, CH-8180 Bülach)



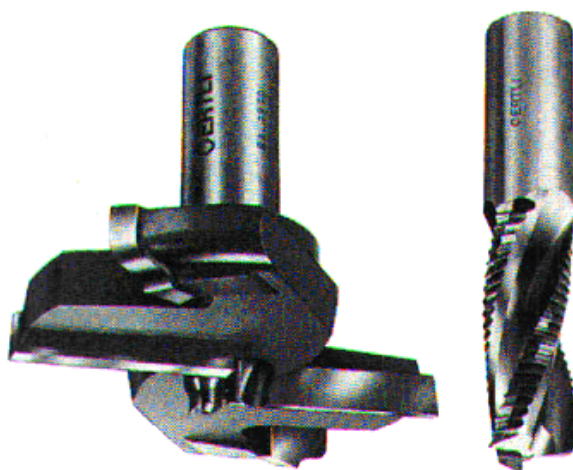
3.1.2.3.06 Slika: rezkalne namenske garniture(OERTLI Werkzeuge AG, Fabrique d'outils, CH-8180 Bülach)



3.1.2.3.07 Slika: sestavljena garnitura iz univerzalnih monolitnih rezkarjev (OERTLI Werkzeuge AG, Fabrique d'outils, CH-8180 Bülach)

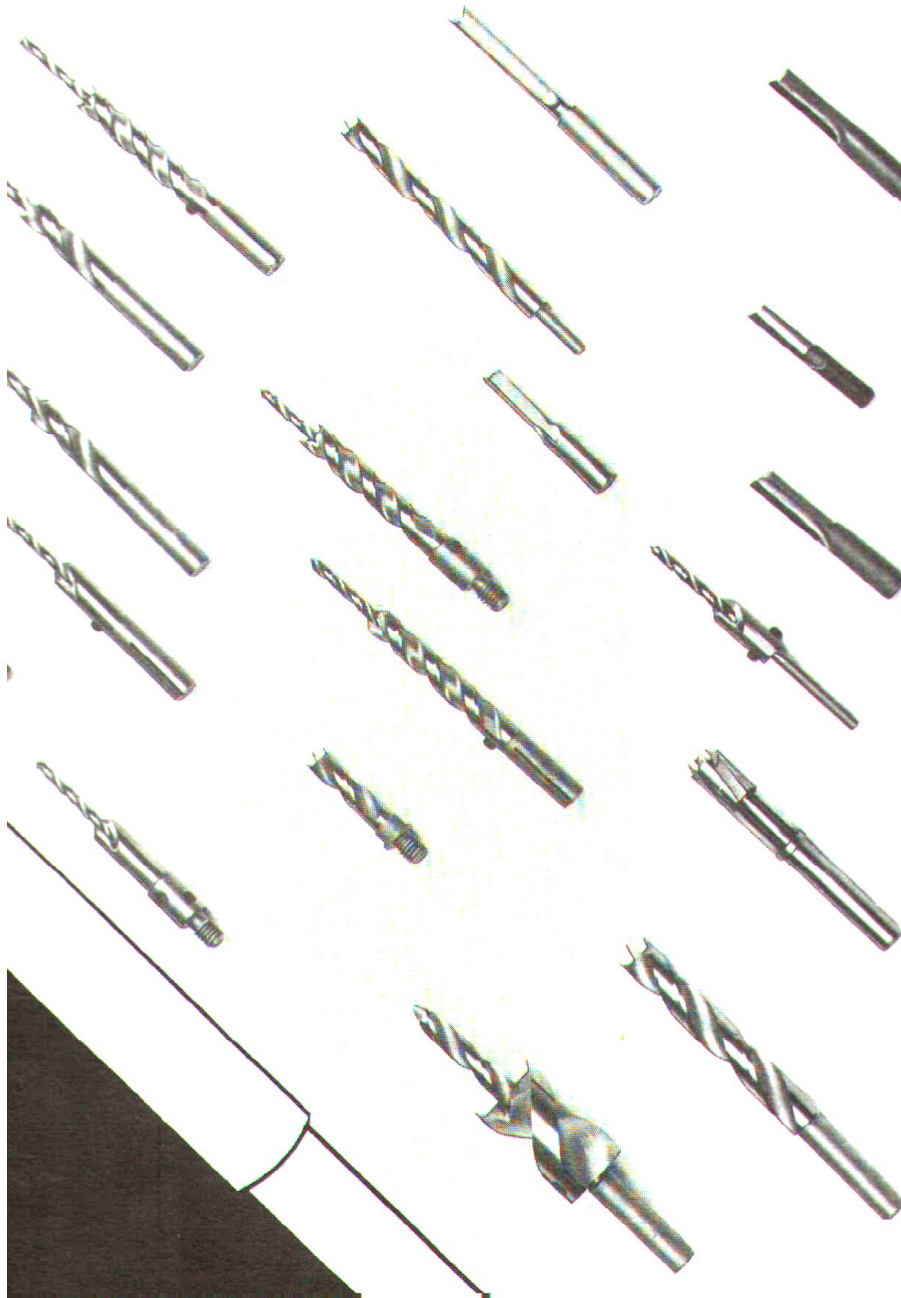


3.1.2.3.08 Slika: rezkarji za ročni rezkalni stroj (Taiwan Buyer's Guide, WOODWORKING MACHINERY '89, Fengyuan, Taichung Hsien, Taiwan)



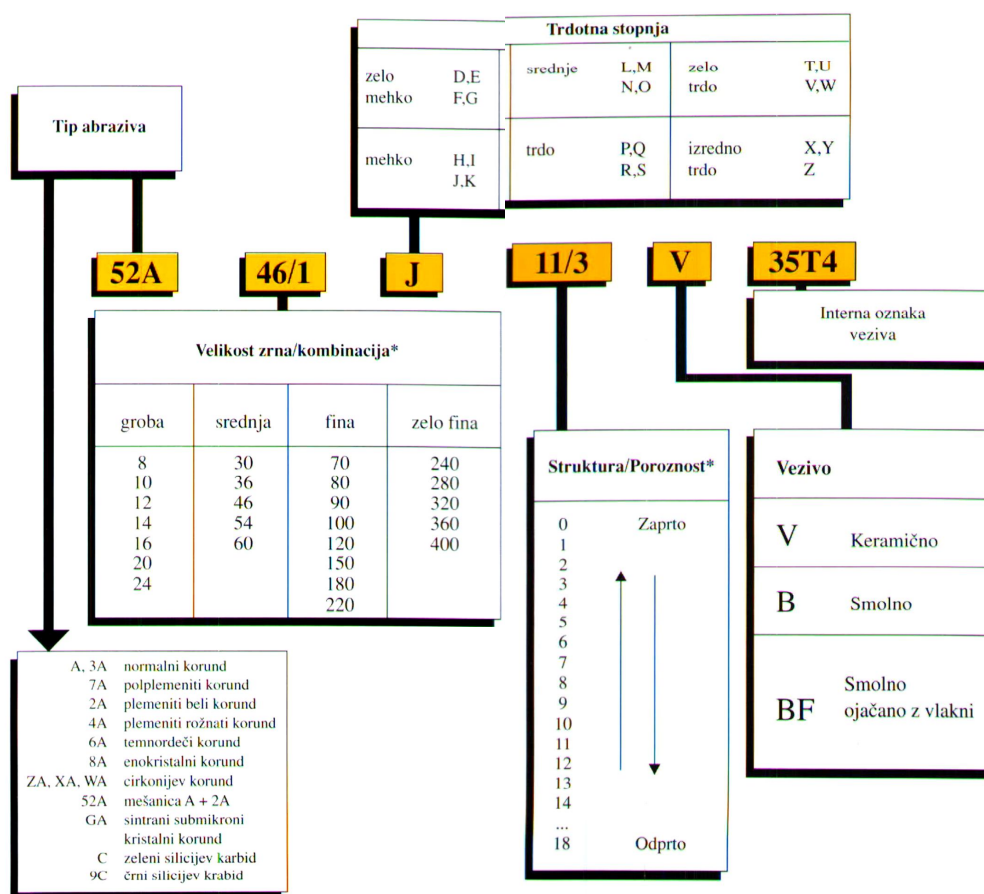
3.1.2.3.09 Slika: rezkar-nadmizni(OERTLI Werkzeuge AG, Fabrique d'outils, CH-8180 Bülach)

3.1.2.4 vrtalna orodja



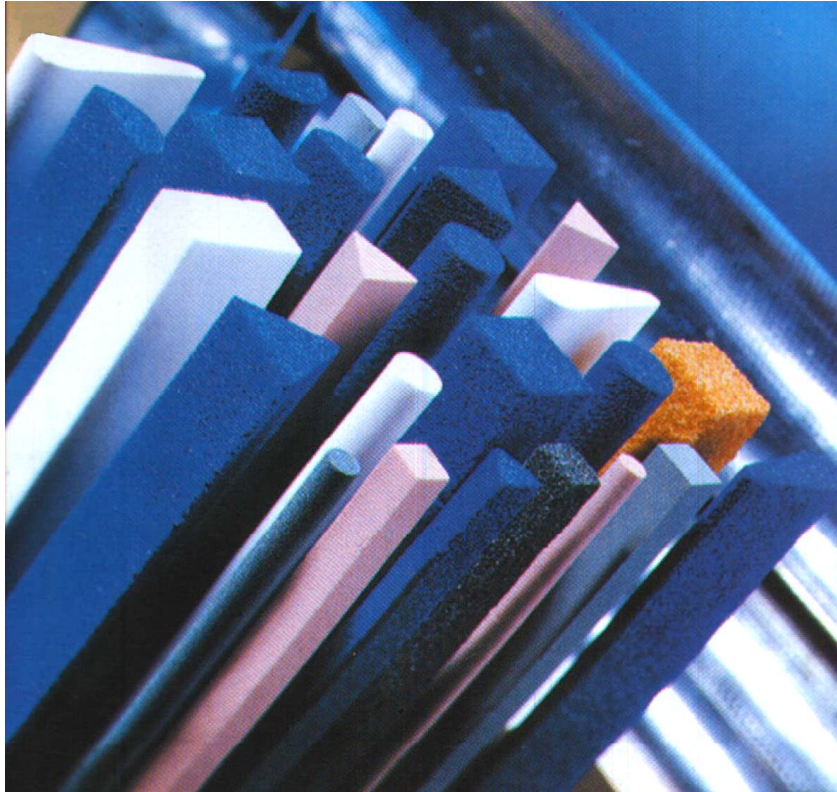
3.1.2.4.01 Slika: različni svedri za les (Buyer's Guide And Directory, Wood Machinery Manufactures of America, 1987, Philadelphia, USA)

3.1.2.5 brusilna sredstva



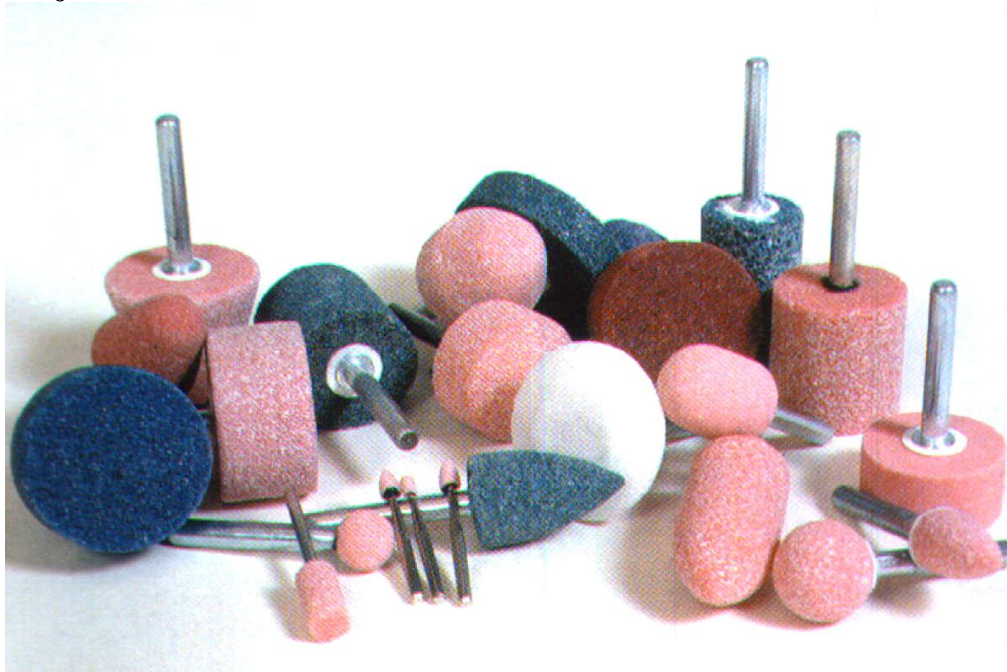
3.1.2.5.01 Slika:klasifikacija brusov;KATALOG, SWATY, Tovarna umetnih brusov, Maribor

ročna

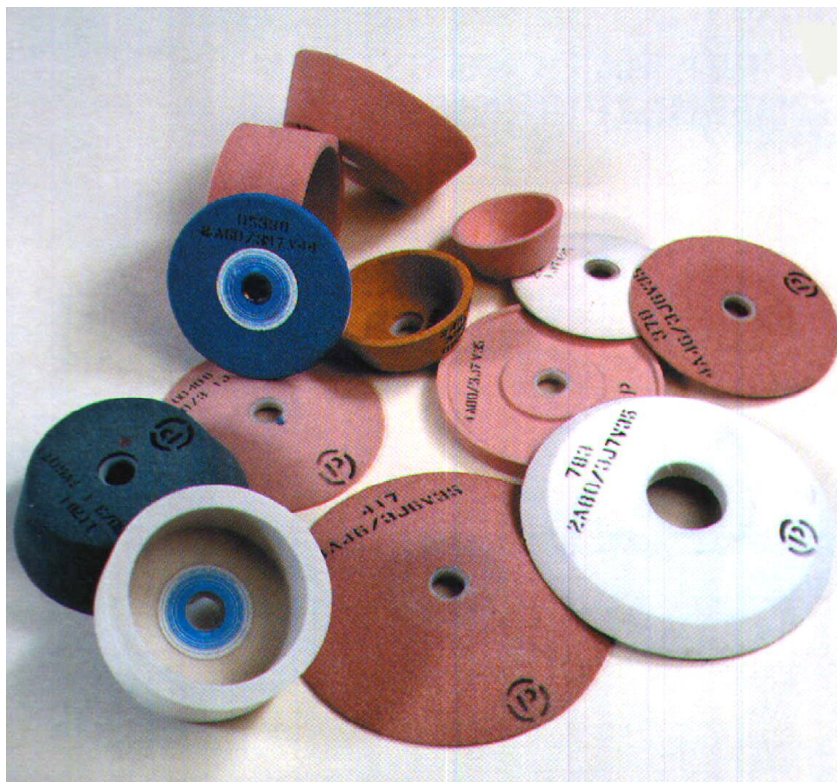


3.1.2.5.02 Slika: ročni brusni; KATALOG, SWATY, Tovarna umetnih brusov, Maribor

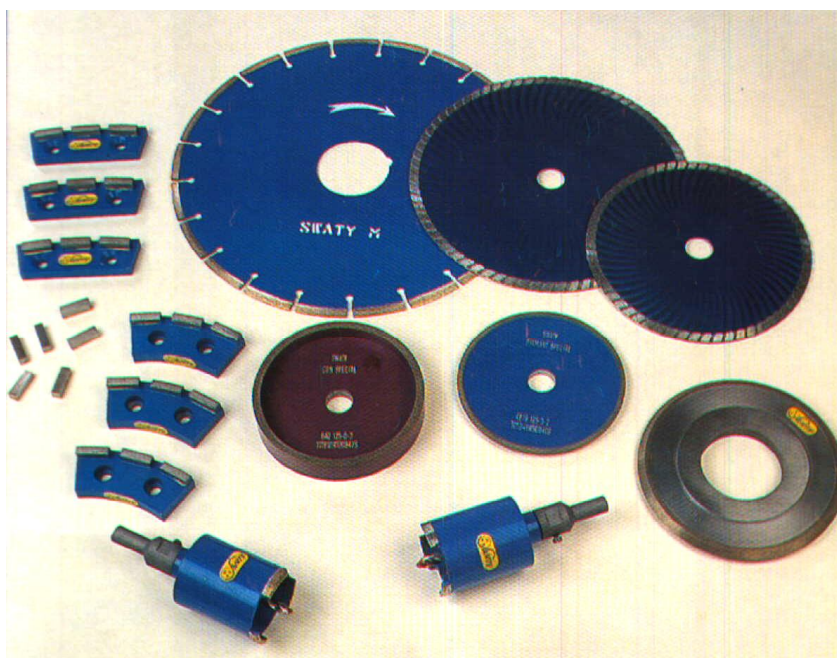
strojna



3.1.2.5.03 Slika: mali brusni; KATALOG, SWATY, Tovarna umetnih brusov, Maribor



3.1.2.5.04 Slika: brusni različnih oblik; KATALOG, SWATY, Tovarna umetnih brusov, Maribor



3.1.2.5.05 Slika: diamantni brusni; KATALOG, SWATY, Tovarna umetnih brusov, Maribor

3.2 OTOPITEV REZALNEGA ORODJA

Otopitev rezalnega orodja je posledica njegove uporabe. Vzdržljivost orodja je odvisna od materiala, ki ga obdelujemo, kvalitete materiala s katerim obdelujemo in geometrije rezila.

Otopitev ali obraba rezil je zelo odvisna od načina obdelave obdelovanca, saj pri minimalnem odvzemu vsako rezilo ne odreže skobljanca ali iver, zato pride do izredno gladke, polirane ali celo osmojene površine, kar lahko povzroča tudi neenakomerna podajalna hitrost.

Vsi naštetih primeri povzročajo povečano trenje, ki je temvečje, čimveč faktorjev je prisotnih, njihov vpliv pa je povišana temperatura in izredno močana otopitev rezila.

3.3 TEHNOLOGIJA OSTRENJA REZALNEGA ORODJA

3.3.1 ROČNO OSTRENJE ORODJA

Ročno ostrenje rezil je seveda najstarejši način, ki se je s časom razvijal skladno z razvojem vse trših in vzdržljivejših kovin.

Kombinirana brusilna pila

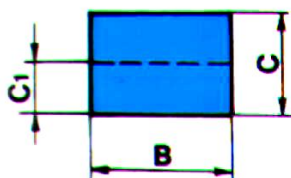
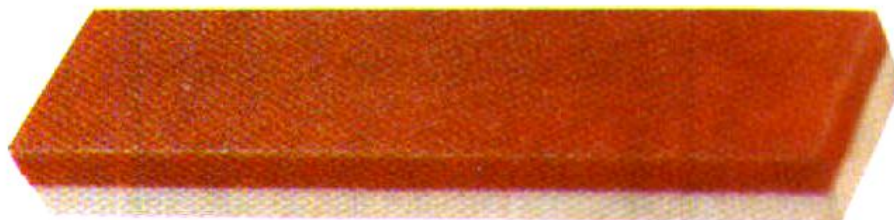


Tabela dimenzij - mm

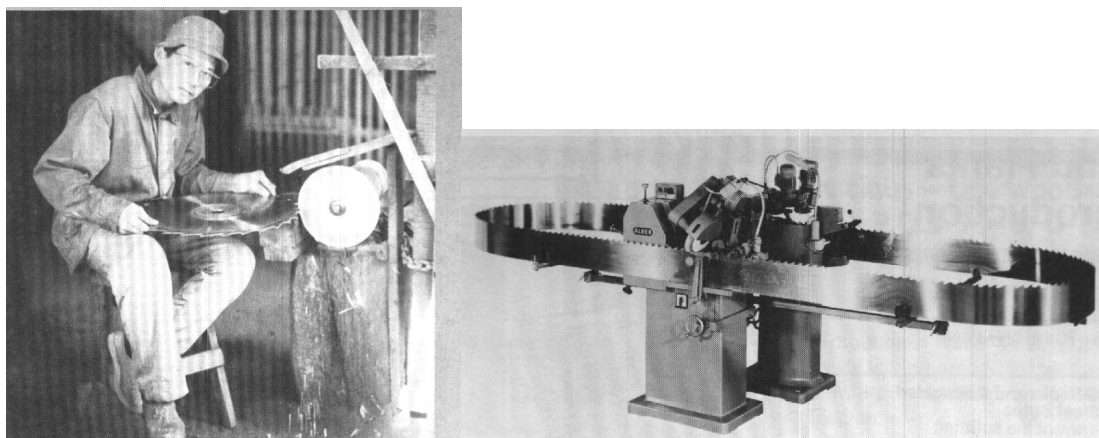
B	25	25	40	50	50
C	20	6	20	25	25
L	100	100	125	150	200



3.3.1.01 Slika: brus za ročno brušenje; KATALOG, SWATY, Tovarna umetnih brusov, Maribor

3.3.2 STROJNO OSTRENJE ORODJA

»Dobra ostrina je polovica dela«



3.3.2.01 Slika: ostrenje nekoč in danes (WOODWORKING INTERNATIONAL, D-8500 Nuernberg 1, FED.REP. GERMANY, april 1987, st.29, 38)

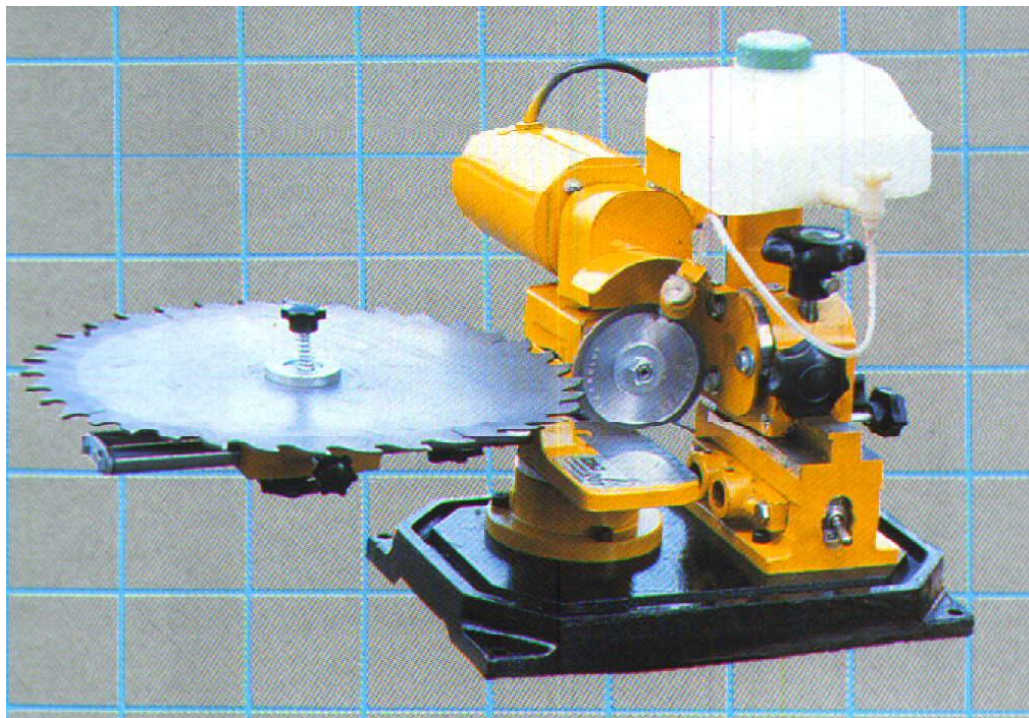
Osnovni namen strojnega ostrenja orodja je hitrost in:

-vzdrževanje pravilnega ostrinskega kota

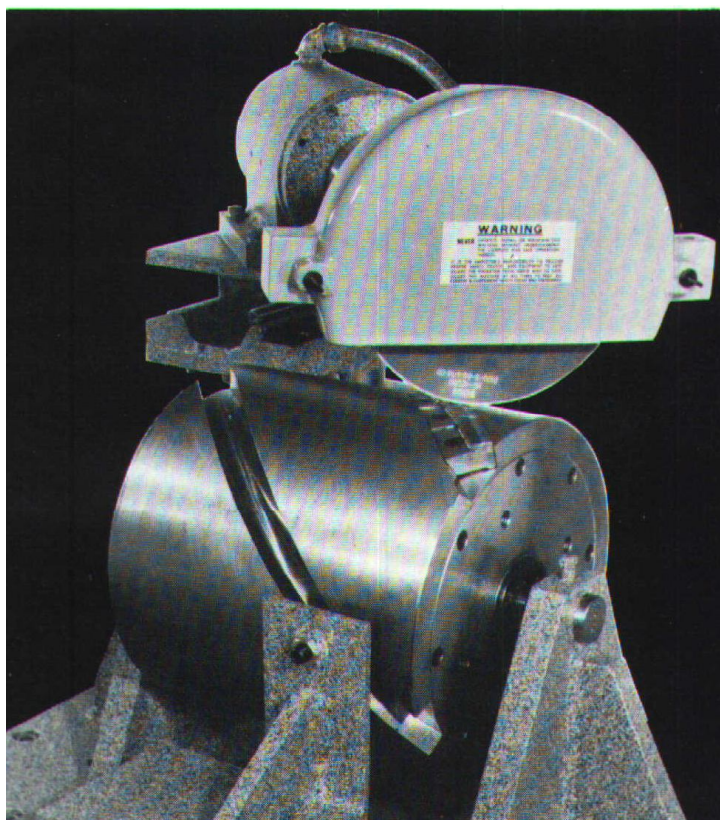
-ohranjanje pravilne oblike rezila

Z razvojem strojev za obdelavo lesa, so se vzporedno razvijala tudi orodja in strojna oprema za ostrenje rezil, ki so prilagojena obliki orodja in materialom, ki jih uporabljamo za rezilo.

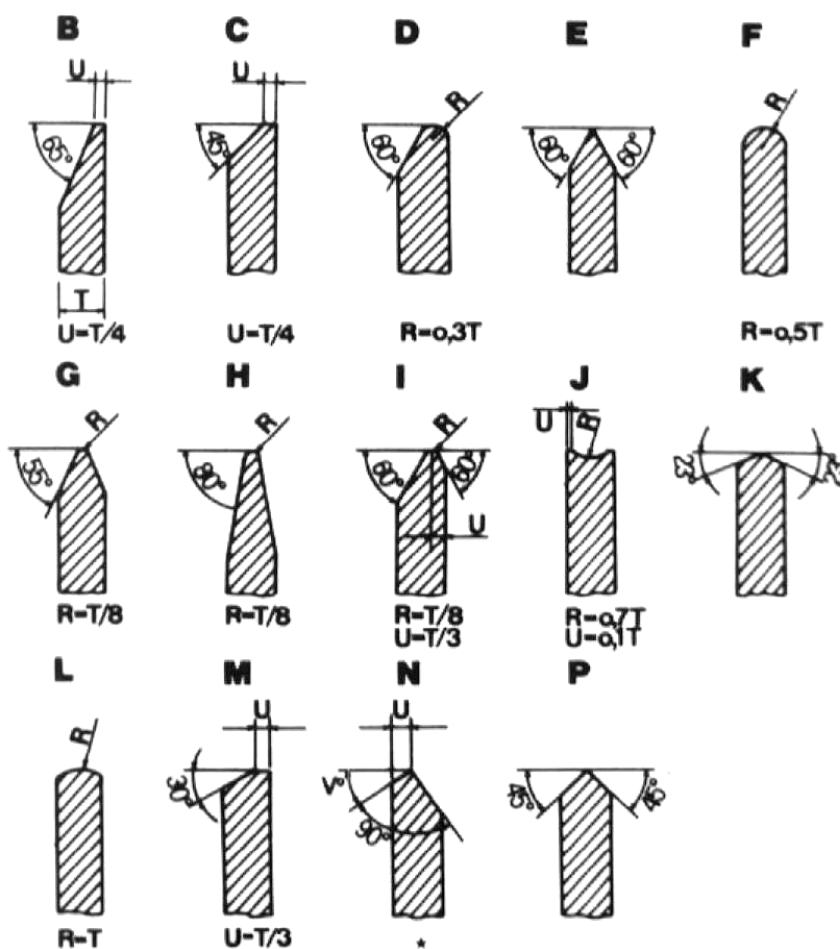
Stroji za ostrenje so seveda prilagojeni tudi na potrebe oziroma količine orodji, ki jih je potrebno naostriti, zato poznamo različne izvedbe, od majhnih priročnih, univerzalnih strojev za ostrenje, primernih za manjše obrate ali delavnice, pa do specialnih, več-funkcijskih, ozko namembnih strojev za ostrenje, primernih za profesionalno uporabo, ostrenje rezil več manjšim uporabnikom ali za večjega uporabnika.



3.3.2.02 Slika: ostrenje krožne žage (Taiwan Buyer's Guide, WOODWORKING MACHINERY '89, Fengyuan, Taichung Hsien, Taiwan)



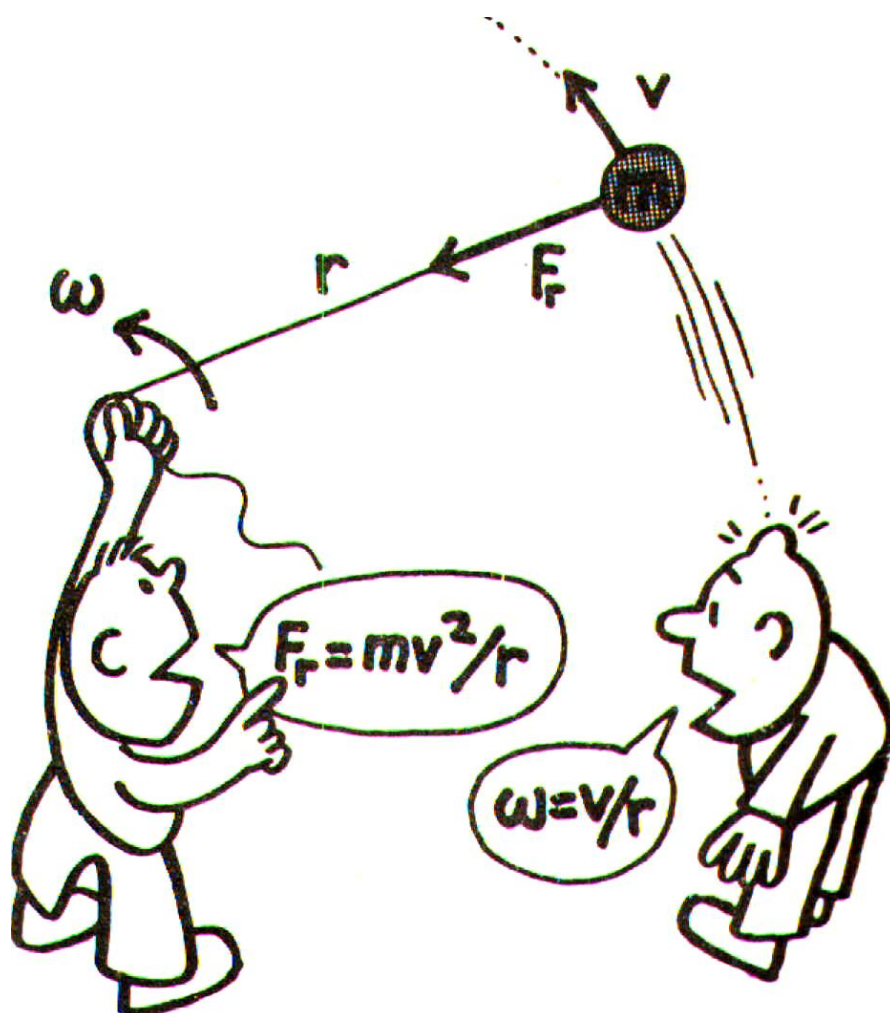
3.3.2.03. Slika: ostrenje spiralnih nožev (YATES-AMERICAN, S.A. WOODS, Beloit, WI 53511, USA)



3.3.2.04 Slika: oblike brusov; KATALOG, SWATY, Tovarna umetnih brusov, Maribor

4.0 HITROST IN SILE, VZVODI IN PRENOSI

Sile pri krivem gibanju vlečejo krožeče telo k središču kroženja in telesu vsiljujejo radialni pospešek, ki se imenuje radialna ali **centripetalna sila** F_r in je enaka produktu mase krožečega telesa in radialnega pospeška.



4.0.01 Slika: centripetalna sila; Rudi Kladnik, FIZIKA 1, Ljubljana 1973

$$F_r = m \cdot a_r$$

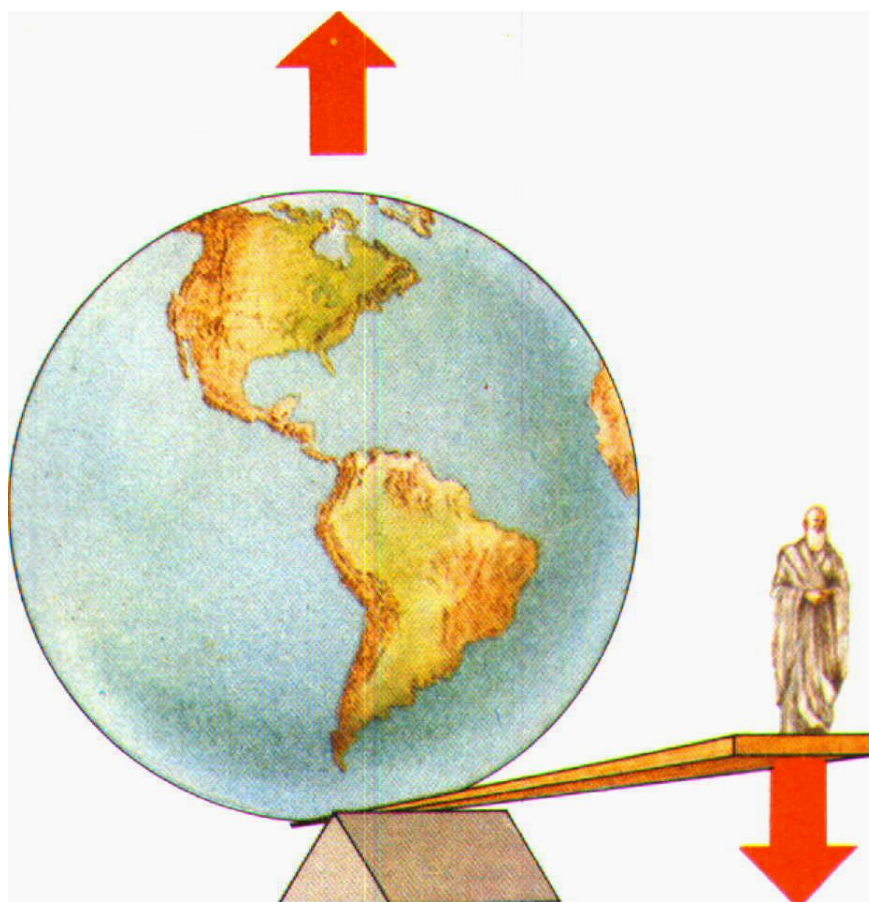
F_rcentripetalna sila [N]
 mmasa [kg]
 a_rradialni pospešek [m/s²]

Centrifugalna sila deluje v obratni smeri od centripetalne sile, ki povzroča prisilno kroženje zunanjih delcev mase. Če centrifugalna sila preseže trdnostne lastnosti materiala pride do razpada orodja.

$$a_r = v \cdot \omega = r \cdot \omega^2 = \frac{v^2}{r}$$

a_rradialni pospešek [m/s²]
 vobodna hitrost [m/s]
 ωkotna hitrost [s⁻¹]
 rpolmer [m]

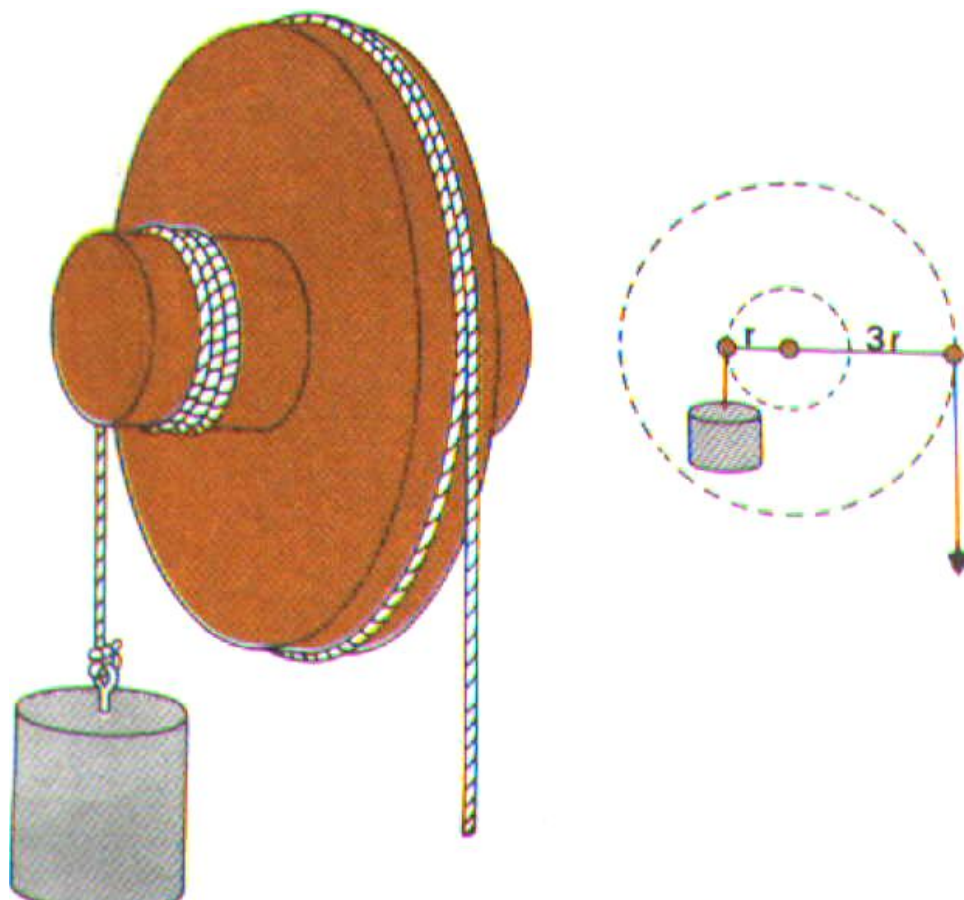
$$F_r = \frac{m \cdot v^2}{r} = m \cdot r \cdot \omega^2$$



4.0.02 Slika: vzvod; Cankarjeva založba, ENCIKLOPEDIJA TEHNIKE, Ljubljana 1983

Arhimed je odkril vrsto temeljnih zakonov, med katere spada tudi delovanje škripca in vzvoda. Trdil je, da bi – če bi imel primerno podporo in dovolj dolg vzvod lahko dvignil Zemljo.

Princip delovanja prenosa, ki deluje na različnih prenosnih razmerji je prikazan na spodnji sliki.



4.0.03 Slika: prenosna razmerja; Cankarjeva založba, ENCIKLOPEDIJA
TEHNIKE, Ljubljana 1983

$$F = m \cdot g$$

$$M = F \cdot r$$

F.....sila [N]
m.....masa [kg]
g.....zemeljski pospešek [m/s²]
r.....polmer [m]
M.....moment [Nm]

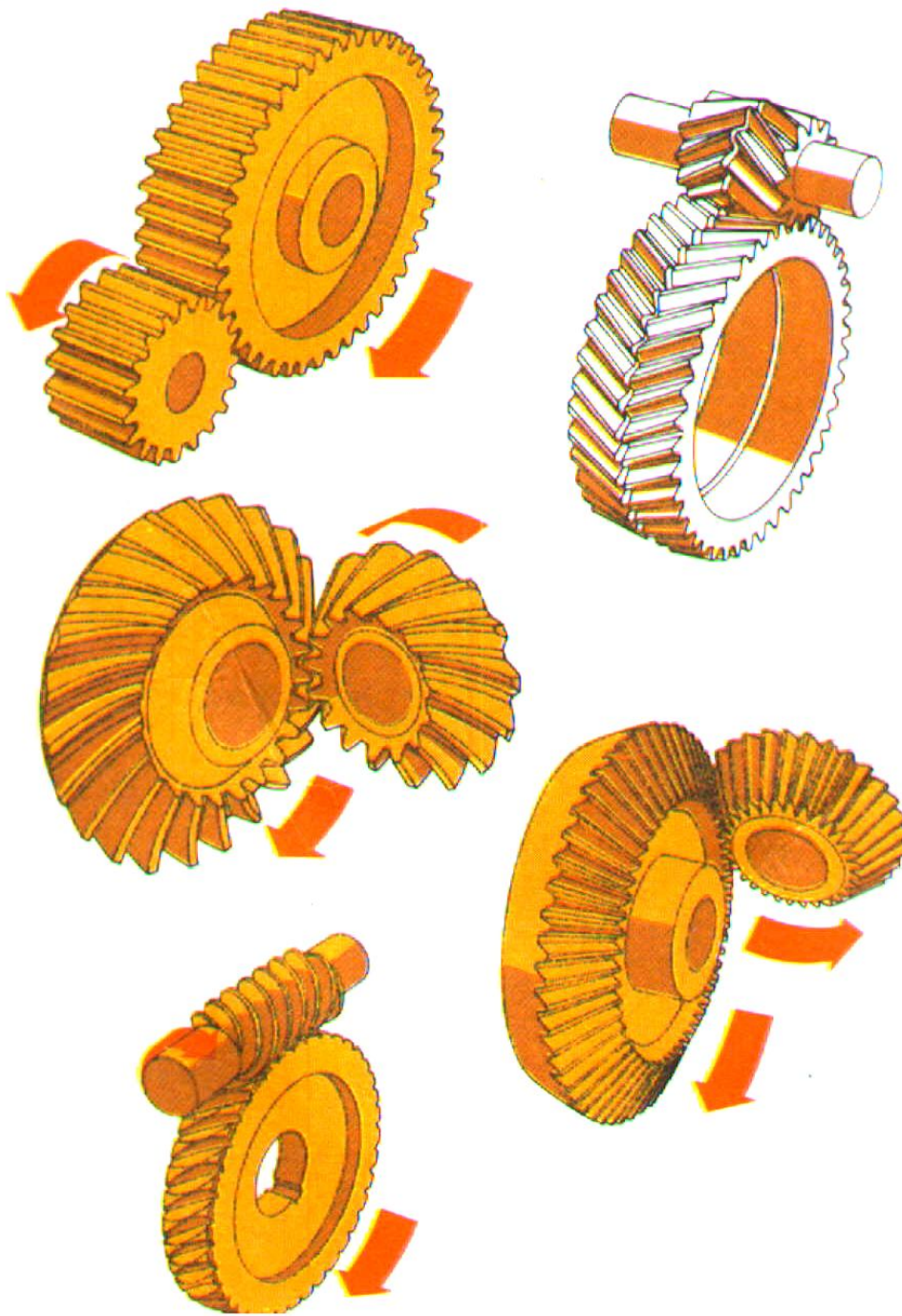
$$F_1 \cdot r_1 = F_2 \cdot r_2$$

$$M_1 = M_2$$

Momenta na obeh kolutih sta enaka v ravnovesnem položaju.

$$o = 2\pi \cdot r = \pi \cdot d \qquad v_o = o \cdot n$$

o.....obseg [m]
r.....polmer [m]
d.....premer [m]
v_o.....obodna hitrost [m/s]
n.....število vrtljajev [s⁻¹]



4.0.04 Slika: različni načini zobniškega prenosa; Cankarjeva založba, ENCIKLOPEDIJA TEHNIKE, Ljubljana 1983

5.0 TEHNOLOGIJA LEPLJENJA LESA

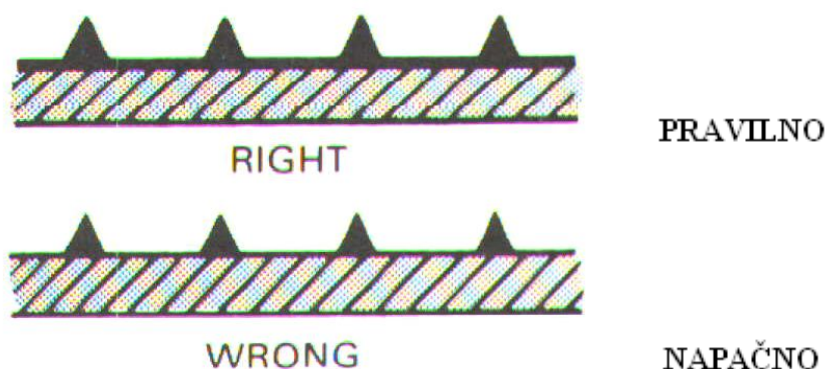
Lepljenje je eno od izredno pomembnih tehnoloških procesov v procesu izdelave izdelkov iz lesa. Lepilo je tisto, ki ponovno spaja celice lesa, ki smo jih nasilno ločili z tehnologijo odrezovanja ali rezanja.

Sodobna lepila so praviloma močnejše vezivo med celicami, kot pa naravno vezivo v obliki lignina.

5.1 TEORETIČNE OSNOVE LEPLJENJA

Vpojnost in debelina nanosa sta glavna momenta, ki vplivata na kvaliteto in trdnost lepilnega spoja. Vpojnost lepila je odvisna predvsem od gostote lepila, časa, ki ga lepilo dopušča, da se vpije v lesno maso (odprti čas) in seveda drevesne vrste, ki z svojo anatomsko zgradbo omogoča boljše ali slabše vpijanje lepila.

Debelina nanosa je odvisna predvsem od vrste lepila njegove gostote, drevesne vrste in seveda od načina oziroma tehnologije nanosa lepila.



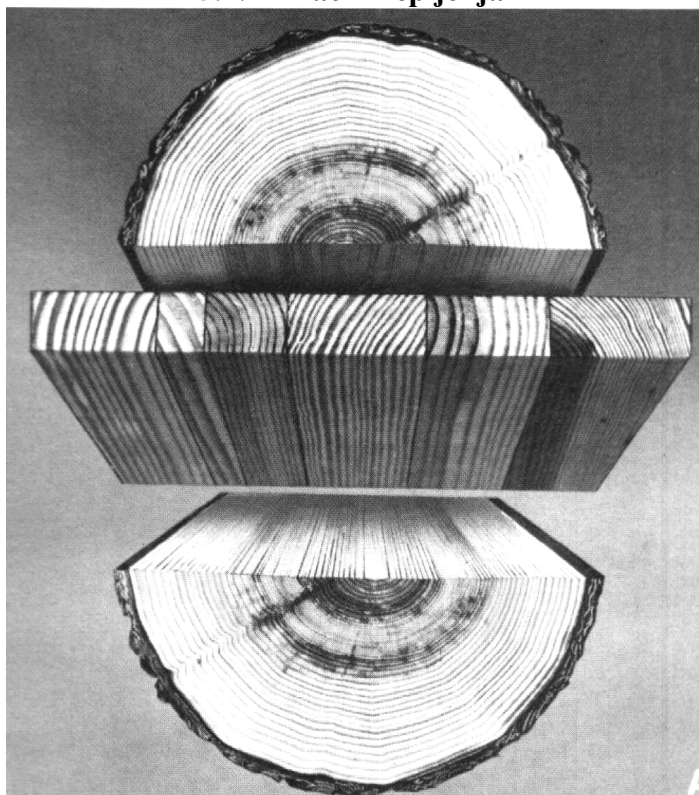
5.1.01 Slika: pravilni in napačni nanos lepila (Robert S. Miller, adhesives and glues, Ohio 43207 USA, 1980)

Tako pri ročnem, kot strojnem nanosu lepila je pomembna debelina nanosa, pri valjčnem nanašanju pa še oblika nanosa.

Trdnost spoja z debelejšim nanosom je odvisna od vrste lepila in je lahko boljša ali slabša, v obeh primerih pa je ta način dražji.

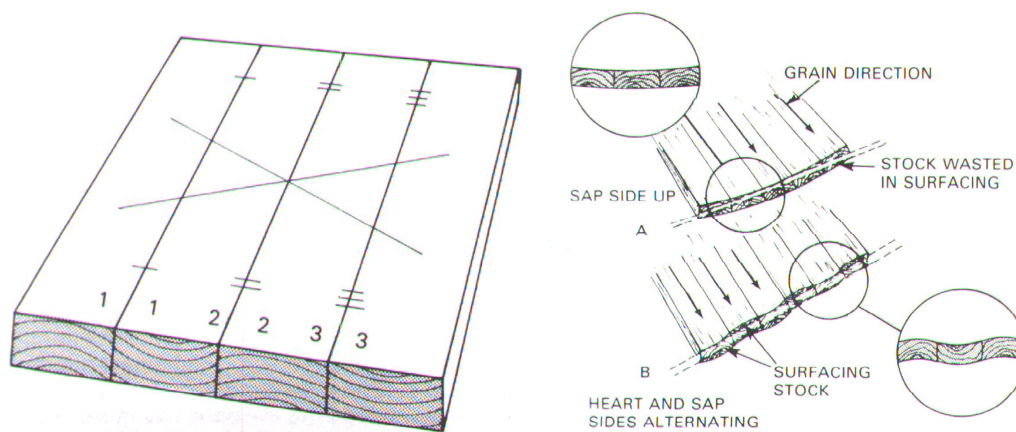
Pri pretankih nanosih, se običajno pojavi slabša kvaliteta lepljenja, taki spoji so trdnostno slabši, trdnost je seveda odvisna tudi od reliefa valjev za nanašanje, ki povzročajo progasto ali točkovno nanašanje, skrajšuje se odprti čas in oprijemnost ter globina vpijanja lepila, s tem pa posledično kvaliteta zlepljenih kosov.

5.1.1 načini lepljenja



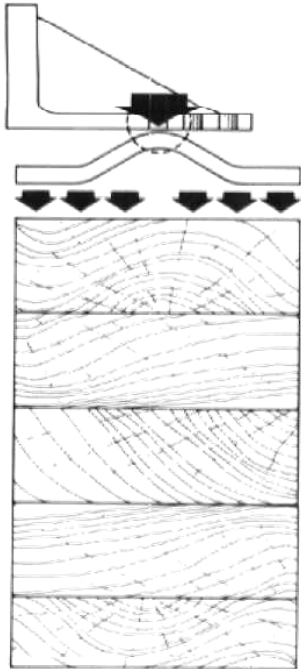
5.1.1.01 Slika: od hloda do plošče (Mann-Russell, Tacoma, WA 98421, USA)

- po širini

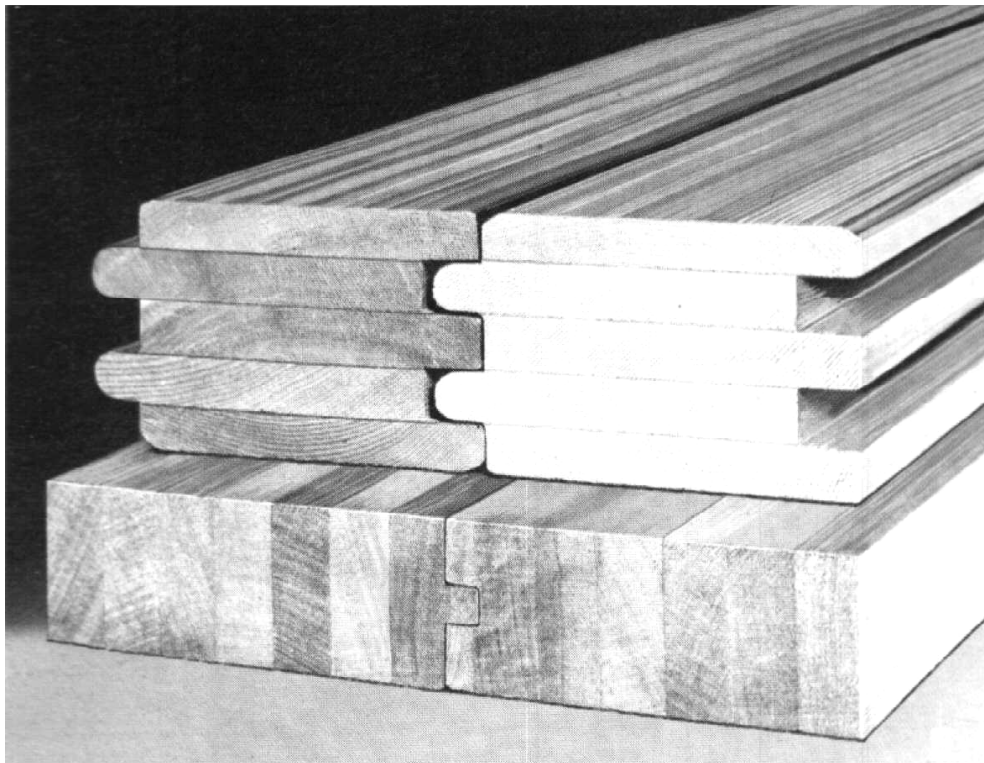


5.1.1.02 Slika: pravilno širinsko lepljenje in označevanje (Robert S. Miller, adhesives and glues, Ohio 43207 USA, 1980)

- po debelini

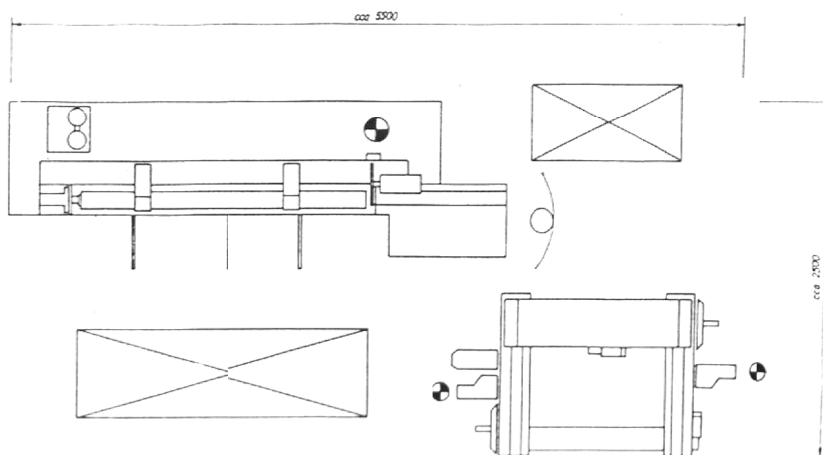
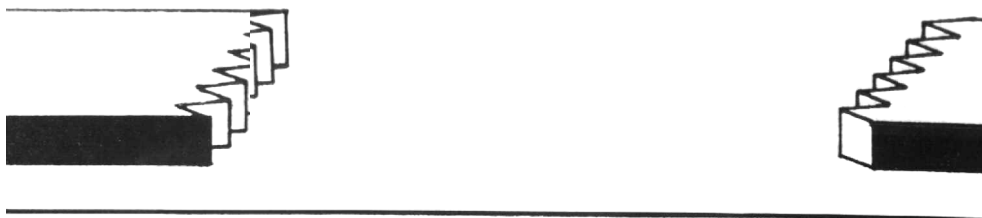


5.1.1.03 Slika: lepljenje po debelini (James L., TAYLOR, Manufacturing Company, Poughkeepsie, NY 12602-0712 USA)

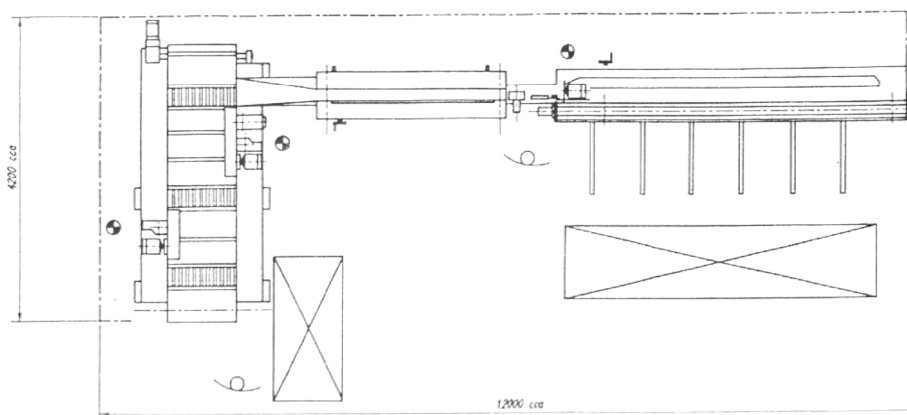


5.1.1.04 Slika: lepljenje po debelini in širini (Mann-Russell, Tacoma, WA 98421, USA)

- dolžinsko

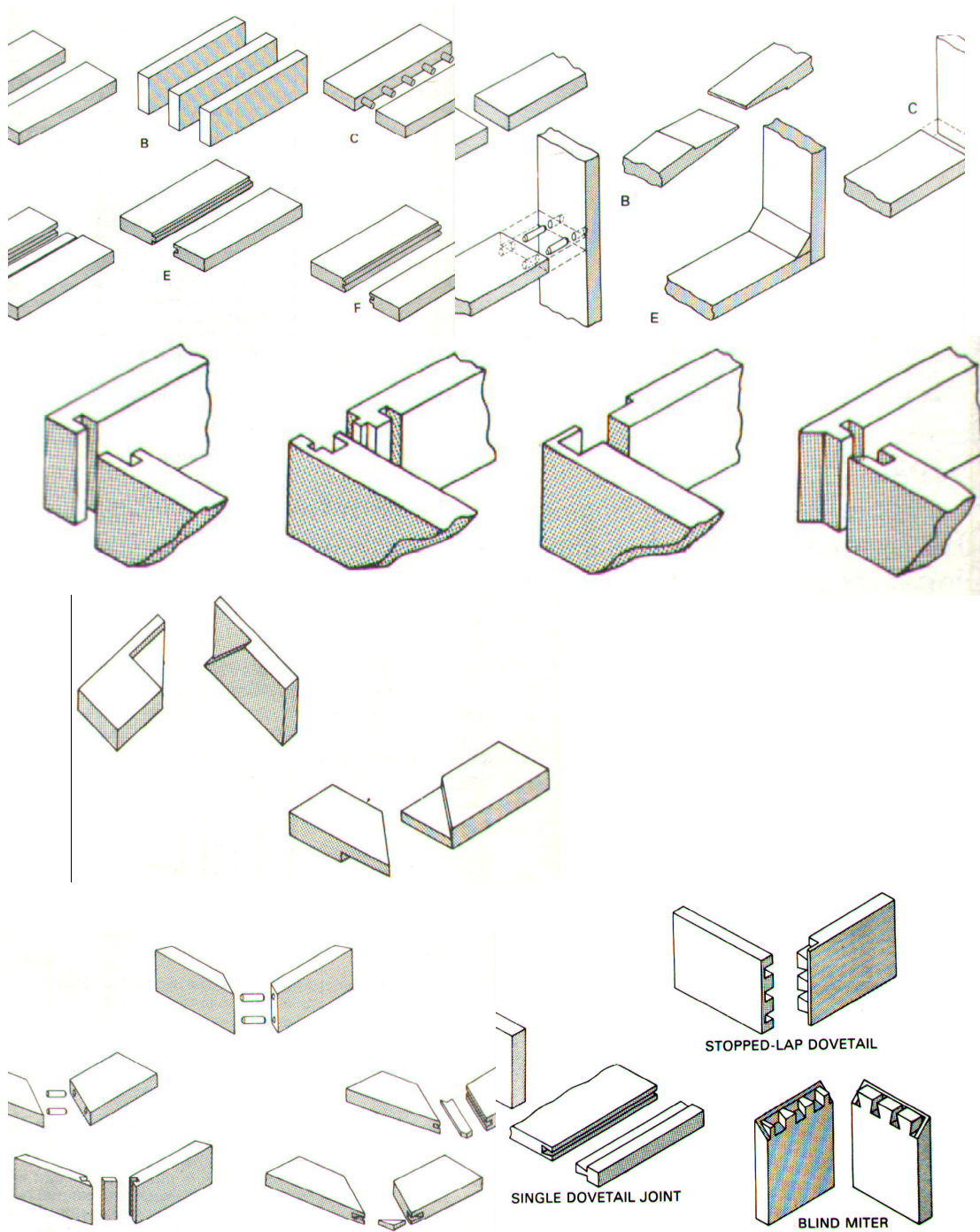


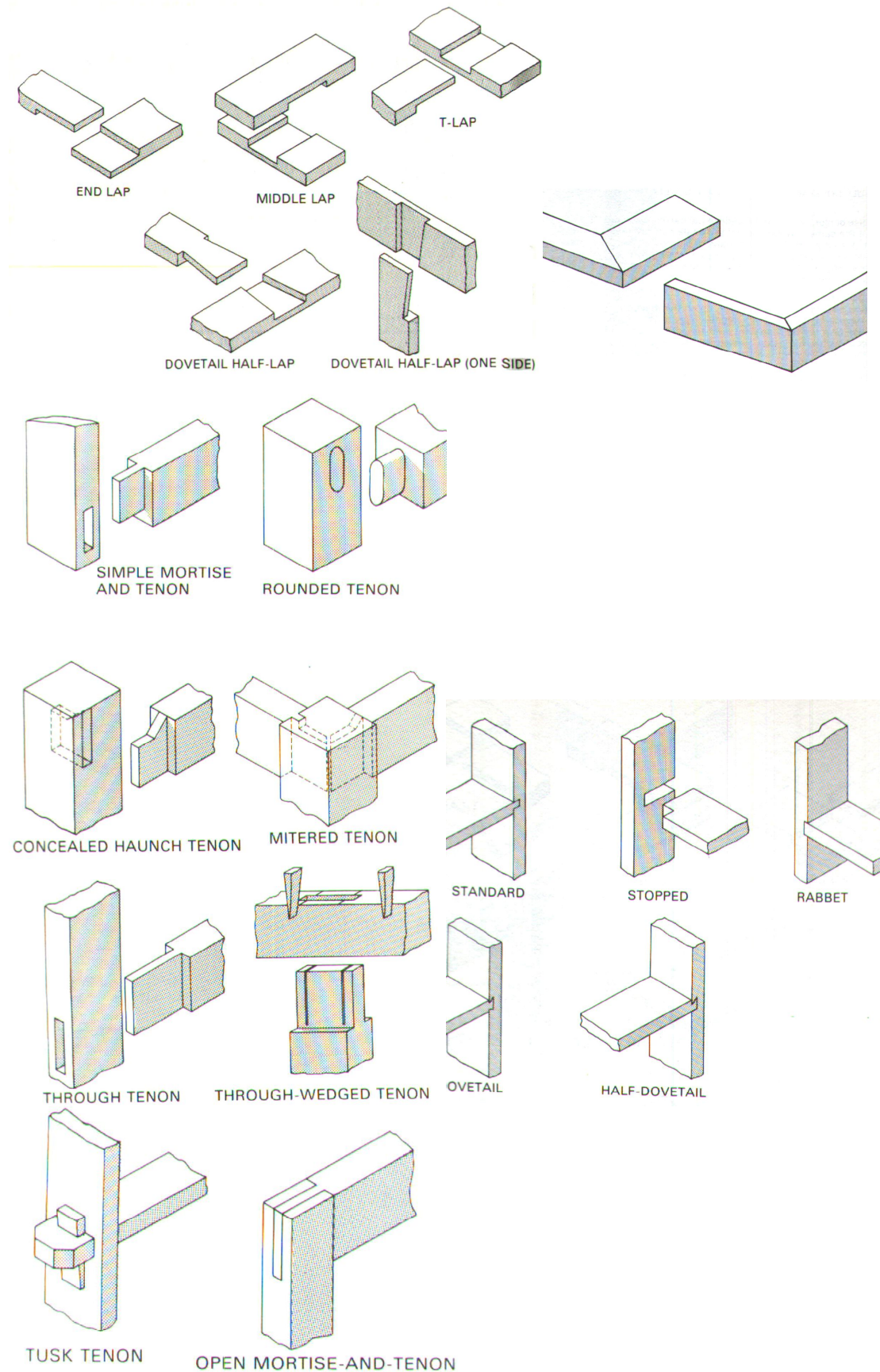
5.1.1.05 Slika: vertikalno dolžinsko spajanje z lepljenjem (OBLES, Podjetje za proizvodnjo obdelovalnih lesnih strojev Ljubljana)



5.1.1.06 Slika: horizontalno dolžinsko spajanje z lepljenjem (OBLES, Podjetje za proizvodnjo obdelovalnih lesnih strojev Ljubljana)

5.1.2 površina lepljenja





5.1.2.01 Slika: različne vezi masivnega (Robert S. Miller, adhesives and glues, Ohio 43207 USA, 1980)

5.2 POGOJI ZA LEPLJENJE

Pogoji lepljenja vplivajo na trdnost in kvaliteto lepilnega spoja. Pri pogojih lepljenja je pomembna klima, ki jo definirata temperatura in relativna zračna vlaga, ki ima pomembno vlogo pri pripravi in nanosu lepila.

Drugi pomemben pogoj je drevesna vrsta in njegova vlažnost, ter vrsta lepila.

Tretji pomemben pogoj je način stiskanja in tehnologija, ki jo uporabljamo glede na vrsto lepila.

5.3 POSTOPKI LEPLJENJA

Postopki lepljenja so odvisni od vrste lepila, kaj je produkt lepljenja in tehnološke opreme.

Glede na vrsto lepila ga v grobem ločimo na:

-enokomponentna lepila

-večkomponentna lepila

Produkt lepljenja so različni polizdelki, kot so naprimer lepljenci iz katerih izdelujemo stavbno pohištvo ali izdelki kot so lepljeni nosilci in razne plošče.

Glede na tehnologijo lepljenja poznamo:

-hladno lepljenje

-vroče lepljenje

-lepljenje z VF

5.4 NANOS LEPILA

Način nanosa je odvisen predvsem od smotrnosti uporabe posameznega načina, ali z drugimi besedami, če lepimo za različne izdelke – splošno mizarstvo je način nanašanja lepila usmerjen predvsem v univerzalne tehnike nanosa, večinoma ročnega nanašanja, če pa se ukvarjamo z serijsko proizvodnjo pa so načini in tehnike nanosa lepila odvisni od proizvodnega programa in se nagibajo v specialne strojne tehnike nanosa.

Ročne tehnike nanašanja lepila so z:

-čopičem

-valčkom

-kartušo

-lopatico

-ročno brizgalko

-ročno nanašanje termolepila

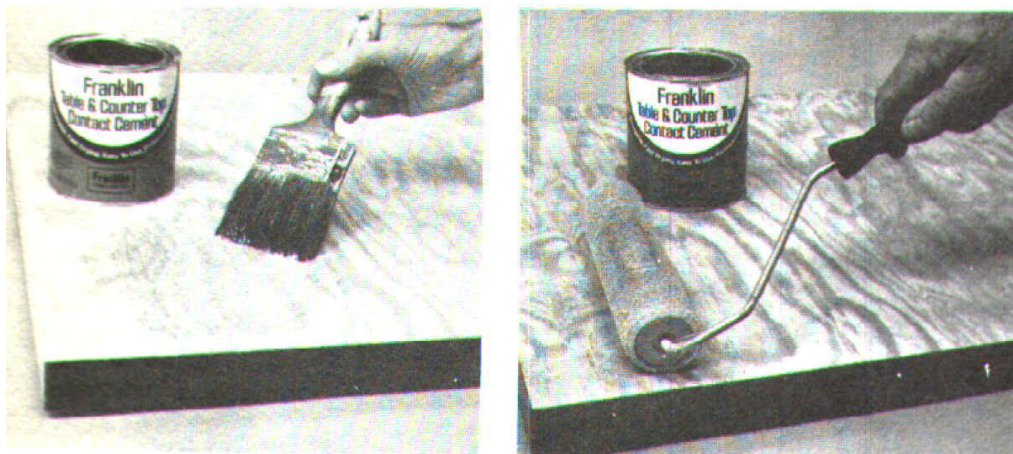
Strojne tehnike nanosa lepila so:

-valjni nanos

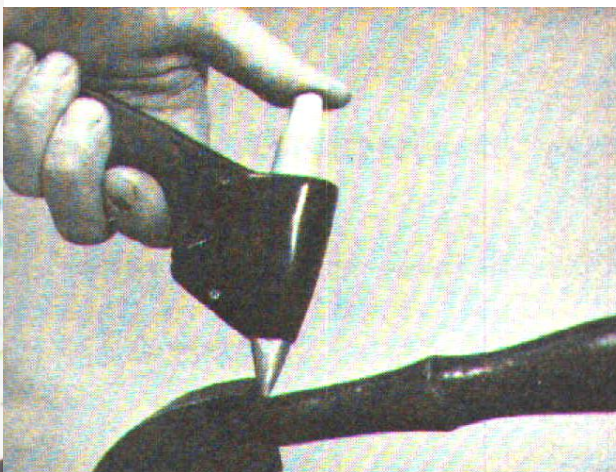
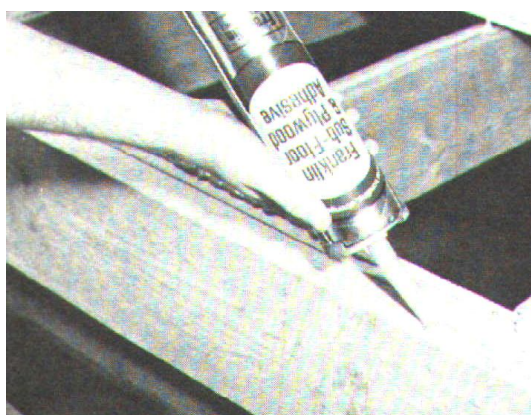
-brizganje

-polivanje

-ročno nanašanje lepila



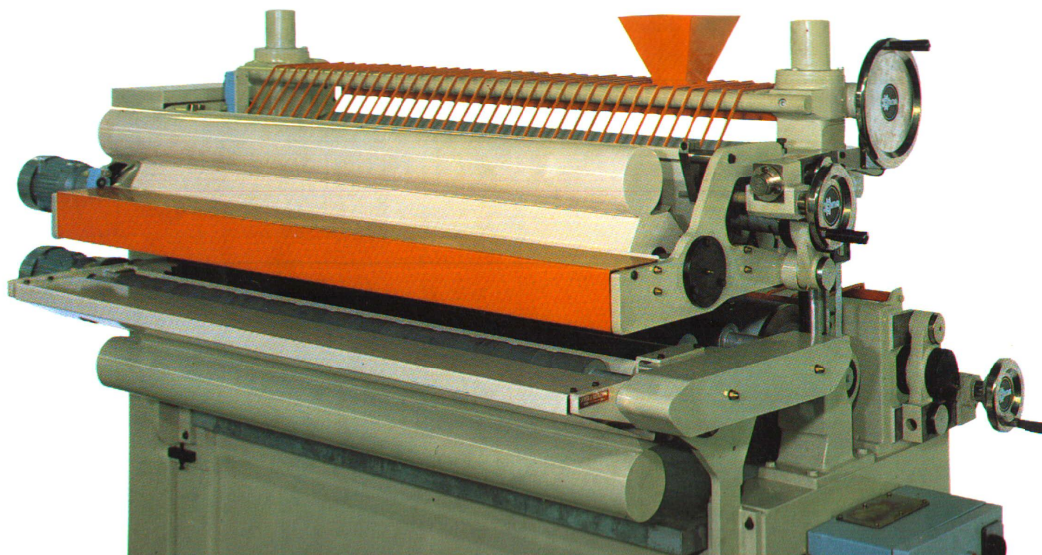
5.4.01 Slika: nanašanje lepila z čopičem in valjčkom (Robert S. Miller, adhesives and glues, Ohio 43207 USA, 1980)



5.4.02 Slika: ročno nanašanje lepila z kartušo, zračno brizganje in nanos termo lepila (Robert S. Miller, adhesives and glues, Ohio 43207 USA, 1980)

-strojno nanašanje lepila

Strojno nanašanje lepila je primerno za serijsko proizvodnjo, namenjeno je za velike količine, prilagojeno je vrsti lepila, polizdelku ali izdelku, materialu, ki ga lepimo in tehniki nanosa.



5.4.03 Slika: strojno nanašanje lepila; (James L.,TAYLOR , Manufacturing Company, Poughkeepsie, NY 12602-0712 USA)

5.5 STISKANJE ZLEPLJENCEV

Zlepljence stiskamo na različne načine, kar je odvisno od predpisanih pogojev za različne vrste lepil in namembnosti lepljenih delov.

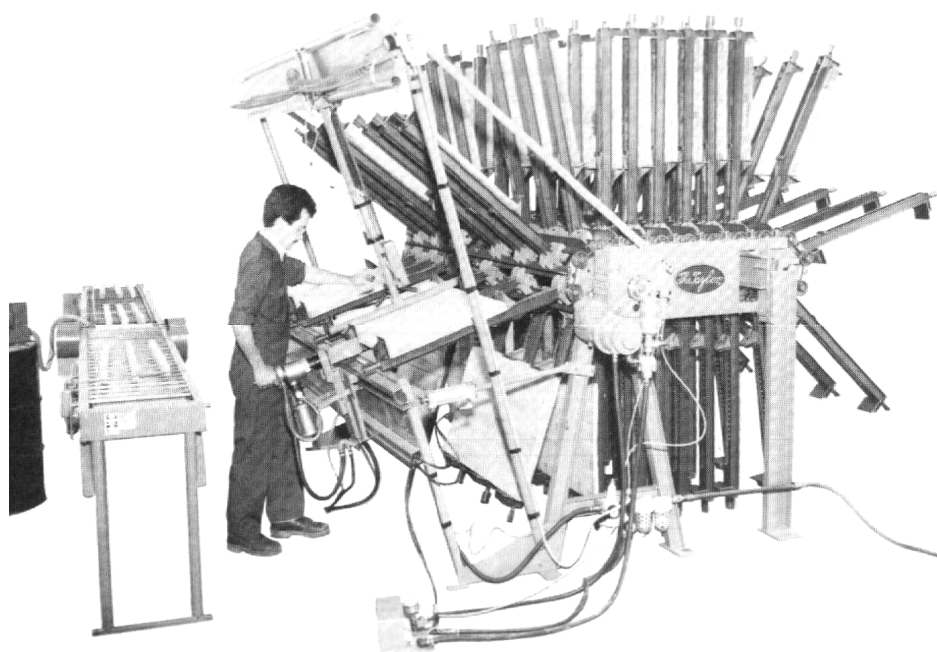
V grobem delimo stiskanje zlepljencev na ročno in strojno:

-ročni pripomočki in stiskalnice za stiskanje zlepljencev

- svore različnih oblik
- stiskanje z zagozdami in drugimi pripomočki
- različne stiskalnice z vreteni in ekscentri

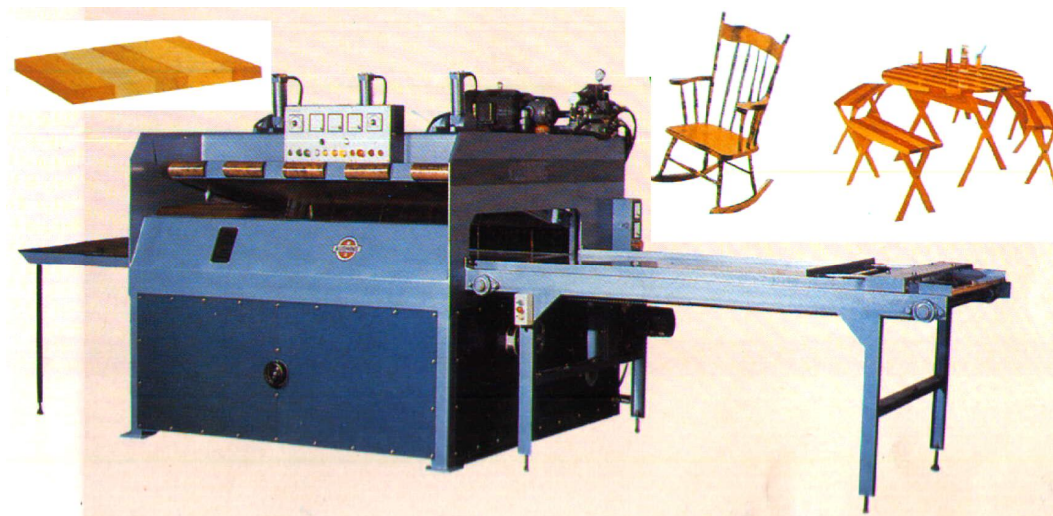
-strojni načini stiskanja zlepljencev

- hladne, vroče stiskalnice in VF stiskalnice



5.5.01 Slika: hladno stiskanje (James L., TAYLOR, Manufacturing Company, Poughkeepsie, NY 12602-0712 USA)

Stiskalnica na zgornji sliki je primerna za hladno debelinsko in širinsko lepljenje masivnega lesa. Uporablja se za izdelavo lepljencev v proizvodnji stavbnega pohištva, za širinsko lepljenje v proizvodni stolov in izdelavo različnih lepljenih plošč.



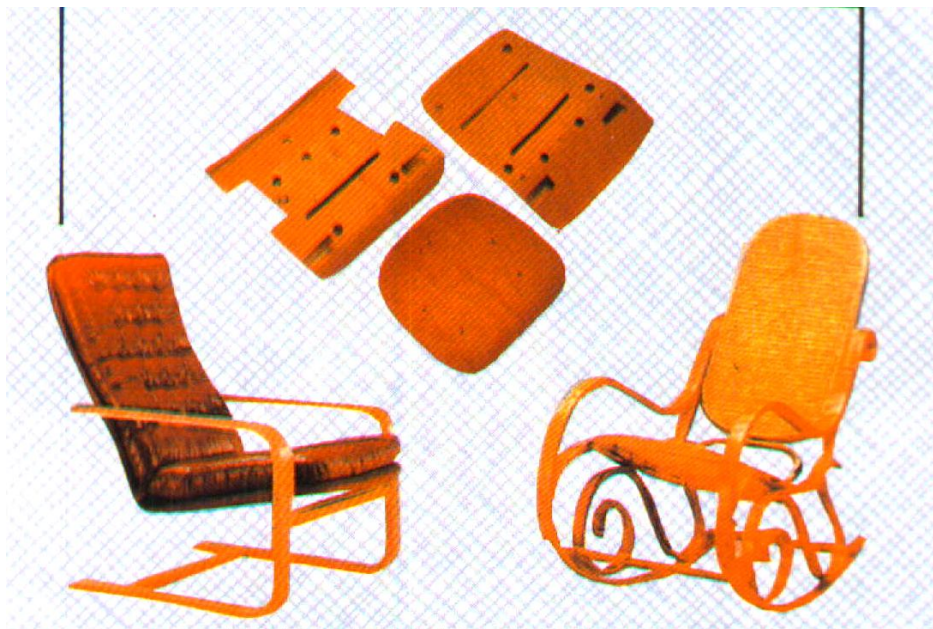
5.5.02 Slika: VF stiskalnice; (Taiwan Buyer's Guide, WOODWORKING MACHINERY '89, Fengyuan, Taichung Hsien, Taiwan)

Visokofrekvenčne stiskalnice se uporabljajo najpogosteje v masovni proizvodnji stolov, miz, širinskem lepljenju sedal, izdelavi lepljenih plošč iz masive in lameliranih delov različnih oblik .

Pri tovrstnem lepljenju je lepljenje kvalitetno, vendar energetsko potratno.

Lepila so prirejena za lepljenje z pomočjo VF, še posebej pa moramo paziti, da v procesu lepljenja ne pride do prisotnosti kovinskih delcev, ki običajno povzročajo preboje, razvijejo se visoke temperature in neredko pride do požara.

VF stiskalnice morajo biti ustrezno zaščitene pred sevanjem v okolico, zato so običajno v mrežasti kletki.



5.5.03 Slika: različni izdelki izdelani z VF stiskalnicami; (Taiwan Buyer's Guide, WOODWORKING MACHINERY '89, Fengyuan, Taichung Hsien, Taiwan)

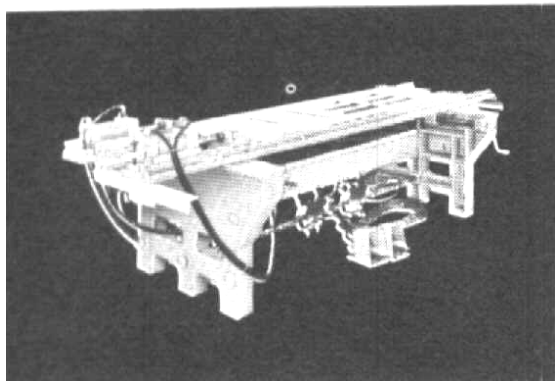
Velika prednost VF stiskalnic je kombinirano delovanje predvsem pri krivljenih lepljenih. Pomembna je vlažnost lesa, saj se z visokofrekvenčnim delovanjem segreje tudi les, kar ugodno vpliva na kvalitetno krivljenje lesa, v kolikor je vlaga previsoka pa pride do uparjanja vode, kar pa negativno vpliva na kvaliteto lepilnega spoja.

- enojne stacionarne in pretočne, blok stiskalnice, ter večetažne stiskalnice

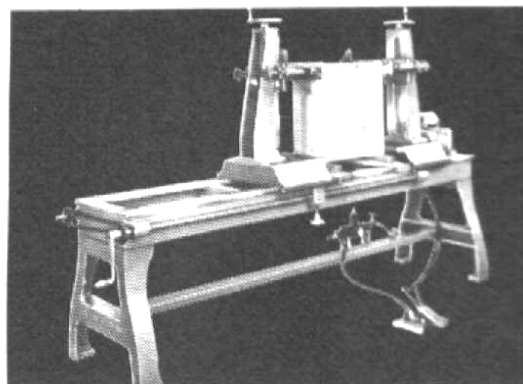


5.5.04 Slika: univerzalna vroča hidravlična stiskalnica; (WOODWORKING INTERNATIONAL, D-8500 Nuernberg 1, FED.REP. GERMANY, april 1987) 54

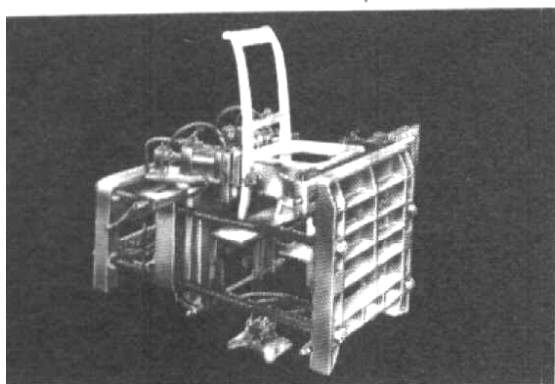
- okvirne, posebne izvedbe in korpusne stiskalnice



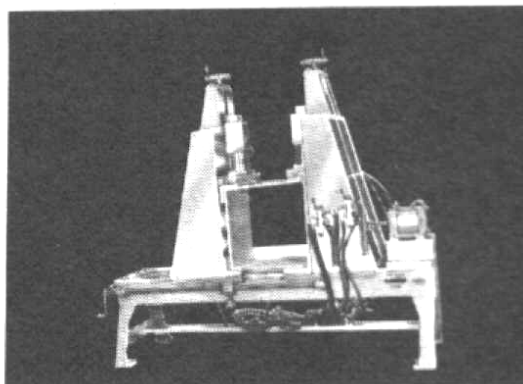
No. 120
Door Clamp



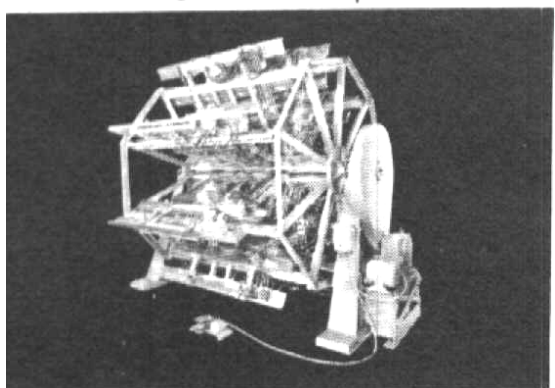
No. 201
Drawer Clamp



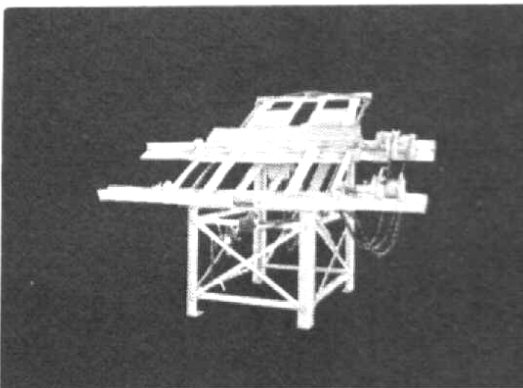
No. 1090-B
Chair Clamp



No. 1225-C
Case Clamp

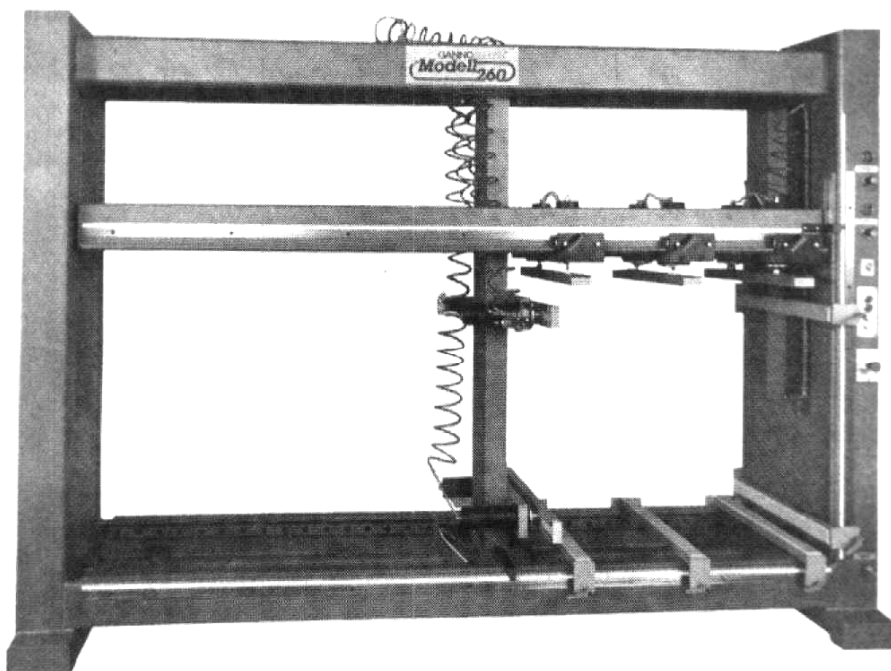


No. 1860-C
Frame Clamp



No. 1861-C
Frame Clamp

5.5.05 Slika: različne stiskalnice; (Buyer's Guide And Directory, Wood Machinery Manufactures of America, 1987, Philadelphia, USA)



5.5.06 Slika: korpusna stiskalnica(WOODWORKING INTERNATIONAL, D-8500 Nuernberg 1, FED.REP. GERMANY, april 1987)

Razlika med okvirnimi in korpusnimi stiskalnicami je v tem, da se okvirne uporabljajo za stiskanje okvirjev, ki nimajo izrazite globine, kot so naprimer okenski podboji ali okenska krila, korpusna stiskalnica pa služi prvenstveno za stiskanje okvirjev z poudarjeno globino, kot so omare. Najzahtevnejše stiskanje lepljencev je, če so ti oblikovani v dvo ali trodimenzionalnih smereh, za kar potrebujemo posebne kalupe.

6.0 DELO Z LESNO OBDELOVALNIMI STROJI Z VIŠJO STOPNJO ZAHTEVNOSTI

Razmere na tržišču in stopnja razvitosti tehnike pogojuje napredek pri razvoju tehnološke opreme.

V začetnem obdobju razvoja lesarstva je človek težil k zamenjavi lastne sile z mehansko in takoj, ko je tehnika omogočala uporabo vodne energije je v lesarstvu prišlo do zamenjave energetskega vira, povečanja kapacitete proizvodnje in večjega števila proizvodov. Ko je bil na razpolago uporaben elektromotor, so posledično nastali lesnoobdelovalni stroji za posamezne operacije.

Ker je bilo na tržišču pomankanje izdelkov iz lesa, so nastali stroji z več operacijami v enem prehodu, velike tovarne in dolge linije. Ta model proizvodnje je bil velikoserjski, izdelkom pa je občutno padla cena in je trajal do nasičenja trga.

Prvi znaki nasičenja trga so se pokazali v zmanjševanju količin posameznega izdelka, povečevalo pa se je število izdelkov s tem pa problemi z nastavitvenimi časi linije.

V tem obdobju je zašlo precejšnje število velikih tovarn v težave, ker niso pravočasno zaznali problemov in niso investirali ali pa zaradi hudega konkurenčnega boja na tržišču niso mogli investirati. To obdobje je zahtevalo hitro prilagajanje tržišču, proizvajalci strojne opreme so se v tem obdobju odzvali tako, da so izboljšali obstoječe linije in razvili stroje z avtomatskim nastavljanjem linije in orodji, kar pa je bil le gasilski pristop k reševanju trenutnih problemov.

Vzporedno so nastajali stroji v CNC tehnologiji, ki so bili pravi odgovor na tržno situacijo (fleksibilnost, hitrost, kvaliteta in primerna kapaciteta), vendar je tudi na tem področju bilo potrebno dve desetletji razvoja, da smo prišli na pravšnjo tehnologijo in ustrezno softversko podporo in dobre strojniške rešitve posameznih sklopov.

6.1 STROJI Z AVTOMATSKIM PODOJANJEM IN VEČ DELOVNIMI VRETENI

Stroji z več delovnimi vreteni so rešitev, kako v enkratnem prehodu opraviti čimveč operacij. Stroji so primerni za nefleksibilno masovno proizvodnjo v začetnih fazah obdelave lesa, v nekaterih primerih (opaži, podi, razne obloge...) pa tudi v končnih fazah. Fleksibilnost teh strojev povečamo z avtomatskimi nastavitvami (več orodji na eni gibljivi osi ali avtomatska menjava orodji iz zalgovnika orodij).

Pomiki pri teh strojih so običajno stopensko ali brezstopensko nastavljivi, vodenje obdelovanca in kvaliteta je odvisna od kvalitete nastavitev in zaporedja ter kvalitete orodja, natančnejše obdelave dosežemo z rezkanim vodilnim kanalom, ki služi kot ničelna točka ali izhodišče za vse ostale obdelave.

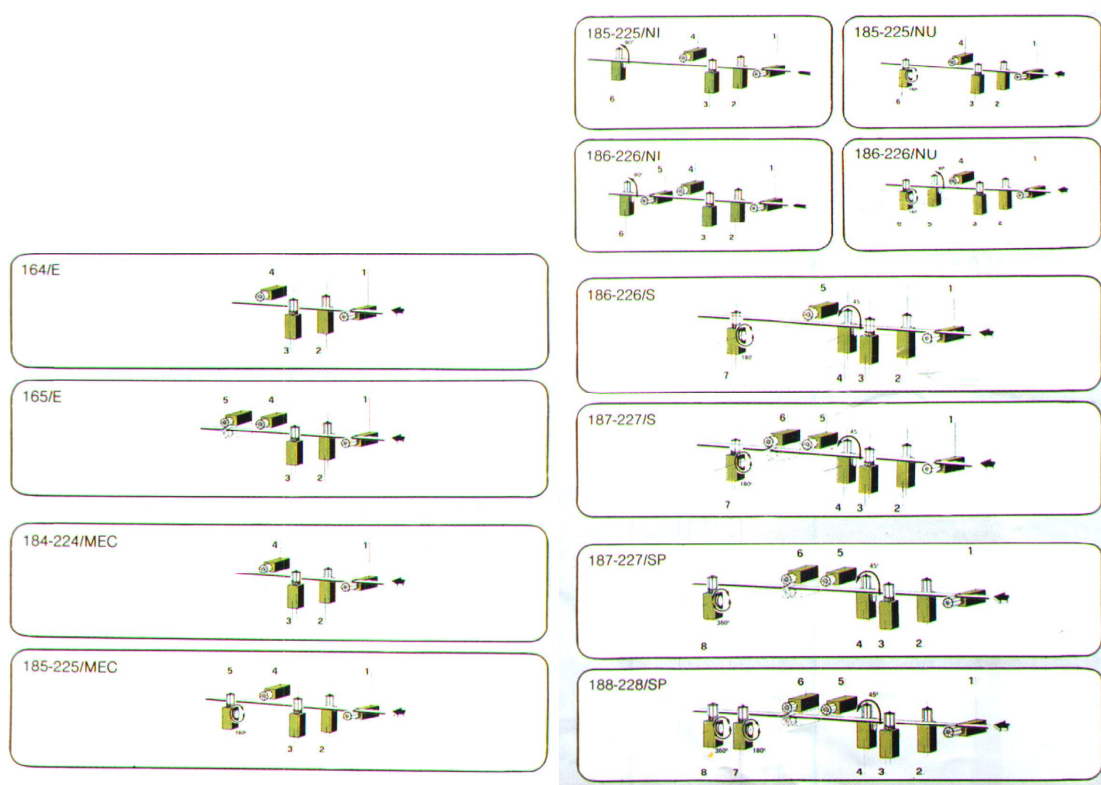
Pri vseh strojih je pomembna konstrukcija stroja, ki mora biti stabilna in kompaktna za dolgoročneje zagotavljanje kvalitete.

Prav tako morajo biti gibljivi deli izdelani iz kvalitetnih materialov z minimalno obrabo in enostavno zamenljivi.

Stroji te vrste imajo lahko tudi različno stopnjo avtomatizacije podajanja in zlaganja na koncu. Seveda je najenostavnejše posluževanje stroja ročno, kar pomeni, da imamo na začetku stroja delavca in prav tako na izstopu obdelovanca.

Naslednja stopnja so zalogovniki na vstopu in delavci na izstopu obdelovanca, v tem primeru lahko en delavec poslužuje več strojev ali pa skrbi za polnjenje zalogovnika za avtomatsko dodajanje, večino časa pa dela na izstopu obdelovanca.

Najvišja stopnja avtomatizacije je avtomatsko posluževanje stroja na začetku in avtomatsko zlaganje na koncu, v tem primeru en delavec skrbi za več strojev, njegova glavna naloga je dostava materiala in odstranitev obdelanih in zloženih obdelovanca, z sprotim nadzorom pravilnosti delovanja stroja.



6.1.01 Slika: stroji z več orodji; ARREDARE CON, mastrolejno, ANNO IV-N.1, aprile 1987

Stroji z več vreteni v najenostavnejši konfiguraciji zagotavljajo povprečno kvaliteto obdelave in zmerne stroške. Več ko je delovnih vreten boljša je kvaliteta obdelave, če izpolnjujemo vse pogoje, je pa taka obdelava v vseh pogledih stroškovno višja, zato je smiselno ob nakupu takega stroja določiti realne potrebe in sprejemljivost kvalitete izdelka za tržišče.

6.2 NC IN CNC STROJI

Pri CNC tehnologiji so poleg dovolj kompaktne in težke osnovne konstrukcije izredno pomembni posamezni deli, ki dolgoročno zagotavljajo natančnost obdelave in posledično kvaliteto izdelka. Če predpostavimo, da so koračni motorji in elektronika dovolj natančni, morajo to zagotavljati tudi najvažnejši gibljivi deli med katere zagotovo spadajo različna vodila, ki delujejo na različnih principih, važno pa je da dobro prenašajo obremenitve v več smereh, dolgotrajno obratovanje ter zadržijo natančnost v mejah dovoljenih odstopanj.



6.2.01 Slika: različna vodila in veriga za kabelske povezave; (Maschinen im Spiegel Ausgabe, präzision im spiegel, 2/1988)

Verige v katerih so kabli, ki služijo za povezavo med krmilnim sistemom in izvršilnimi enotami, ter napajalni kabli, ki skrbijo za dobavo potrebne energije morajo biti dobro zavarovani in zagotavljati take loke krivljenja, da pri dolgotrajnem obratovanju ne pride do poškodb vodnikov.

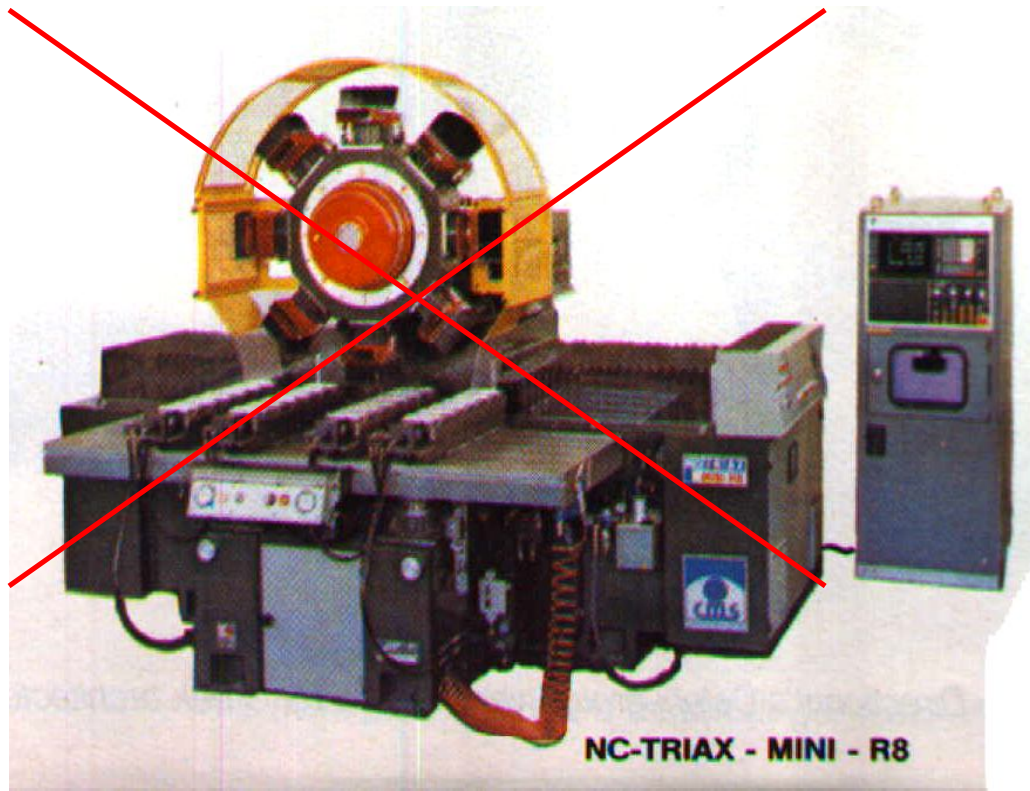
Starejše oblike NC in CNC strojev imajo precej napak, ki so seveda posledica takratne stopnje razvoja in razumevanja. Med večje probleme sodijo nekvalitetna vodila, zato je še vedno zelo velik poudarek na teh, čeprav je razvoj na tem področju izredno napredoval in lahko trdimo, da pri novejših strojih teh problemov skoraj ni. Drugi velik problem je masa gibajočih delov.

$$F = m \cdot a$$

Prav zaradi velikih mas gibljivih elementov in pospeškov so bile potrebne velike sile, za zagotavljanje primerne hitrosti obdelave in z tem časa obdelav.

Tako velike mas obdelovalnih agregatov so kvarno vplivale tudi na pretirano obrabo vodil in natančnost obdelave.

Na spodnji sliki je stroj, ki je tipičen predstavnik tistega časa, ko se je pozabilo na osnove fizike.

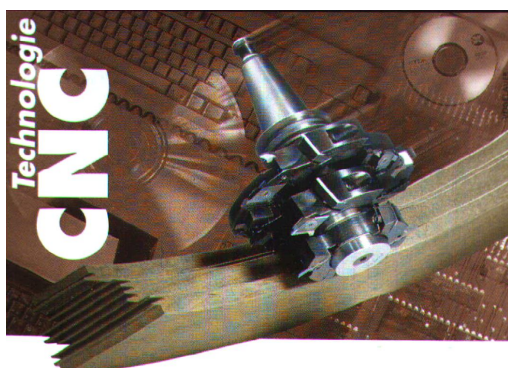
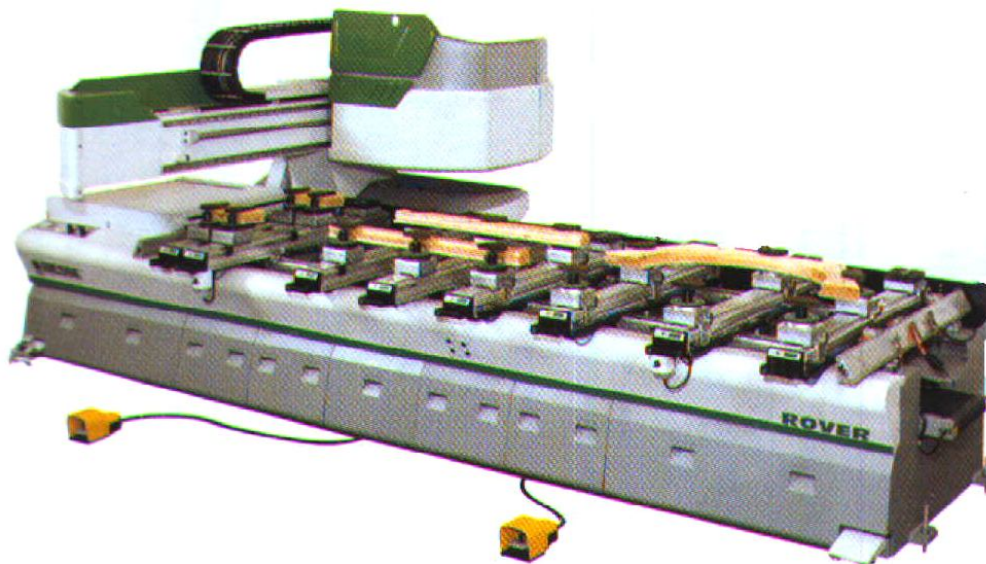


6.2.02 Slika: stroj in fizika: (WOOD AND WOOD PRODUCT, June 1987/ VOL. 92 NO. 7)

Naslednji korak pri reševanju zgoraj naštetih problemov je bila bila razbremenitev ene od treh osi, kar je pomenilo uvedbo gibljive mize, kar pa je odprlo nove probleme, s tem, da so bili stari problemi le delno rešeni.

Na zgornji sliki se lahko veliko naučimo in na podlagi teh dognanj predvidevamo, kakšen naj bi bil dober CNC obdelovalni stroj.

Pri sodobnih obdelovalnih centrih je večina problemov odpravljenih, je pa še vedno aktualno, kakšen stroj bomo nabavili, kako velika bo delovna miza in predvsem sistemi za vpenjanje obdelovancev.



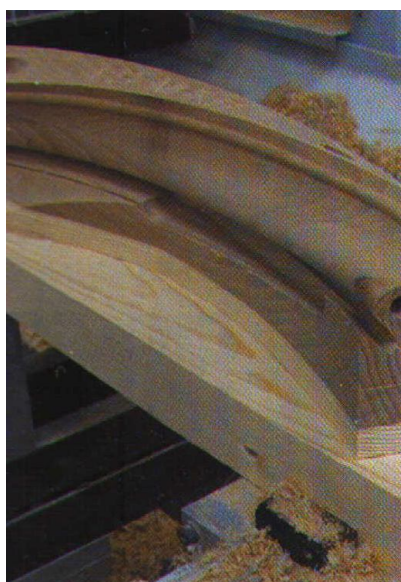
6.2.03 Slika: CNC stroj za obdelavo masivnega lesa; HOLZ Design, Leopoldsdorf/Wien, 03.2002

Sodobni obdelovalni centri delajo v več oseh, kar je odvisno od izdelka in njegove zahtevnosti.

Osnovni triosni stroji z osmi X, Y in Z so primerni predvsem za obdelavo ploskovnih elementov, že pri krivljenih naslonjalih stola nam ta stroj ne ustreza več, kajti element krivljen okoli ene osi zahteva dodatno os na stroju, kar pomeni, da govorimo o štiriosnem stroju.

Četrta os konkretno pri obdelavi krivljenega naslona se običajno nahaja na vpenjalni mizi, kar pa zahteva kvalitetno krivljenje elementov z minimalnimi odstopanji.

Za zahtevne prostorsko krive ali ukrivljene elemente rabimo stroje z še večjim številom osi. Za izdelke prikazane na spodnji sliki potrebujemo vsaj **pet osne** stroje, ker gre ponavadi za izdelke višjega cenovnega razreda, mora biti tudi obdelava temu primerna.



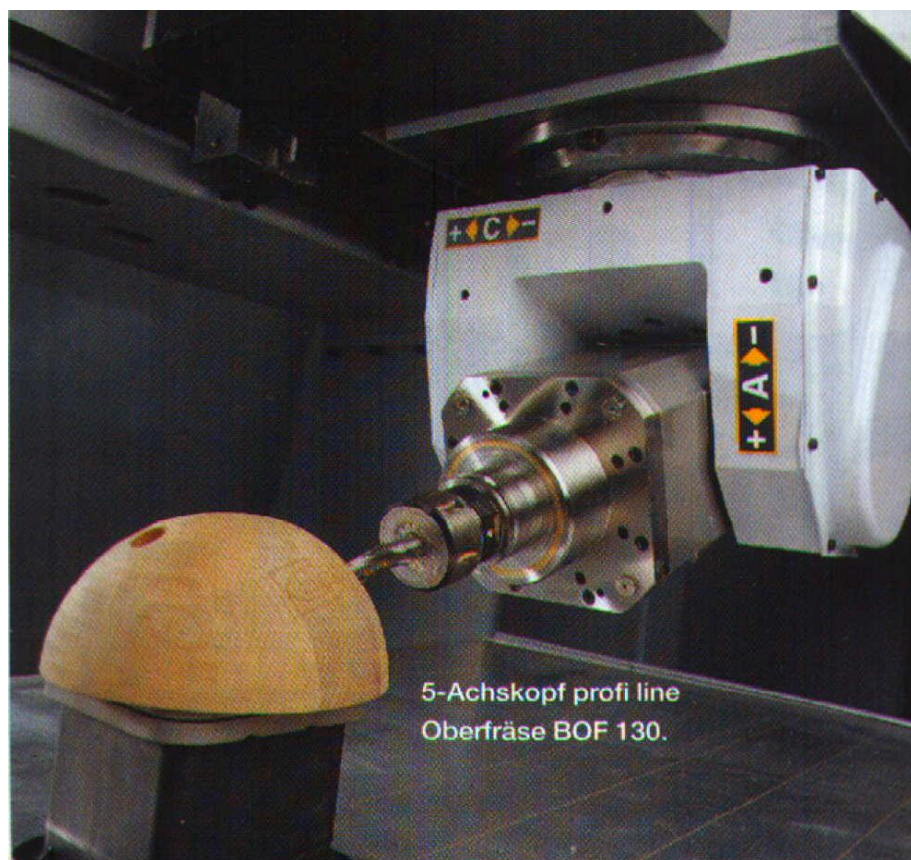
6.2.04 Slika: pet osna obdelava masivnega lesa; HOLZ Design, Leopoldsdorf/Wien, 03.2002

Pri uporabi večosnih strojev je pomembno, da je delovna enota dovolj kvalitetno izvedena za doseganje predvidene kvalitete, orodja pa so za posamezne obdelave v zalogovniku in se avtomatsko menjajo, glede na vrsto obdelave.



6.2.05 Slika: zalogovnik orodji; (Maschinen im Spiegel Ausgabe, präzision im spiegel, 2/1988)

Na spodnji sliki je nazoren prikaz uporabe pet osnega CNC stroja, iz izdelka pa se vidi, da z manj osmi stroj nebi opravil dela, ki ga pri takem izdelku pričakujemo.



6.2.06 Slika: 5 osni CNC stroj (HOLZ Design, Leopoldsdorf/Wien, 03.2002, st.32)

Iz zgornje slike lahko ugotovimo, da bi šestosni CNC stroj dobili tako, da bi bil izdelek pritrjen na vrtljivi podlagi, ki bi se obračala v skladu z zahtevami, tako kot zasuka, kot smer.

Pri CNC strojih z petimi ali več osmi lahko govorimo že o robotskih rokah za obdelovanje lesa.

Tovrstni stroji so uporabni za najzahtevnejše izdelke, v izdelavi orodji in kalupov, izdelavi raznih prototipnih izdelkov in modelov za livarje, modelov avtomobilov, orodji za izdelavo profilov avtomobilskih pnevmatik, 3D lesenih okraskov.....

7.0 STROJNE LINIJE IN TEHNOLOŠKI POSTOPKI IZDELAVE IZDELKOV

Za kakršnokoli strojno linijo ali tehnološki postopek izdelave izdelkov, moramo najprej vedeti kaj bomo delali, v kakšnih količinah, koliko različnih izdelkov, cenovni razred izdelkov, kar pomeni določitev ciljne skupine kupcev in katerih materialov. Ko poznamo robne pogoje je to začetek snovanja tehnološkega postopka in izbira strojne opreme in ustrezne logistične opreme, kot tudi vseh ostalih spremljajočih pripomočkov in zakonsko predpisanih naprav, varoval in pripomočkov.

Prva faza je izdelava idejnega načrta ali projekta, prav originalnost in veliko znanja v tej fazi nam lahko omogoča določeno dolgoročno prednost pred ostalimi konkurenti. Na podlagi dobrega, tudi večkrat popravljenega idejnega načrta tehnološkega postopka je smiselno, da ga šele, ko je v končni verziji zapremo v določen prostor in narišemo stene.

Nemalokrat je zgrajen najprej proizvodni obrat, nato pa se v njem išče najboljša varianta tehnološkega postopka. **Tak pristop je napačen!!!**

Naslednji korak je **PGD projekt**, oziroma projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja, ki mora vsebovati vse zakonsko zahtevane sestavine in ustrezna soglasja. Na podlagi pridobljenega gradbenega dovoljenja uporabimo lahko PGD dokumentacijo za razpis in oddajo del, ali pa izdelamo poseben projekt za razpis **PZR**. Ko smo izbrali izvajalce in dobavitelje, ter z njimi podpisali pogodbe jim predamo projekt za izvedbo **PZI**. Po končanju vseh del pa se izdela projekt izvedenih del **PZI**, v katerem so vse spremembe ali odstopanja od PZI-ja.

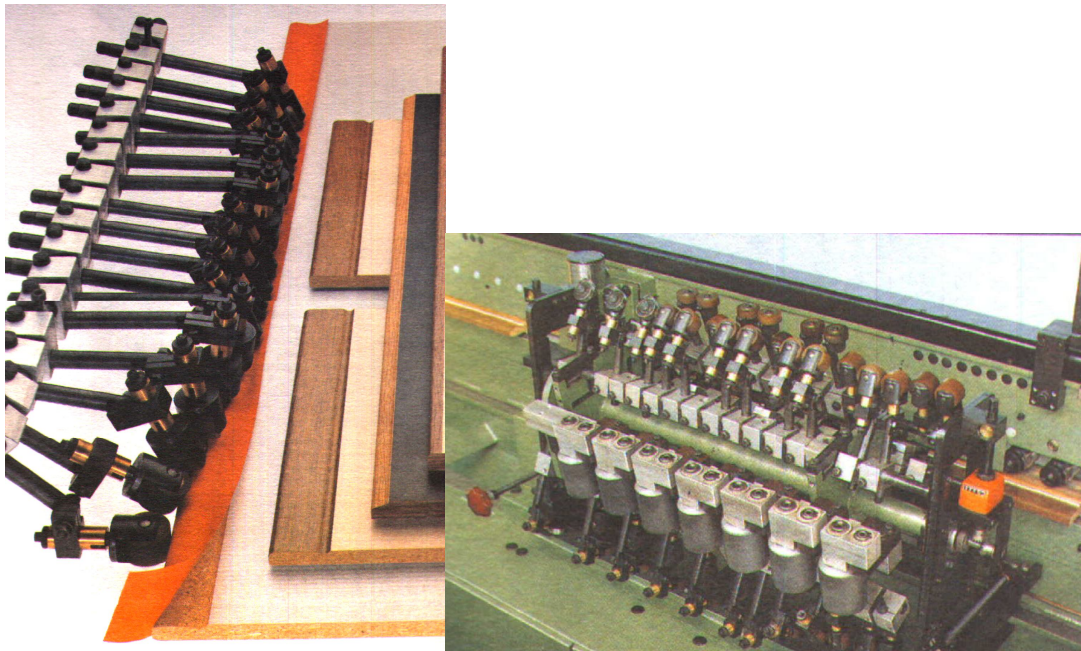
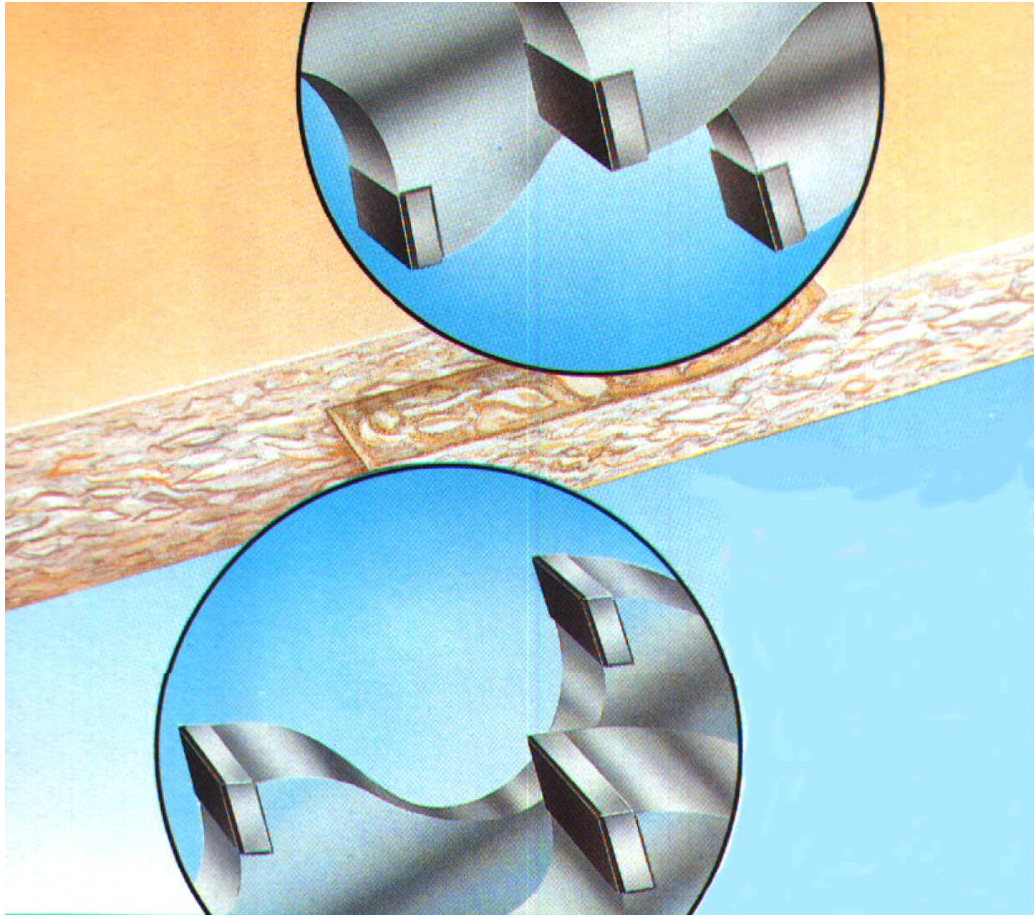
7.1 OBDELAVA MASIVNEGA LESA

Obdelava masivnega lesa je v osnovi obdelana v prejšnjih poglavjih, sami tehnološki postopki izdelave posameznih izdelkov iz masivnega lesa pa bo obsežno obdelana v okviru vaj z posameznimi konkretnimi primeri.

7.2 OBDELAVA TVORIV

Obdelava tvoriv je v principu enostavnejša, rabimo pa bolj specialna orodja, ki so prilagojena tem materialom in strojno opremo, ki je lahko zelo enostavna ali pa zelo zapletena, vse je odvisno od velikosti proizvodnje, količine izdelkov in zahtevnosti obdelav. Tehnološke postopke za izdelavo posameznih izdelkov bomo podrobneje obdelali v okviru vaj.

V nadaljevanju pa le dve slike, ki so pomembnejše pri obdelavi tvoriv.



7.2.01 Slika: razrez in ob-lepljenje robov tvoriv (WOOD AND WOOD PRODUCT, June 1987/ VOL. 92 NO. 7)

8.0 LASER V LESARSTVU

Tudi v lesarstvu se vedno preizkusijo najnovejše tehnologije, med katere nedvomno spada tudi laserska tehnologija, ki je uporabna na različne načine:

- označevanje
- zaznavanje in pozicioniranje obdelovanca
- merjenje in nadziranje
- graviranje
- rezanje
- druge obdelave (risanje slik, žganje.....)

8.1 DELOVANJE LASERJA

Laser : (light amplification by stimulated emission of radiation) ,

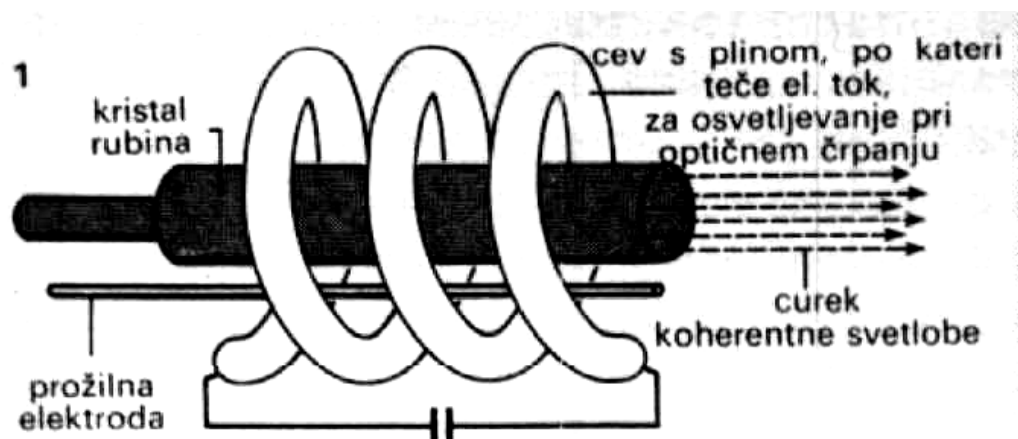
Kvantni generator koherentne svetlobe.

Curki svetlobe iz običajnih svetil so difuzni in sestavljeni iz več barv ali različnih valovnih dolžin svetlobe, ki so različne tako po fazi kot polarizaciji in odgovarjajo posameznim barvam.

Laser ima curke svetlobe vzporedne in enobarvne, niha v fazi in ima enako polarizacijo in ga opisujemo z sinusnim valovanjem, imeti mora dve kvantni stanji, od kateri je stanje z višjo energijo bolj zasedeno, kot pa stanje z nižjo energijo.

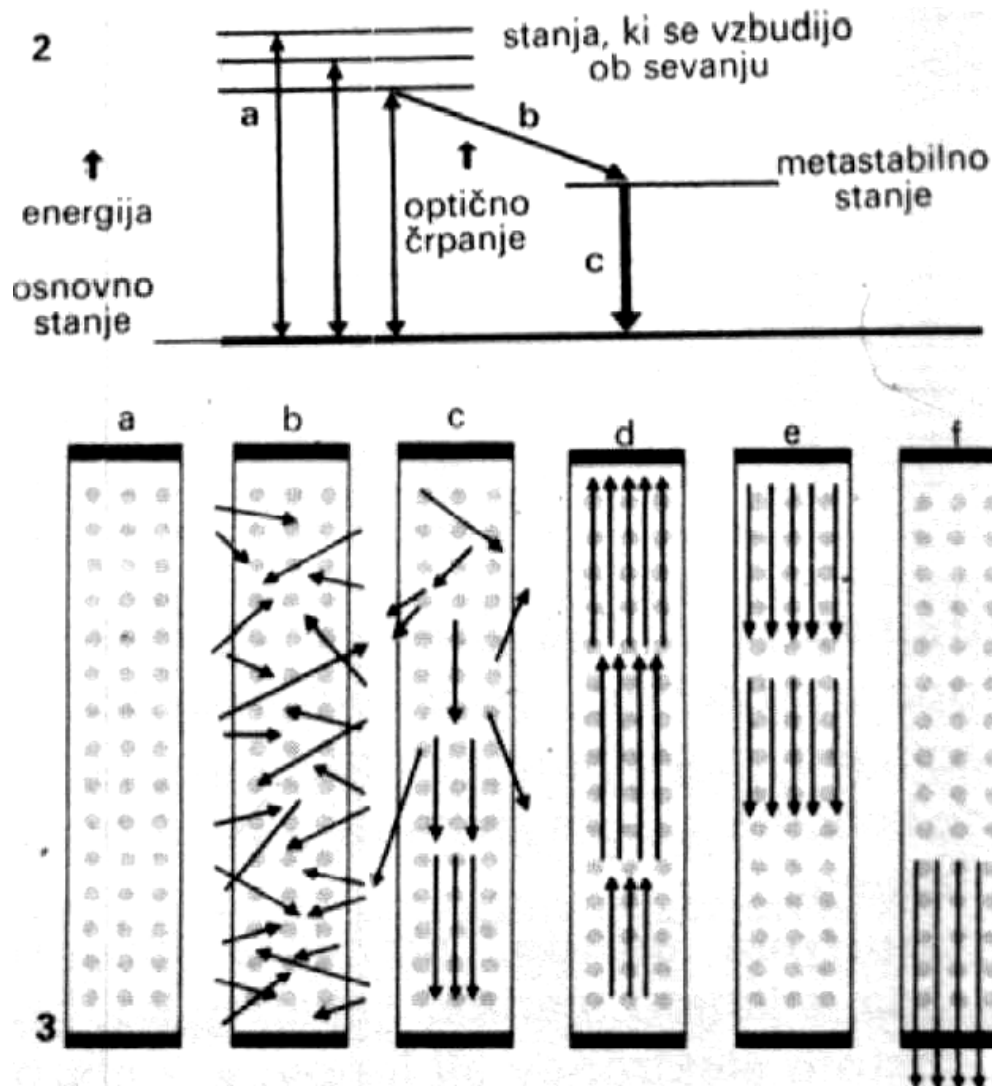
Deluje kot votlinski resonator, ki ima na vsaki strani zrcalo na katerih se to valovanje odbija in nastane stoječe elektromagnetno valovanje in samo sebe ojačuje.

Laserski žarek nastane tako, da eno od zrcal prepušča del tega valovanja.



8.1.01 Slika: zgradba rubinskega laserja (LEKSIKON Cankarjeve založbe, 1991)

Na zgornji sliki je prikazana zgradba rubinskega laserja, na naslednji pa spekter energijskih stanj in delovanje laserja.

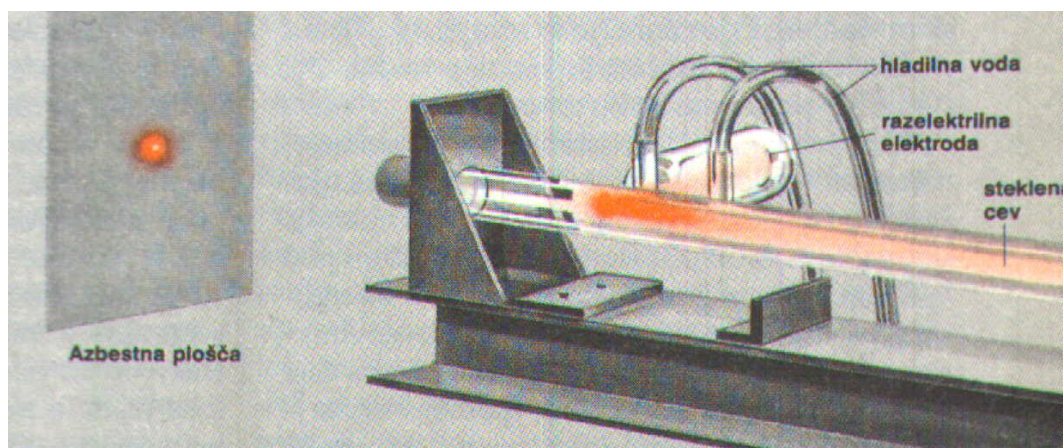


8.1.02 Slika : energijska stanja in lasersko delovanje (LEKSIKON Cankarjeve založbe, 1991)

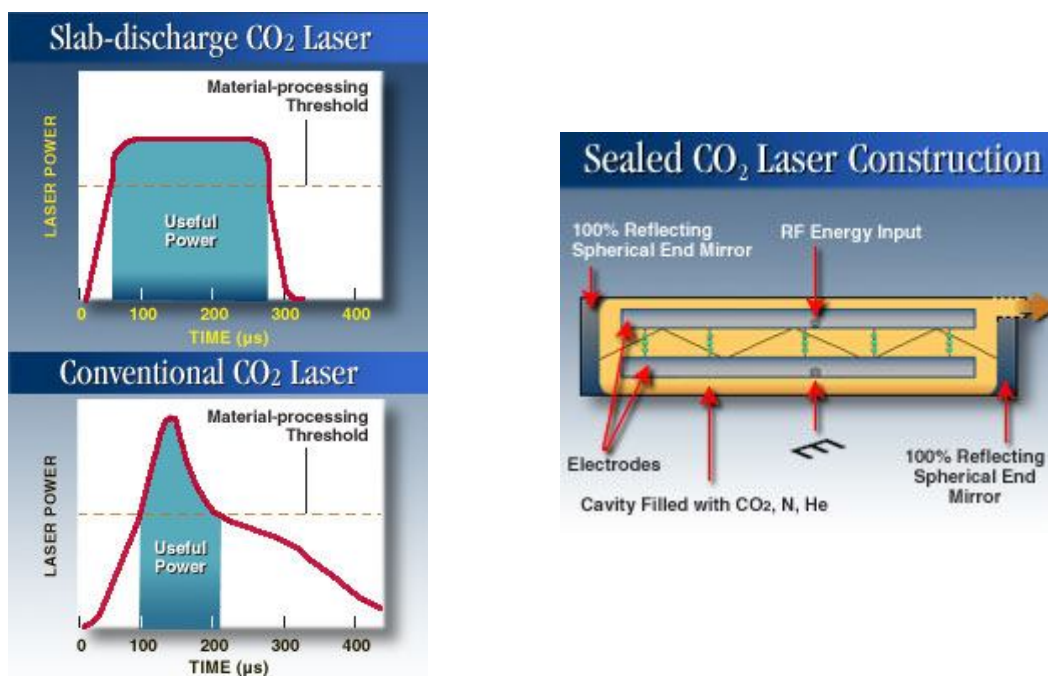
a.....stanje z višjo energijo – optično črpanje
b.....prehod v metastabilno stanje
c.....prehod v osnovno stanje z vsiljenim sevanjem, nastanek laserskega sevanja

a.....začetno stanje
b.....sevanje v vseh smereh – zburjanje
c.....vsiljeno sevanje
d,e.....večkratni odboj in ojačevanje z vsiljenim sevanjem
f.....iztop laserskega žarka

Rubinski laserji delujejo prekinjeno z sevalno zmogljivostjo do približno 100mW. Plinski laserji so primerni za večje moči, na spodnji sliki je predstavljen CO₂ laser.



8.1.03 Slika : plinski laser CO₂ (ENCIKLOPEDIJA TEHNIKE Cankarjeva založba 1983)



8.1.04 Slika: delovanje CO₂ laserja BEAM Dynamics Laser Machining

Pri tem laserju sevajo laserske žarke molekule CO₂, ki jih vzburja razelektritev plina. Plin je zaprt v stekleni cevi in daje svetlobo v območju infrardečih žarkov, kar pomeni, da je nevidna.

Ta laser je izredno primeren za trajno obratovanje in moči do 3 kW.

Plinski laserji so še:He-Ne - zmes helija in neona, argonski laserji.

Najnovejši laserji so polprevodniški (injekcijski), z polprevodniško diodo iz

galijevega azernita.

So pa še kemijski laserji, ki vzbujevalno energijo dobivajo iz kemičnih procesov.

8.2 LASERJI ZA OZNAČEVANJE IN MERJENJE

Touches nothing,
measures everything:
distance, thickness,
length, width, diameter,
velocity ...

Measures all dimensions!



Najpogosteje se srečujemo z laserji za označevanje in merjenje na cesti, kjer merijo hitrost. Označevalni laserji se uporabljajo tudi na strelnem orožju in drugih vojaških napravah za označevanje ciljev in vodenje izstrelkov.

V lesarstvu se označuje predvsem obdelovanec z točkovnimi ali tudi liniskimi laserji, ki nam pokažejo linijo obdelave.

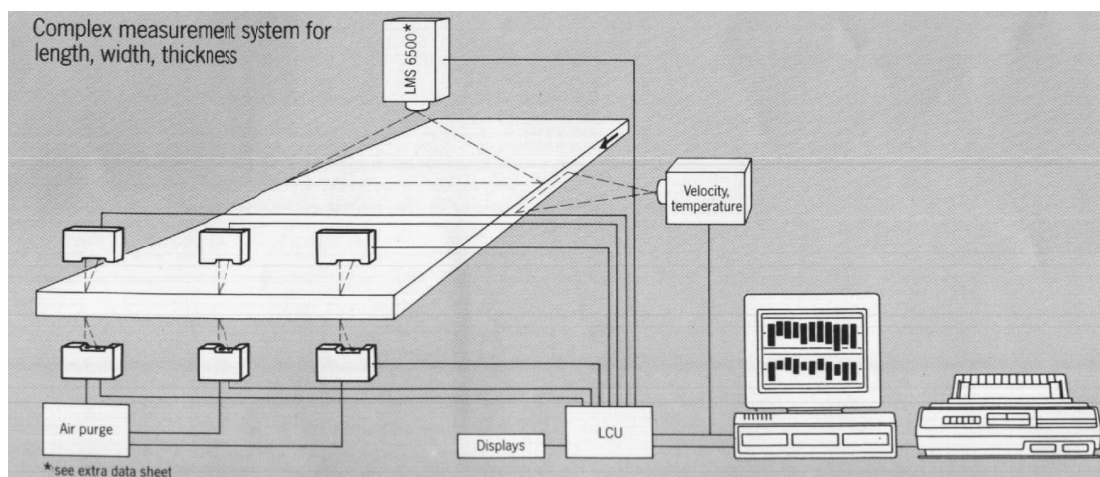
Vedno bolj pa se uporabljajo tudi za merjenje obdelovancev, pozicioniranje obdelovancev in kot pripomoček v procesu avtomatizacije, označevanja (črtna koda) in čitanje.



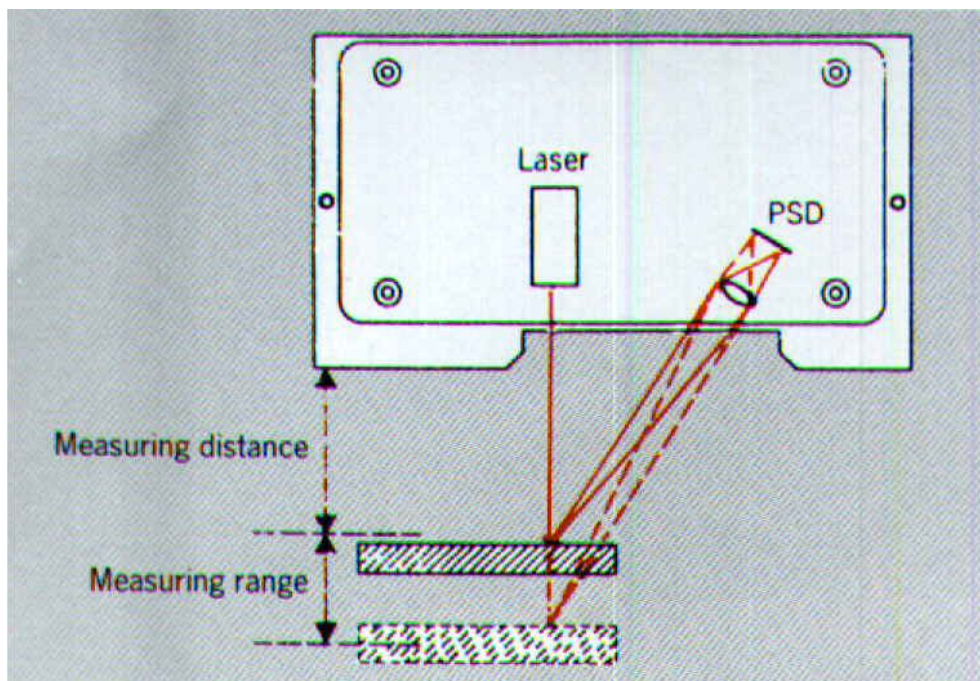
8.2.01 Slika: laser za merjenje (LAP GmbH, Zeppelinstra@e 23, D-Lüneburg)



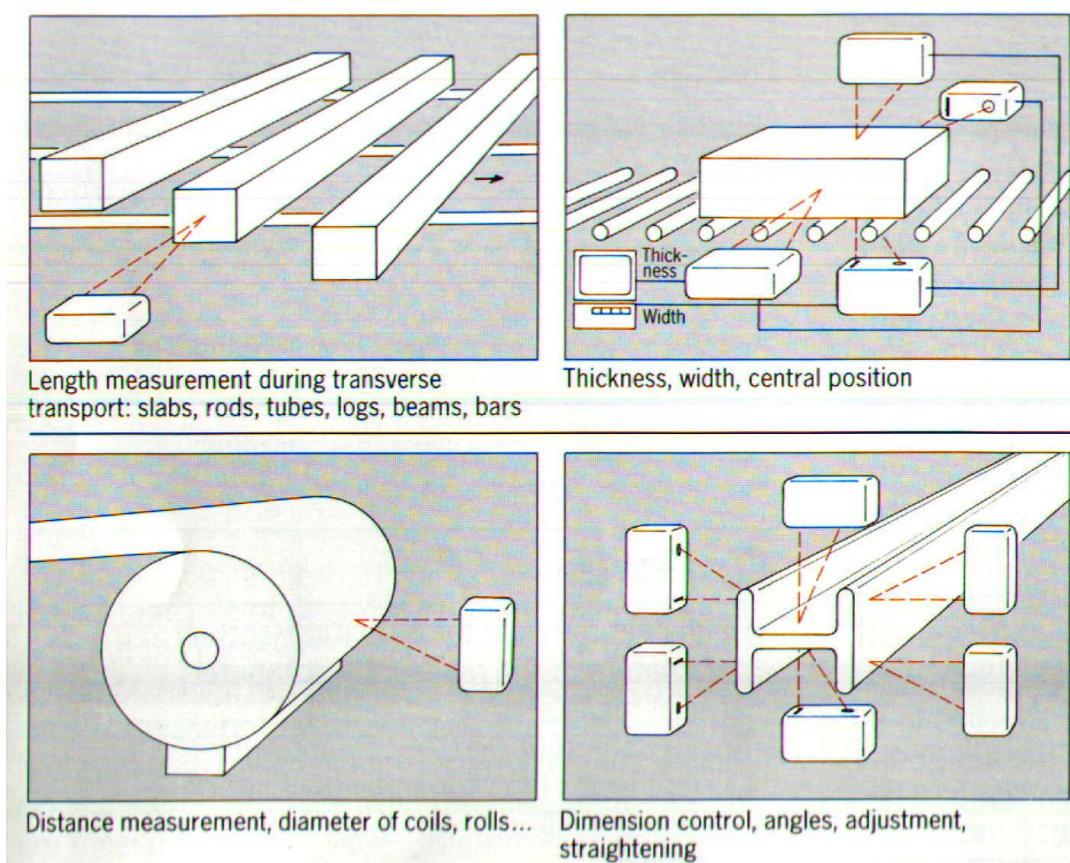
8.2.02 Slika: laser za merjenje (LAP Gmbh, Zeppelinstra@e 23, D-Lüneburg)



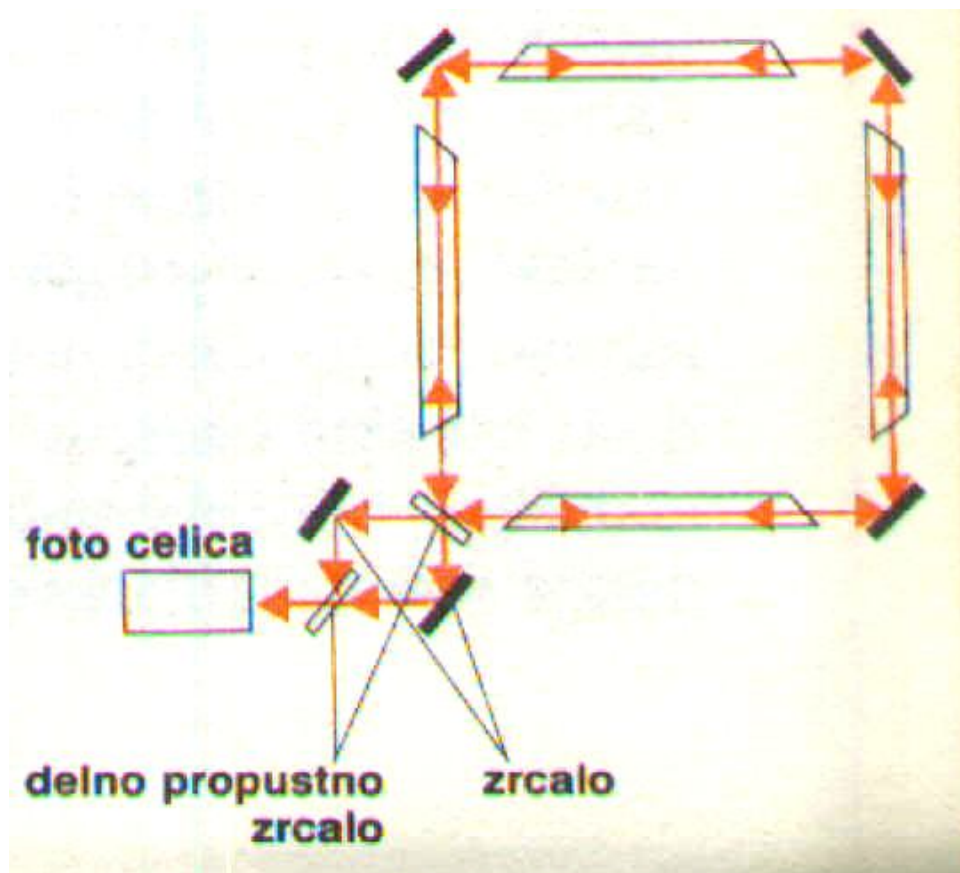
8.2.03 Slika: laserji za merjenje (LAP Gmbh, Zeppelinstra@e 23, D-Lüneburg)



8.2.04 Slika: laser za merjenje – princip delovanja (LAP GmbH, Zeppelinstra@e 23, D-Lüneburg)



8.2.05 Slika: različna uporaba laserja za merjenje (LAP GmbH, Zeppelinstra@e 23, D-Lüneburg)



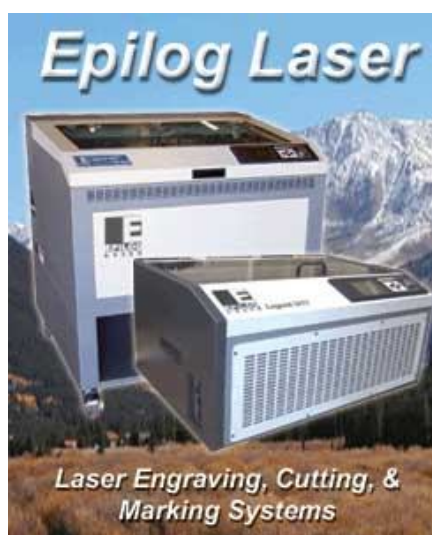
8.2.06 Slika: laserski nadzor (ENCIKLOPEDIJA TEHNIKE Cankarjeva založba 1983)



8.2.07 Slika: lasersko označevanje in čitanje (EPILOG laser)

8.3 LASERSKI STROJI ZA REZANJE IN GRAVIRANJE

V praksi je uporaba laserskih strojev za rezanje in graviranje v Sloveniji še redkost, je pa čutiti, da se to področje počasi uveljavlja in bo v naslednjih letih dobil svoje mesto, predvsem na področju izdelave zahtevnih izdelkov z različnimi vzorci ali celo slikami izdelanih iz lesa.



8.3.01 Slika: laserski stroji za rezanje in graviranje; BEAM Dynamics Laser Machining in EPILOG laser)

Pri nakupu laserskega stroja je pomemben podatek moč laserja v W ali kW, njegove rezalne sposobnosti za posamezne drevesne vrste (maksimalna debelina reza, gravirne lastnosti), razrez in graviranje drugih materialov in seveda življenjska doba laserske glave, ter cena njene zamenjave.

Eden od pomembnejših podatkov je še programska oprema s pomočjo katere lahko delamo.

8.4 LASERSKO IZDELANI LESENI IZDELKI



VODNO REZANJE

Vodno rezanje oziroma abrazivno vodno rezanje sta dva zelo si podobna postopka, ki jih je možno zelo enostavno opisati. Vodno rezanje (VC) je rezanje samo z vodnim curkom pod velikim tlakom, abrazivno vodno rezanje (AVC) pa je enako vodnemu, le da vodi dodajamo abrazivno sredstvo.

Rudarji so že dolgo opazovali in izkoriščali erozivno delovanja vode. Njihove izkušnje so navdihnile nekatere zgodnje razvijalce naprav, s katerimi so dosegli zelo hitre curke vode. Glede na to, kar danes razumemo pod pojmom visokohitrostni curek, lahko za njegovo prvo uporabo štejemo vodni top, ki sta ga razvila Voytsekhovsky in Chermensky. Uporabljali so ga pri izkopavanju rude v Sibiriji po letu 1950. V šestdesetih letih so v družbi Exotech Inc. razvili pulzno črpalko, s katero so dosegli tlak 700 MPa, pri premeru izhodne šobe 1,6 mm. Leta 1970 je družba Terraspace Inc. kupila licenco za rusko kumulativno vodno šobo, katere prečni presek se je proti izhodu zmanjševal. Voytsekhovsky je do tedaj že razvil napravo, s katero so dosegli stalno delovanje pri 200 MPa. Naprava je imela moč 2000 kW! Do leta 1974 so pri Terraspace Inc. razvili pulzno napravo za delo v rudarstvu in pulzno napravo za deaktiviranje municije s curkom gela. Slednjemu so izmerili hitrost 1475 m/s oziroma 4,7 kratno hitrost zvoka v zraku.

Znano je tudi, da je že v zgodnjih šestdesetih letih O. Imanaka s Tokijske univerze uporabil vodni curek v industrijski aplikaciji. Konec šestdesetih je R. Franz z univerze v Michiganu uporabil visokohitrostni vodni curek za rezanje lesa. Za prvo večjo industrijsko uporabo razreza z visokohitrostnim vodnim curkom velja aplikacija v McCartney Manufacturing Company leta 1972. Z vodnim curkom so rezali večplastne papirnate cevi.

Prvo komercialno črpalko za rezanje z vodnim curkom je leta 1971 začela proizvajati družba Flow Research, Inc. Leta 1981 je njena materinska družba WTI (Waterjet Technology Inc.) iznašla in tudi patentirala postopek rezanja z abrazivnim vodnim curkom. V letih do 1994 so v WTI razvili tudi postopek freziranja z abrazivnim vodnim curkom. Od zadnjih dosežkov tehnologije uporabe visokohitrostnih curkov moramo omeniti še: rezanje s tekočim dušikom (1995), površinsko obdelavo za povečanje obrabne odpornosti (1997), razrez materiala, ki ima strukturo satovja, kakršen se uporablja v letalski industriji (1998) in še poliranje, razigljenje ter vrtnanje in struženje.

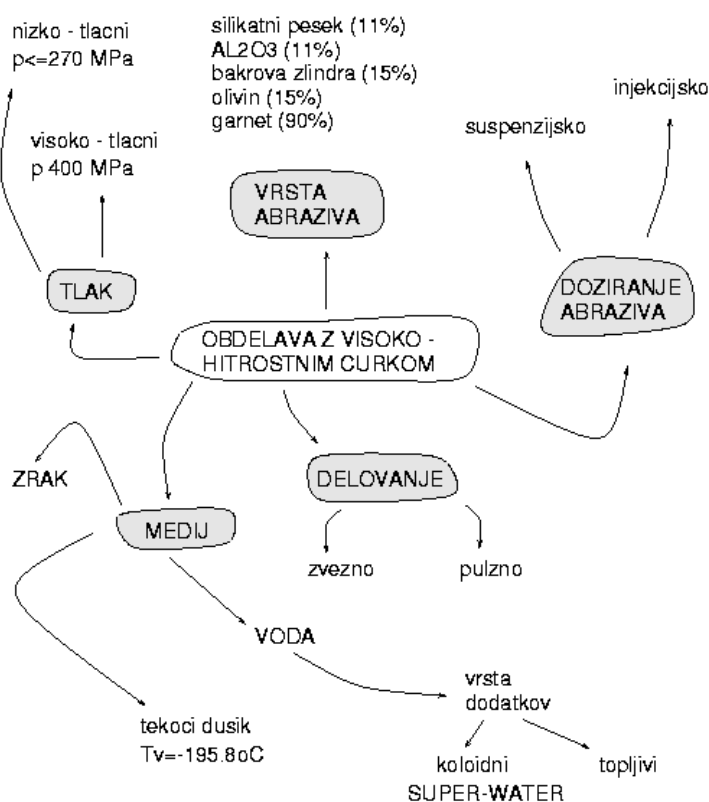


Slika 1: Časovni prikaz razvoja postopka obdelave z AVC

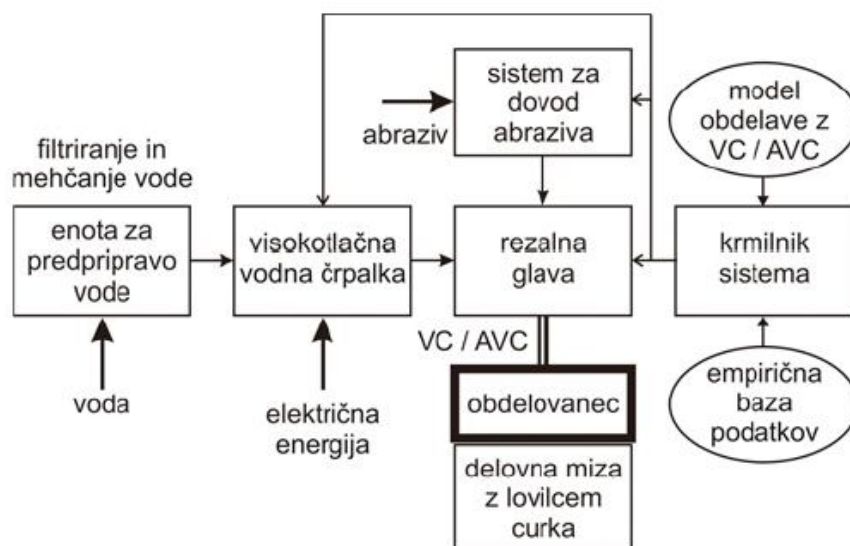
Obdelava z **AVC (abrazivnim vodnim curkom)** spada v široko skupino postopkov, kjer je orodje visokohitrostni curek. Poleg obdelave z AVC je zelo razširjena obdelava z **VC (vodnim curkom)**, ki se uporablja za: čiščenje, obdelavo in utrjevanje površin, preoblikovanje, rezanje mehkejših materialov, kot podpora pri klasičnih odrezovalnih postopkih, recikliranju, ter nenazadnje tudi v medicini.

Rezanje z abrazivnim vodnim curkom (AVC) je postopek, pri katerem delci abraziva v vodnem curku z veliko hitrostjo zapuščajo rezalno šobo in zadevajo v rezalno čelo na obdelovancu. Drobci abraziva zaradi svoje velike hitrosti in trdote abrazivno odnašajo material.

Abrazivno vodno rezanje je najučinkovitejše pri rezanju materialov, ki jih z drugimi postopki težko ali sploh ne moremo uspešno rezati. Prednosti se pokažejo najbolj pri razrezu nekaterih neželeznih kovin. Aluminij in zlitine z aluminijem uspešno režemo tudi do večjih debelin (100 mm). Prav tako lahko režemo tanjše pločevine debeline okoli 1 mm, vendar pri slednjih izberemo drobnejši abraziv ali rezanje v paketu, da se izognemo srhu in povečamo ekonomsko učinkovitost. Podobno velja tudi za zlitine z bakrom in zlatom. Rezanje titana je celo učinkovitejše kot rezanje jekla. Tako kot pri drugih materialih velja tudi za jeklo, da je obdelava z AVC upravičena vedno, kadar zahtevamo, da med obdelavo ne nastane toplotno prizadeta cona. Sicer je razrez z AVC ekonomsko upravičen pri obdelovancih z debelino nad 20 mm.

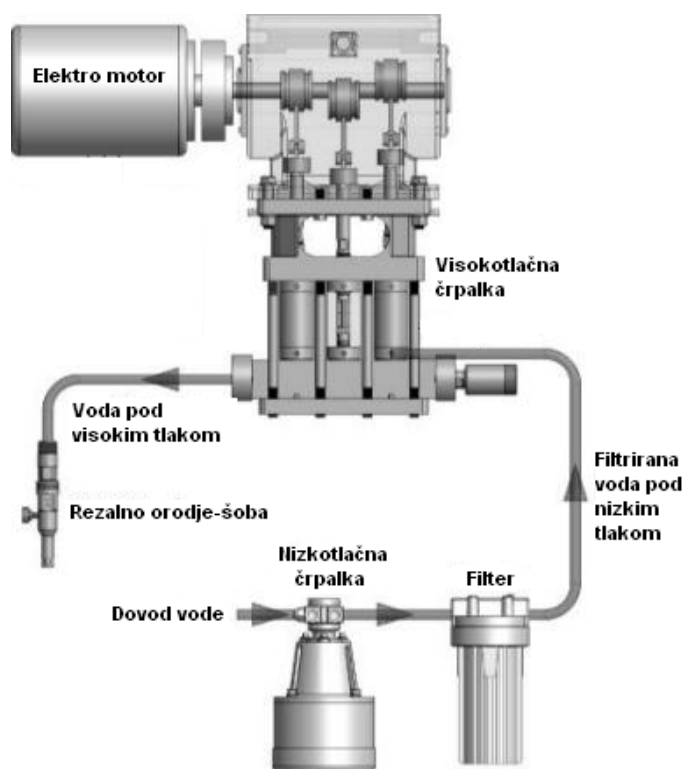


Slika 2: Princip delovanja obdelave z visoko – hitrostnim curkom

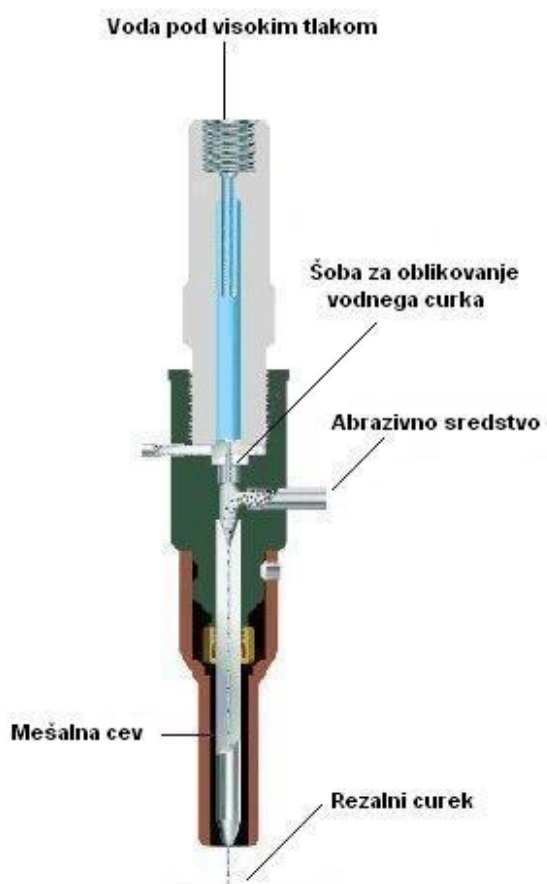


Slika 3: Shema sistema za obdelavo z AVC

Z visokotlačno črpalko se tlak vode dvigne na nekaj 100 MPa, običajno se uporablja tlak 400 MPa, kar je odvisno od aplikacije. V rezalni glavi se tvori visokohitrostni curek vode, abraziva in zraka, ki predstavlja orodje. Sama rezalna glava je sestavljena iz vodne šobe, kjer se najprej tvori visokohitrostni vodni curek, ki gre skozi mešalno komoro v katero se dovaja abrazivne delce. Pod mešalno komoro je nameščena fokusirna šoba, kjer abrazivni delci pospešujejo do hitrosti, ki omogočajo odnašanje materiala obdelovanca. Abrazivni delci se dovajajo v mešalno komoro preko sistema za dovod abraziva. Zaradi visokohitrostnega VC se ustvari podtlak, kar ima kot posledico vsesavanje zraka skozi dovod abraziva. Tok zraka ima pomembno funkcijo transporta abraziva v mešalno komoro in začetnega pospeševanja abraziva. Običajno je obdelovanec vpet na delovno mizo, podajalno gibanje pa opravlja rezalna glava (orodje), ki je pritrjena na pozicionirni sistem. Celoten sistem za obdelavo z AVC je računalniško krmiljen, optimalne obdelovalne parametre (podajalna hitrost, tlak vode, masni tok abraziva) pa se lahko določi iz baz podatkov ali s pomočjo ekspertnega sistema. V obeh primerih je nastavitvev procesnih parametrov odvisna od materiala in debeline obdelovanca, geometrije konture in zahtevane kvalitete obdelave. Sila curka je običajno med 10 in 20 N, kar omogoča enostavno vpenjanje in rezanje kompozitnih materialov in tankostenskih struktur brez poškodb. Pri obdelavi z AVC je potrebno poudariti, da obdelovanec pride v stik z vodo, kar je potrebno upoštevati pri materialih občutljivih na vodo.



Slika 4: Shema stroja za rezanje z AVC



Slika 5: Rezalna glava za rezanje z AVC

PREDNOSTI:

- velike možnosti avtomatizacije procesa (NC, CNC)
- na obdelovancu ni toplotno prizadete cone
- minimalne obremenitve materiala
- ekološko neobremenjujoč postopek
- izdelava 2D in 3D oblik
- primeren za majhne serije kompliciranih oblik
- preprosto pozicioniranje in vpenjanje obdelovanca (kratki časi priprave na obdelavo)
- ni obrabe orodja (samo za rezanje z VC – vodnim curkom).

POMANKLJIVOSTI:

- visoka cena obdelave
- slabo poznavanje procesa obdelave



Slika 6: Pojav hrapavosti



Slika 7: Pojav koničnosti in različnih deformacij pri rezanju



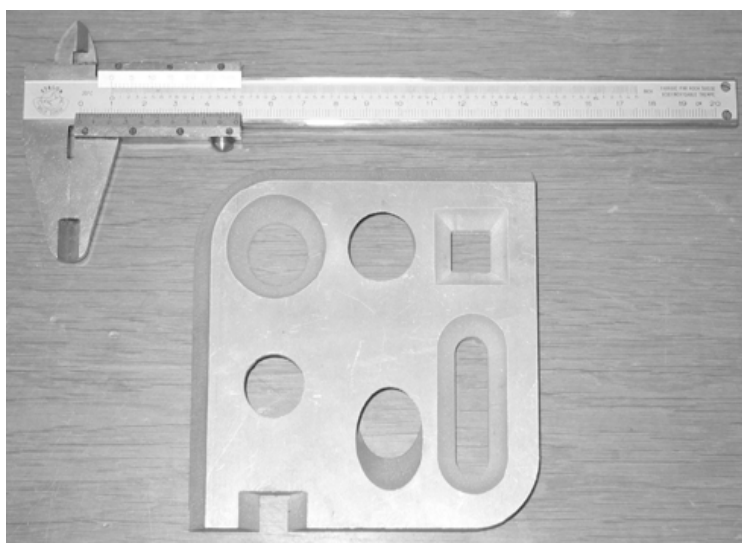
Slika 8: Stroj za obdelavo z AVC podjetja Omax



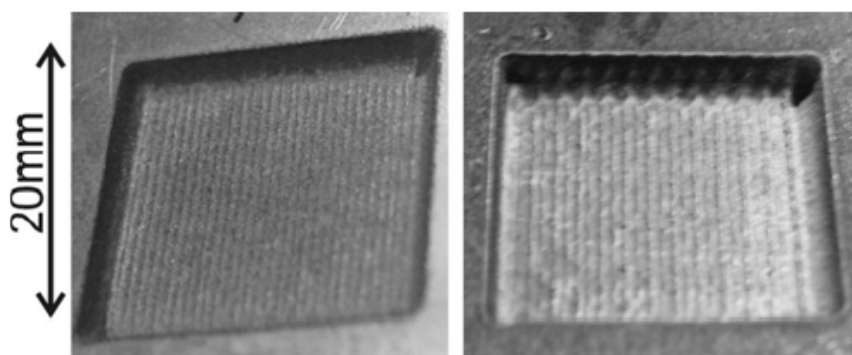
Slika 9: Rezanje jeklene plošče



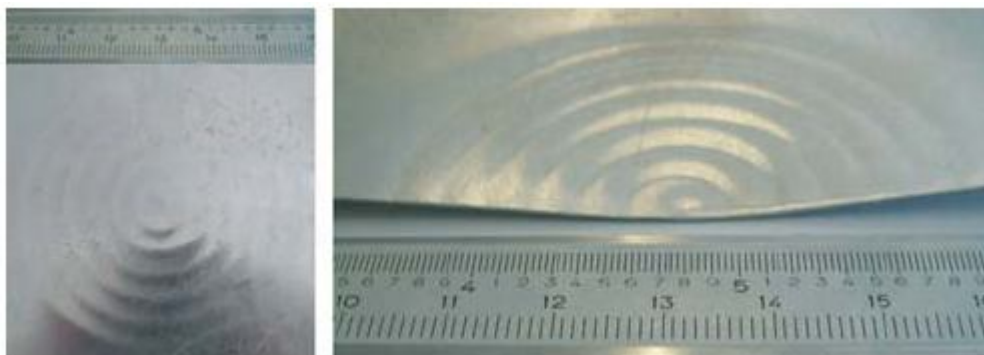
Slika 10: Uporaba AVC in VC



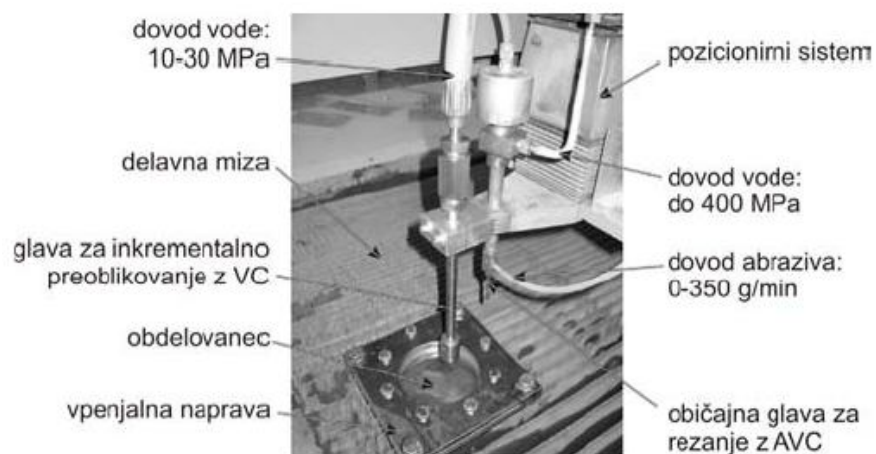
Slika 11: Prikaz 2.5D oblike izdelane z AVC



Slika 12: Prikaz 3D oblike izdelane v aluminij in jeklo



Slika 13: Inkrementalno preoblikovanje pločevine



Slika 14: Kombiniran sistem za rezanje z AVC in inkrementalno preoblikovanje z VC



Slika 15: Razrez vezanih plošč

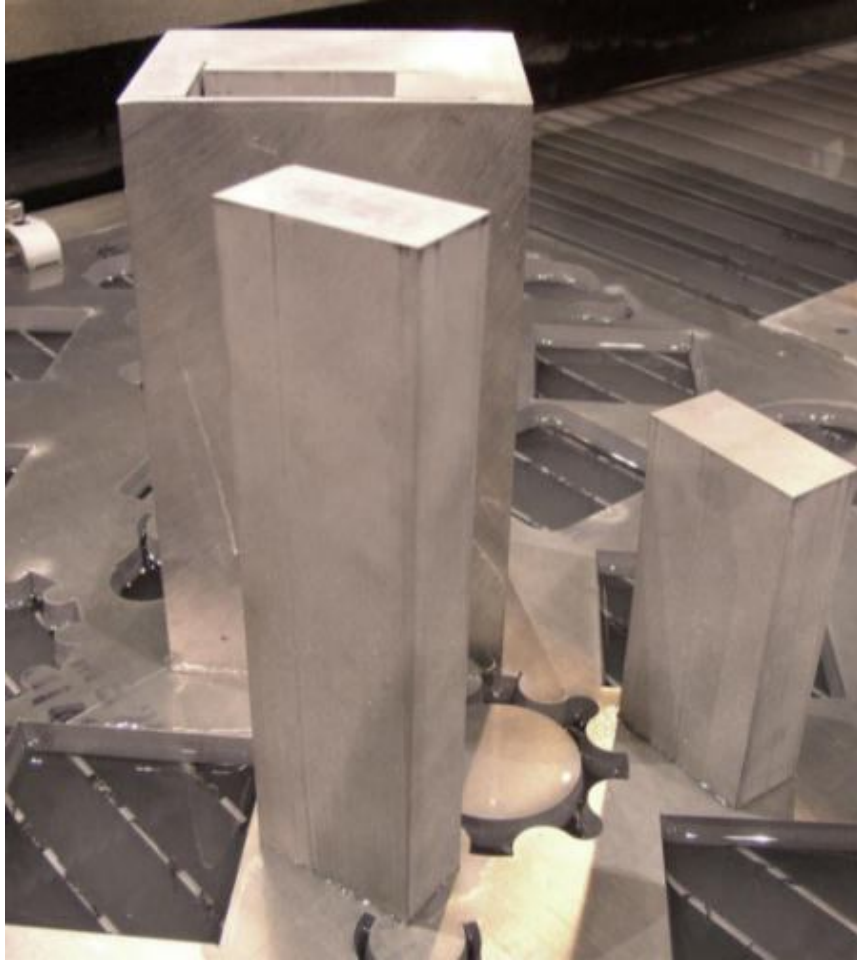


Slika 16: Leseni zmaj izdelan iz 13 mm debele borove plošče

Aluminij:



Slika 17: Rožica izdelana iz 76 mm debelega aluminijastega bloka



Slika 18: Demonstracijski kos izdelan iz 200 mm debelega bloka

Keramika:



Slika 19: Vzorec izdelan iz keramike



Slika 20: Ključ izdelan iz keramične ploščice

Steklo:



Slika 21: Model vzmeti iz stekla



Slika 22: Stekljeni zmaj

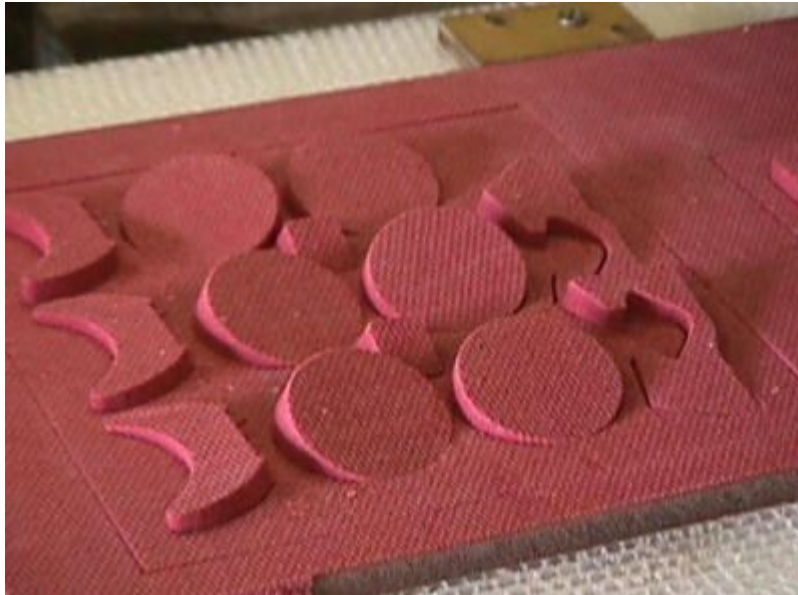


Slika 23: Zobniki narejeni iz varnostnega stekla

Guma:



Slika 24: Tesnila in sestavni deli stroja za AVC in VC



Slika 25: Različni modeli izrezani iz gume

Nerjaveče jeklo:



Slika 26: Znak podjetja OMAX



Slika 27: Model zmaja narejen na stroju proizvajalca OMAX

Kamen:



Slika 28: Znak podjetja OMAX



Slika 29: Dinozaver narejen iz marmorja

1. KRIVLJENJE LESA

1.2. UVOD

V preteklosti se je krivljenje lesa pri nas sprva uporabljalo v obrti, kot je sodarstvo, kolarstvo in v izdelovanju tako imenovane »suhe robe«. Razvilo se je tudi v ladjedelništvu, letalstvu pri izdelovanju športne opreme, železniških vagonov, toporišč, sprehajalnih palic, ročajev dežnikov, ograj stopnišč itd

Na področju sodarstvo se je krivilo veliko hrastovine in akacije. V sodarstvu je bilo znano izdelovanje sodov za shranjevanje rib. Posebnost je bila v obroču »korotela« izdelanem iz leska. Veljal je kot dovolj trden in trajen . Sveže dolge palice tudi do 3m, so razpolovili in ukrivili okrog soda. Lesen obroč je imel prednost pred jeklenim zaradi korozijske odpornosti.

V kolarstvu se je največ uporabljala jesenovina, ki je po svojih lastnostih zelo cenjen les. Te lastnosti so tako mehanske in tehnološke med katerimi so izkoriščali velike možnosti krivljenja.

Prvi zametki industrijske tehnike krivljenja lesa segajo na področje ladjedelništva. Tako se je na področju Amerike in Evrope to uporabljalo v začetku 19.stoletja.

Vprašanja serijske proizvodnje upognjenega pohištva je prvi reševal Michael

Thonet starejši (1796-1871), ki je spoznal, da pri lesu obstajajo tri vzporedni »sloji« lesa: tlačni, nevtralni in natezni sloj. Nato je poizkušal izdelati tudi krivljence z lepljenjem lamel. Pri nas se je v sredini 19.stoletja v času industrializacije lesna obrt prešla iz obrtniške panoge v lesno obdelovalno industrijo. Znotraj te se je razvil tudi postopek krivljenja lesa.

V sodobni lesno obdelovalni industriji smo priča hitrega razvoja pri izdelovanju pohištva. Pri izdelavi le-tega se uporabljajo različne tehnološke operacije, ki lesu spremenijo obliko, dimenzije, kvaliteto in vrednost. Pomembna operacija je krivljenje lesa, ki je nujno potrebna za izdelovanje nekaterih ergonomsko funkcionalno oblikovanih izdelkov. Zato se je pri izdelovanju sedežnega pohištva zelo uveljavila.

2. VPLIV LESNIH IZDELKOV NA KRIVLJENJE

2. 1. Kvaliteta lesa in drevesna vrsta

Pri izbiri lesa za krivljenje se upošteva njegova uporabnost, ustreznost lesa po kvaliteti in lastnostih ter možnost nabave lesne surovine.

Znano je, da so iglavci manj primerni za krivljenje, kot listavci. Vzroki so večje razlike med ranim in kasnim lesom in večje razlike med juvenilnim in adultnim lesom. Za krivljenje je najprimernejši les s srednješirokimi branikami. Les blizu stržena in periferije ter diskoloriran les ni primeren za krivljenje. Ravno tako ni primeren les debel eliptične oblike prečnega prereza s strženom izven sredine kjer se pojavi reakcijski les, ki je nagnjen k večjim reakcijam pri parjenju in sušenju. Les, ki je zrasel hitro ali počasi in les starih dreves je pravtako manj uporaben. Les napaden z gljivami je neuporaben.

Zato je potrebno za krivljenje izbrati adultni les srednje hitro rastočih dreves, ki je ravno vlaknat in ne vsebuje grč-slepice, reakcijskega lesa, diskoloriranega lesa itd.

Pri izbiri lesa upoštevamo:

- drevesno vrsto,
- starost,

- lokacijo v drevesu in hlodu,
- delež kasnega lesa,
- gostoto in
- rastišče

Primernost uporabe posameznih lesnih vrst v proizvodnji krivljenih elementov je podana v tabeli 1. Sestavljeni so iz rezultatov poizkusov opravljenih v Forest Product Researchs Laboratory-ju Risbrought 1970 (Stevens & Tuner 1970). Podani so minimalni polmeri krivljenja za podprto in nepodprto krivljenje za lesove debeline 25,4 mm zračno suhega in parjenega lesa pri atmosferskem tlaku. Izmet pa je znašal 5 %.

Tabela 1. Mejne vrednosti radijev krivljenja parjenega lesa (zračno suh, debeline 25,4 mm), Forest Product Researchs Laboratory-ju Risbrought 1970 (Stevens & Tuner 1970)

Dravesna vrsta	Botanično ime	POLMERI KRIVINE {mm}	
		s podpornim trakom	brez pod. Traka
Bor	<i>Pinus nigra</i>	860	740
Brest	<i>Ulmus hollandica</i>	13	240
Brest	<i>Ulmus glabar</i>	43	320
Breza	<i>Betula alleghaniensis</i>	76	430
Bukev	<i>Fagus silvatica</i>	38	330
Češnja	<i>Prunus avium</i>	51	430
Hikori	<i>Caria sp.</i>	46	380
Hrast	<i>Quercus robur</i>	51	330
Jelka	<i>Abies grandis</i>	910	910
Jelša	<i>Alnus glutinosa</i>	360	460
Jesen	<i>Fraxinus excelsior</i>	64	300
Jesen	<i>Fraxinus sp.</i>	51	340
Kostanj (domači)	<i>Castanea sativa</i>	150	380
Lipa	<i>Tilia vulgaris</i>	360	410
Macesen	<i>Larix decidua</i>	330	460
Mahagoni	<i>Khaya grandifolia</i>	840	910
Oreh	<i>Juglans regia</i>	25	280
Platana	<i>Platanus hibrida</i>	51	430
Robinja	<i>Robinia pseudoacaia</i>	38	280
Tik	<i>Tetona grandis</i>	250	660
Javor	<i>Acer pseudoplatanus</i>	38	370

Iz tabele 1. Vidimo, da se odraža drevesna vrsta iz različnih področij, različno v procesu krivljenja. Očitna je razlika med listavci in iglavci. V grobem razdelimo drevesne vrste v tri kategorije (tab. 2): a) z dobrimi, b) s srednje dobrimi in c) s slabšimi lastnostmi za krivljenje.

Tabela 2. Razvrstitev drevesnih vrst v tri kategorije glede na lastnosti krivljenja.

Dobre lastnosti	Srednje dobre lastnosti	Slabe lastnosti
Hrast	Breza	Jelka, Smreka
Bukev	Kstanj	Jelša
Jesen	Tik	Lipa
Brest		
Robinja		
Oreh		

2.2. Vlažnost lesa

Večino drevesnih vrst lahko krivimo v svežem stanju. Hrast, brest, kostanj pa so drevesne vrste ki so pri krivljenju v svežem stanju nagnjene k lomu in poklinam. Lumni celic so napolnjeni s prosto vodo zaradi česar pri krivljenju prihaja do tlaka v celicah. Bolj je les osušen pod TNCS večji je upogibni moment. Krivljene elemente je potrebno po krivljenju osušiti na lončno vlažnost 8-10%. Krivljen svež les je težje posušiti na končno vlažnost posebno, ko se les suši v elektromagnetnem polju VF. Pri tem se les hitreje in močneje segreva kar lahko povzroča določeni ogelj ali poogleenitev lesa zaradi prekoračitve električne prebojne napetosti. Svež les je podvržen večjim napakam pri sušenju. Za krivljenje se uporablja les vlažnosti 17-25%. Strokovnjaki v Forest Product Researchs Laboratory-ju Risbrought 1970 so ugotovili, da je za krivljenje najprimernejša vlažnost 25%. Zaradi prej omenjenih lastnosti vlažnejšega lesa, se pri krivljenju v elektromagnetnem polju VF uporablja vlažnost 18%.

3. PRIPRAVA LESA ZA KRIVLJENJE

3.1. Izbira lesa

Za krivljenje masivnega lesa je potrebno natančno poznavanje lastnosti lesa in vpliv predhodne mehanske obdelave na krivljenje. Zaradi anizotropije se

karakteristika lesa za krivljenje težje ugotovi oziroma izmeri. Zato se za oceno možnosti krivljenja na določen radij upošteva več dejavnikov, ki izhajajo iz lastnosti lesa kot materiala in iz procesa krivljenja.

Med lastnosti materiala moramo upoštevati:

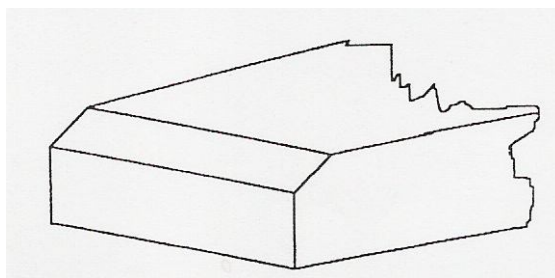
- Kvaliteto lesa
- Drevesno vrsto
- Anizotropičnost
- Notranje napetosti in
- Vlažnost

Med procesom krivljenja:

- Čas plastificiranja
- Hitrost zapiranja stiskalnice
- Izhodna moč VF generatorja in
- Čas kondicioniranja

3.2. Strojna obdelava pred krivljenjem

Pred krivljenjem je potrebno na primerno vlažnost osušen les razžagati na ustrezne dimenzije, skobljati konveksno in konkavno ter neravnost na bokih. Les je potrebno razžagati na natančno dolžino. Pri debelejših kosih nad 45 mm je priporočljivo prižagovanje čel (sl.1.)



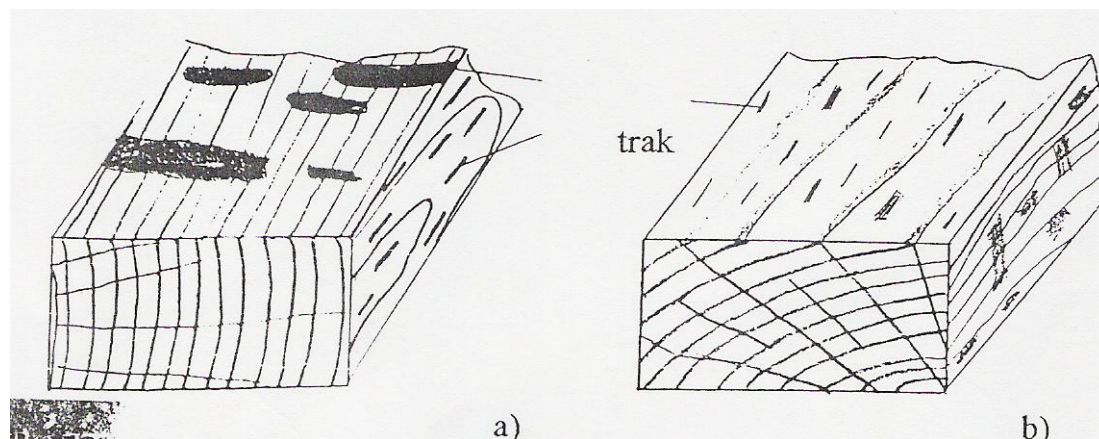
Slika 1. Prižagovanje čel elementov za krivljenje.

Pri krivljenju velja pravilo, da se elemente vstavlja v zapirala stiskalnice tako, da je širina elementa večja od debeline, saj drugače prihaja do pogostejšega pojava izbočitve. V procesu ko krivimo več elementov hkrati, to pogojuje tudi druge napake kot je zatekanje kondenzata v reže, kar povzroči preboj električnega toka. Pomembno je tudi da so površine gladke, saj nasprotno zatrgnine in raze lahko privedejo do loma. Zaradi raze se v natezni in tlačni coni spremljajo porazdelitve napetosti.

Najstrožji kriterij ni vezan na natezno cono ali konveksno stran-boljšo stran₉₃

(lice). Pri nad merah je potrebno upoštevati na dmere zaradi nadaljnje mehanske obdelave poleg tega pa še definicije prečnega prereza nastalih med krivljenjem. Po dolžini so zaradi oblike zapiral na mere tudi do 100mm.

Pri venčasto poroznih lesovih lahko povzročijo že majhni odkloni vlaken od vzdolžne osi k prelomom. Izkušnje so pokazale, da je ravno žagan les razžagan in ukrivljen tako, da so letnice približno vspeoredne licu, bolj primeren kot radialen les, ki ima letnice pravokotno na lice. Tak les je nagnjen k lomu.



Slika 2. Skica a) radialnega elementa in b) polbočnice s prisotnostjo trakov

Razlike elementov na sliki 2 so v tem, da je struktura lesa v natezih conah različna. Pri radialnih žaganih elementih so vključene vse branike, pri polbočnici pa le posamezne. V natezni coni je zaželen večji delež ranega lesa. Pri radialnih elementih se pojavlja takoimenovan pojav vidnih trakov kot zrcala. To so vzdolžno prerezani trakovi. Trakovi ne dopuščajo deformacij zato je okolica mesta bolj ohranjena in tu se pogosto prične lom. Pri polbočnici so trakovi prečno prerezani in je njihov vpliv na lom znatno manjši. Zato je drevesne vrste z itrazitejšimi trakovi kot so bukev, hrast, brest, platana manj zaželeno kriviti radialno žagane elemente.

4. PLASTIFICIRANJE LESA

Pred krivljenjem lesa je potrebno les plastificirati, da ga ga je možno preoblikovati (kriviti) brez pojava loma. Pri normalnih temperaturah je meja elastičnosti skoraj na meji zloma, zato je plastično območje ozko. Pri parjenju je intenzivnejše plastificiranje zaradi lažjega prehoda pare skozi les. Para lažje prehaja skozi piknje, natančneje skozi pikenjsko membrano (*margo*). S segrevanjem lesa se lesu zmanjša higroskopičnost, krčenje in nabrekanje kar je ugodno za dimenzijsko stabilnost krivljencev, pri tem se les temneje obarva. Pri bukvi je znano rdeče-rjavo

obarvanje.

Pri povišanih temperaturah do približno 160 °C se aktivira lignin, ki postane vse manj stabilen in dopušča vsae večje deformacije. Najbolj razširjeno plastificiranje za krivljenje je parjenje z nasičeno paro pred krivljenjem in dodatno plastificiranje med krivljenjem z visokofrekvenčnim segravanjem. V postopku plastificiranja je najpomembnej, da se les segreje po celotnem prerezu enakomerno.

Poznamo več postopkov plastificiranja kot so:

- *parjenje z nasičeno paro*
- kuhanje
- kuhanje ali parjenje ter stiskanje
- kemično
- v elektromagnetnem polju visoke frekvence in
- z mikrovalovi

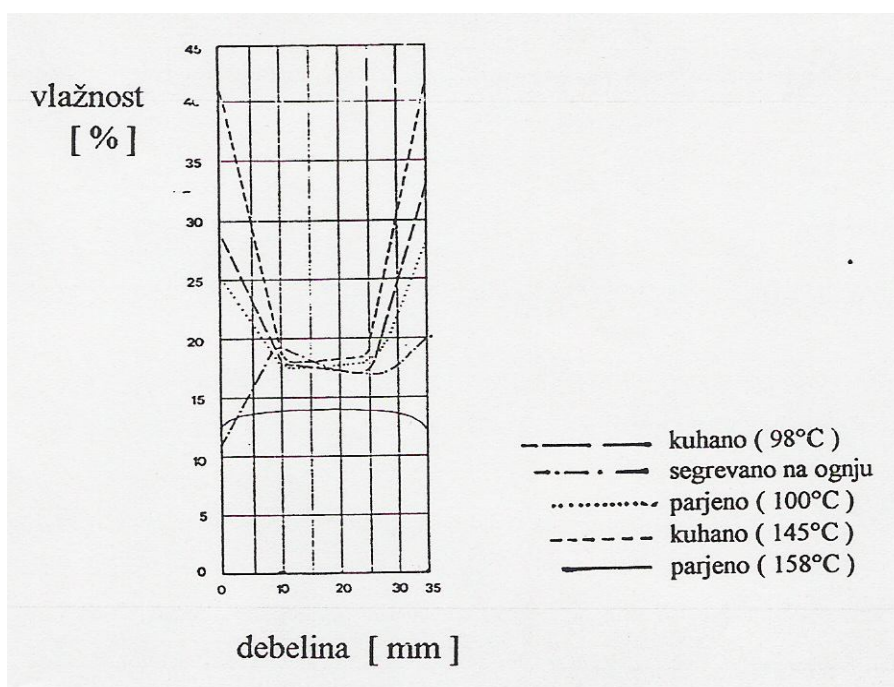
4.1. Parjenje z nasičeno paro

Parjenje je starejši način plastificiranja lesa zato je večina tehnoloških načinov žerešenih. Okrogel in žagan les se pari iz več razlogov: da bi dosegli enotno barvo, zmanjševanje in odstranitev rastnih napetosti, odpravo napak nastalih pri sušenju da bi se les pripravil za rezanje in luščenje ter plastificiral za krivljenje. Parjenje je v bistvu modifikacija lastnega tkiva. Para se v lesni industriji uporablja tudi v drugih tehnoloških postopkih, zato jo je sorazmerno lahko zagotoviti tudi za parjenje pri krivljenju.

Za parjenje z nasičeno paro pri atmosferskem tlaku je značilno, da je plastificiranje 95

slabše lot impregniranje z nasičeno sečinsko raztopino ali urea ter taninskimi raztopinami. Vendar je postopek parjenja med enostavnejšimi, cenejšimi in tudi pri tem postopku plastificiranja ne prihaja do večjih barvnih sprememb.

Za plastificiranje lesa pred pred krivljenjem se uporablja nasičena para 97-100 °C. Paro z višjo temperaturo (pregreta para) se za plastificiranje pri krivljenju ne uporablja saj osuši vrhnje sloje lesa. Nasprotno bi plastificiranje z višjo temperaturo 160 °C trajalo krajši čas. Z grafa na sliki 3 je razvidno, da je za krivljenje najbolj primerno plastificiranje pri 100 °C.



Slika 3. Porazdelitev vlažnosti po debelini pri različnih plastificiranjih 35 mm debele hrastove doge z $U_z = 17-18\%$. (Fesel 1953, iz Krpan 1965)

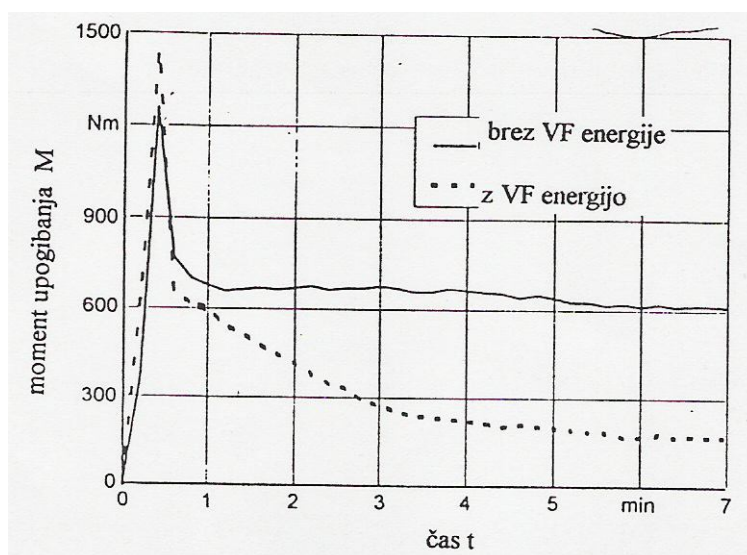
4.2. Plastificiranje v elektromagnetnem polju VF

Ta način segrevanja se veliko uporablja pri proizvodnji plošč. VF segrevanje je primeno za slabe prevodnike ali takoimenovane dielektre. Pri krivljenju se to s pridom uporablja za dodatno plastificiranje lesa v fazi krivljenja, ki se na to nadaljuje v stabiliziranje (sušenje) krivljencev. Ta način se v osnovi razlikuje od drugih segrevanj zaradi neposrednega segrevanja. Toplota se tvori znotraj dielektra. Robna vlakna najkasneje dosežejo potrebno temperaturo, vendar se to pripisuje izgubi toplote v okolico.

4.3 Krivljenje v elektromagnetnem polju VF

Pri krivljenju parjenega lesa so izgube toplote vstavljanju elementov iz kotlička v stiskalnico precejšnje kar negativno vpliva na plastičnost elementov. Zato se pri zapiranju vkolpi še generator. Pri tem se les začne segrevati kar pomeni dodatno

plastificiranje. To je pozitivno zaradi večje možnosti preoblikovanja lesa. Na sliki 4 je razvidno da je upogibni moment, ki je pokazatelj intenzivnosti plastificiranja lesa brez uporabe VF segrevanjem med krivljenjem večji.



Slika 4. Upogibni moment z uporabo VF generatorja (Egger 1995)

5. TEHNOLOŠKI POSTOPKI KRIVLJRNJA IN NAPRAVE

5.1. Postopek krivljenja lesa

Postopek krivljenja lesa je sorazmerno z ostalimi obdelovalnimi postopki zapleten, saj je potrebno les kot material za krivljenje pravilno izbrati mehansko obdelavo (razžagati, skobljati itd.), plastificirati kriviti in stabilizirati (sušenje). Zato si znotraj procesa krivljenja lesa sledijo faze po naslednjem vrstnem redu:

- Izbira lesa,
- Sušenje,
- Razžagovanje in skobljanje,
- Plastificiranje,
- Krivljenaje,
- Stabiliziranje,
- Izenačevanje in
- Končna obdelava.

Tehnološki postopki se razlikujejo v posameznih fazah. Bistvene razlike v postopku se v fazah kot so plastificiranje, krivljenje in stabiliziranje.

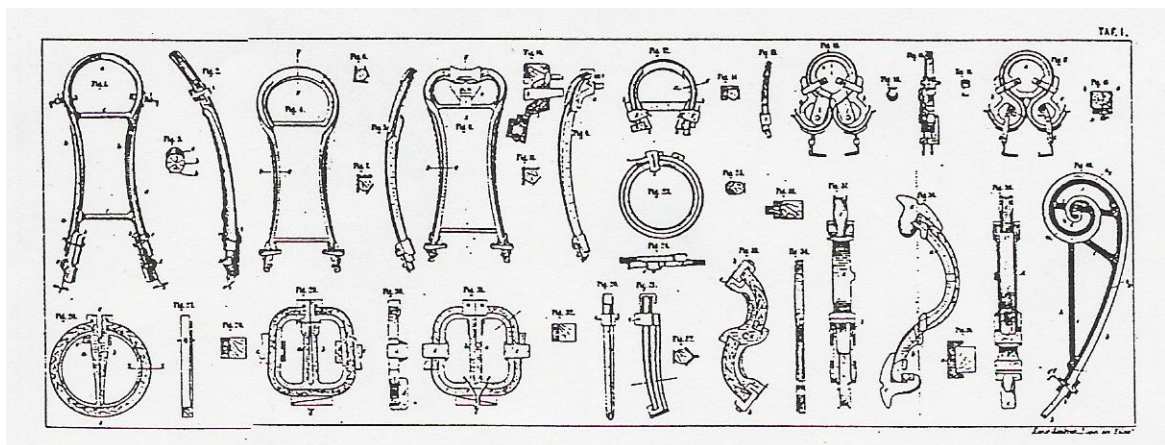
Znotraj naštetih faz v samem je potrebno za ugotovitev tehnoloških parametrov spreminjati in ugotavljati sledeče:

- a) V fazi plastificiranja:
- načini plastificiranja,
 - temperaturo,
 - vlažnost po prerezu in
 - čas učinkovanja.
- b) V fazi krivljenja:
- način krivljenja,
 - ustreznost lesa po kvaliteti in lastnostih,
 - upogibni mument,
 - tlačno natezne napetosti in deformacije in
 - kot riviljenja.
- c) V faui stabiliziranja:
- časovno trajanje
 - zračno vlažnost
 - lesno vlažnost in
 - temperaturo

5.2. Naprave za krivljenje

Naprave za kiviljenje lesa so zelo različne. Razlikujejo se po načinu krivljenja ali obliki krivin.

Poznana so orodja mizarskega mojstra MCHAELA THONETA (1796-1871), ki so ročna orodja. Do danes se njegova orodja še vedno niso dosti spremenila. Namesto ročega kiviljenja opravlja delo hidravlika.



Slika 5. Ročna orodja za krivljenje masivnega lesa mizarskega mojstra Michaela Thoneta (Exner, W.F., 1892, iz Egert 1995).

Zmožnostjo krivljenja z dielektričnim segrevanjem je nastal problem krivljenja v dve smeri. Zaradi podpornega pasu ni možno namestit plošč kondenzatorja, zato se takšne krivine krivi dvakratno. Najprej kot π krivine nato pa se lahko pari na mestu druge

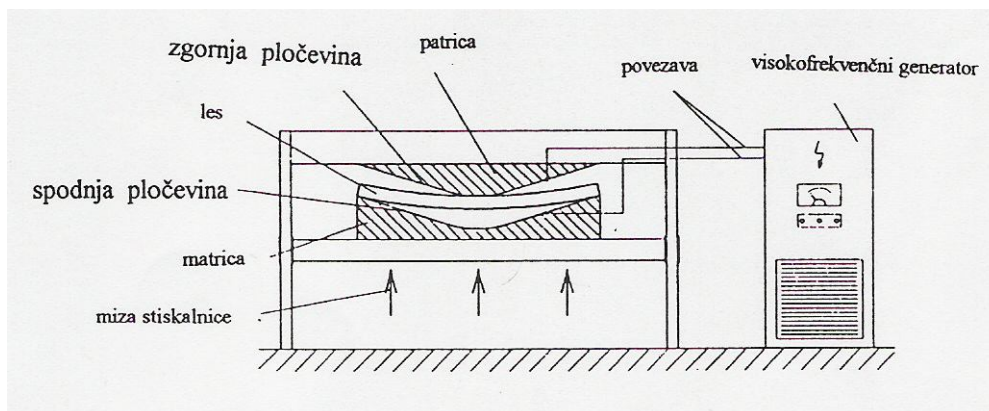
in zakrivi. Pri takšnem postopku je produktivnost zaradi "U" krivin večja saj jih lahko krivimo lahko več hkrati, pri krivljenju v drugo smer pa posamezno kar podaljša izdelovni čas.

Naj produktivnejše naprave za krivljenje so:

- Kalutna stiskalnica ,
- Več etažna kalutna stiskalnica,
- Stiskalnica z dvostransko dvižno delovno mizo,
- Hidravlična stiskalnica za krivljenje in,
- Naprave za vrtljivo delovno mizo.

5.2.1. Kalupna stiskalnica

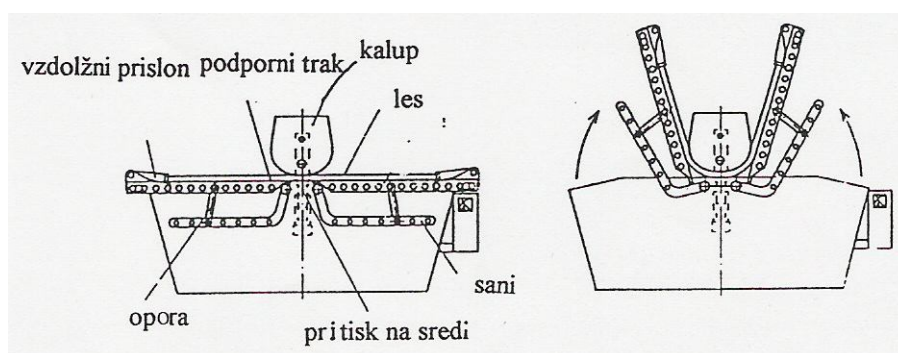
Ta stiskalnica pri krivljenju masivnega lesa uporablja za večje radije, saj se les ne podpre z podpornim trakom. Pri krivljenju vezanega lesa pa se doseže tudi najbolj ostre krivine. Stiskalnice so opremljene s visokofrekvenčnim generatorjem kot prikazuje slika 6.



Slika 6. Kalupna stiskalnica opremljena s VF generatorjem.

5.2.2. Stiskalnica z dvostransko dvižno mizo

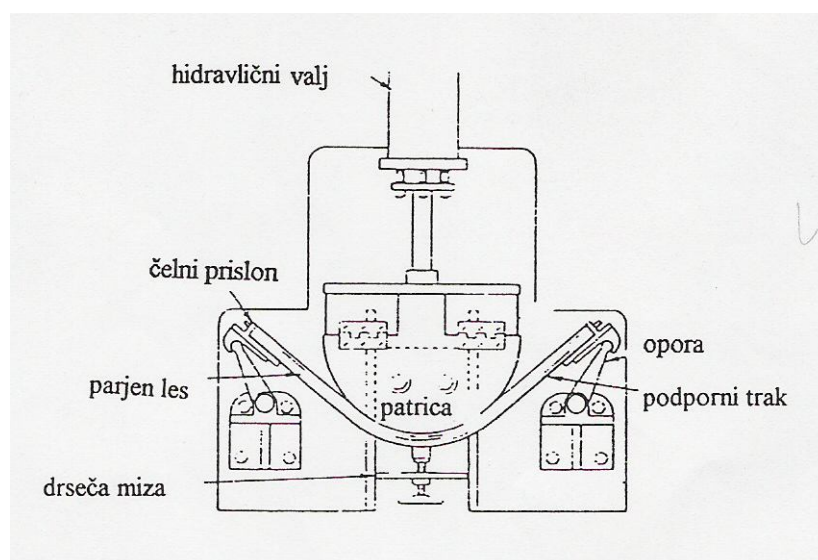
Stiskalnica se uporablja za klasično krivljenje les v svežem stanju. Parimo, vstavimo v pločevino s čelnimi oporami, nato elementa skupaj s pločevino na stiskalnici upognemo in utrdimo pločevino s prečno železno palico. Upognjenec skupaj s pločevino vstavimo v sušilnico kjer se les osuši do vlažnosti 18-20%. Posušenju krivljencem odstranimo pločevino in nadaljno dokončno krivimo v kalupni stiskalnici opremljeni s VF generatorjem.



Slika 7. Stiskalnica z dvostransko dvižno delovno mizo (Stevens & Turner 1970)

5.2.3. Hidravlična stiskalnica za krivljenje

Naprava ima izdelan pomik patrice s pomočjo pneomatskega cilindra. Pri tem postopku pridobimo več "U" krivin z enakomernimkrivljenjem. Število se giblje tudi do 10 krivin. Krivljence stabilizioramo z VF segrevanjem. Pri tem postopku parjen les vstavimo v podporni trak, ki je fiksno pritrjen na zapiralih. Nato pri delno zaprti stiskalnici vklopimo VF generator. Stem les pridobi višjo temperaturo in se dodtno plastificira. Ko delavec zazna izhajanje pare iz lesa prične s počasnim zapiranjem stiskalnice. Sledi faza dokončnega sušenja, po katerise krivljenec izpne in faza krivljenja je zaključena.



Slika 8. Hidravlična stiskalnica za skupinsko krivljenje. (Stevens & Turner

1970)

6. NAPAKE KRIVLJENCEV

Pod napakami krivljencev razumemo tiste napake zaradi katerih krivljenci predstavljajo izmet, popravilo ali tudi težave pri nasljdnjih izvajalnih operacij na krivljencih kot so poravnavanje, skobljanje, rezkanje, vrtanje, itd... Napake so različnega izvora in se pojavljajo zaradi :

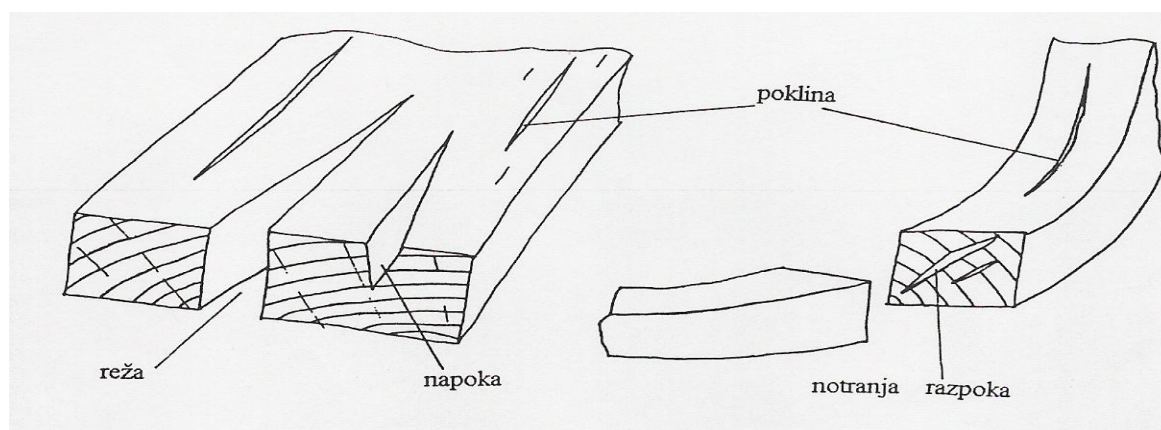
- Zgradbe lesa,
- Priprave lesa,
- Plastificiranja,
- Krivljanja in
- Sušenja z dielektričnim segrevanjem.

Pojavljajo se napake:

- Razpoke,
- Pooglenitev,
- Lom,
- Spremembe dimenzij po prerezu,
- Odstopanje krivin od imenskega radija in
- Termični razkroj.

6.1. Razpoke

Razpoke se ločijo na zunanje in notranje. Zunanje se delijo na pokline, reže in napoke. Notrnje razpoke ni moč opaziti oziroma se pokažejo pri kondicioniranju ali skobljanju. (sl.9).



Slika 9. Zunanje in notranje razpoke.

Pri krivljenju kjer je les podpret s trakom I s prisloni na čelih, se režein napake zelo rdko pojavijo. Pojavljajo se pokline in notranje razpoke, ki so najverjetneje posledica ravnih napetosti, krčenja in notranjih napetosti nastalih pri stabiliziranju (sušenju). Pokline in notranje razpoke so lahko tlaka v lesu, nastalega z

uparjanjem vode. To imenujemo tudi eksplozija lesa. Eksplozija se kaže pri lesu z večjimi lumni trahej ter slabši permabilnosti kot jo ima npr. jesen. Značilno je, da se razpoka prične ob trakovih, ki predstavljajo najšibkejša mesta v lesu. Enako velja tudi za lom. Eksplozija se pjava tudi na grčah-slepica zaradi zgradbe lesa slepice, ki lahko vsebuje drevesno skorjo, ki se hitro dielektrično segreva.

6.2. Lom

Lom se pojavi na konveksni in konkavni strani zaradi prekoračitve nateznih ali tlačnih sil na konveksni strani se pojavlja v dveh oblikah in sicer v obliki prečnega ter vzdolžnega loma.

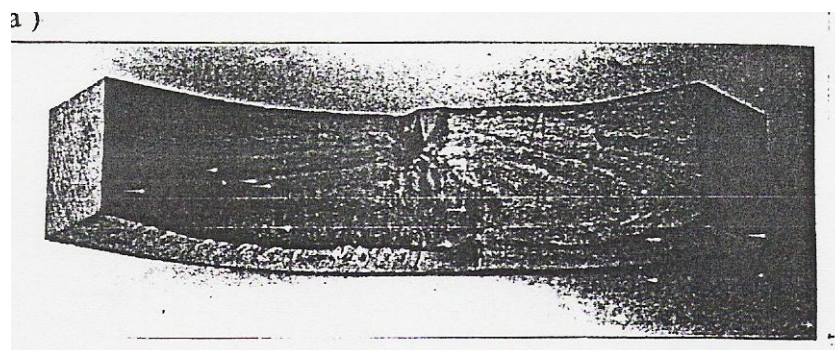
Lom na sliki 10 je moč opaziti šele po odstranitvi podpornega traku saj se tedaj šele poveča. Vzrok nastanka je v zgradbi lesa. Lahko se kaže kot kolesivost ali pa je posledica med ranim in kasnim lesom ter prisotnostjo trakov. Pri radialno usmerjenih elementih je vpliv trakov večji, zato tudi večja pogostnost loma. Lom prikazan na sliki 11 lahko nastane že kmalu po pričetku zapiranja stiskalnice, saj tedaj podporni trak še ne nalega nea les z dovolj veliko silo.

Na konkavni strani se pojavi tlačni lom.

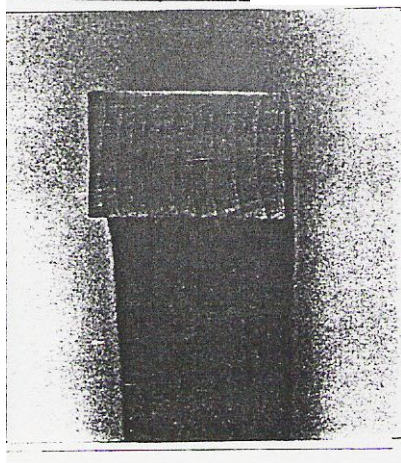
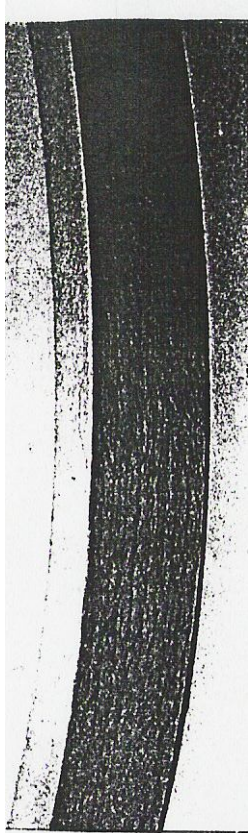
6.3. Spremembe barve in termični razkroj lesa

Les pri povišani temperaturi in tlaku spremeni barvi in se termično razkroji (sl. 12). Tako je pri bukvi značilna rumeno-rdečaobarvanost. Pri dielektričnem segrevanju so temperature visoke, Tudi do 250 °C. Pri visokih temperaturah in stiskanju lesapotekajo v lesu fizikalne in kemijske reakcije kot so:aktiviranje lignina, oksidacija s kisikom, hidrolitske reakcije med ligninom in poliozami, itd. Površinska obarvanja nastanejo zaradi tvorbe kondenzatov, le ta se z nadaljno mehansko obdelavo odstranijo. Težje pa je pri hrastu in drevesnimi vrstami s višjo vsebnostjo taninov, saj obarvanje lahko preprečimo le s podpiranjem lesa z nerjavečo pločevino

Termični razkroj je mogoče opaziti s prečnim prežagovanjem krivljencev in je opazen kot rdečkasto do rjavo, ki je sakoraj vedno spremljano z notranjimi razpokami. Te razpoke lahko sežejo do površineali se pojaviojo po nadaljni mehanski obdelavikrivljencev, kot tudi v fazi izenačevanja kjer se lahko celo povečajo do površine.



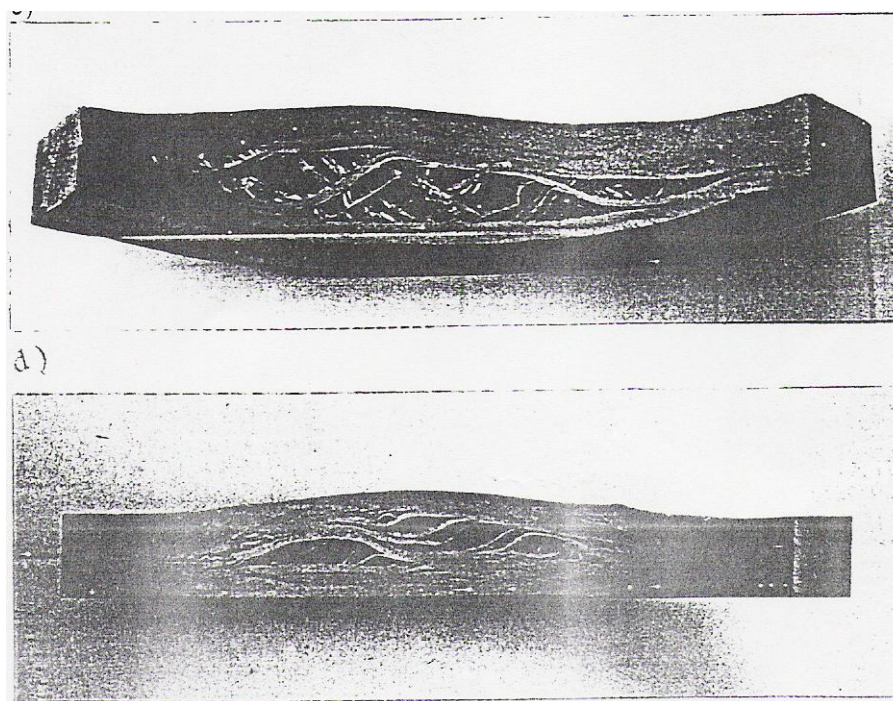
Slika 10. Lom v obliki zaponke.



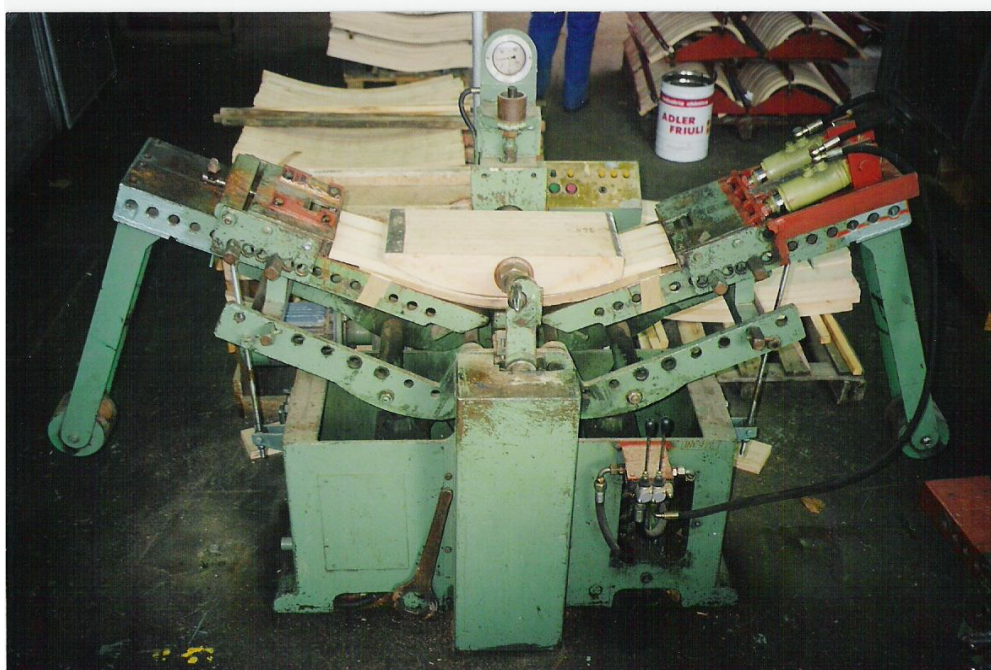
Slika 11. Prečni lom.

in

Slika 12. Termični razkroj lesa
notranje razpoke.



Slika 13. Eksplozija lesa.



Slika 14. Hidravlična stiskalnica z čelnim in spodnjim prislonom (Murales, d.d.)

ODSESOVALNE NAPRAVE

1.UVOD

Pnevmatični transport se v lesarstvu uporablja med drugim tudi za transportiranje lesnega prahu - žagovine, oblovine, brusnega prahu in raznih iveri.

Transportni medij je zračni tok, ki se giblje po ceveh. Le tega ustvarja ventilator, ki dejansko ustvari razliko zračnega tlaka, ki je potrebna, da se zmes zraka in trdnih delcev giblje po ceveh.

Značilnost odsesovalnih naprav je, da se drobni delci lesa zajemajo na vseh mestih kjer nastajajo, tako da ostane zrak pri stroju čist, prav tako kot delovno mesto.

Prav tako pa je značilno tudi, da v zrak ki se odsesuje pri strojih pride majhna koncentracija (majhna količina) trdnih delcev, kar ima za posledico majhno koncentracijo zmesi, le okrog 0.2 kg / kg (kilogram trdnih delcev na kilogram zraka).

Na osnovi položaja ventilatorja in delov cevovoda, ki skrbi za transport iveri pa ločimo:

- 1) SESALNE NAPRAVE – delci se transportirajo samo v sesalnem delu cevovoda, ventilator je na koncu naprave.
- 2) TLAČNE NAPRAVE – delci se transportirajo v tlačnem delu cevovoda, ventilator pa je na začetku naprave.
- 3) SESALNO TLAČNE NAPRAVE – delci se prenašajo po sesalnem in tlačnem cevovodu, ventilator pa je med obema cevovodoma.

Poznamo pa več vrst odsesovalnih naprav. V grobem jih lahko razdelimo v štiri ali pet skupin, te skupine so :

- konvencionalna odsesovalna naprava s ciklonom
(podskupina konvencionalna odsesovalna naprava z več cikloni)

- filtrska konvencionalna odsesovalna naprava
- odsesovalne naprave s centralnim zbiralnikom in filtrom
- premakljive odsesovalne naprave, ki pa so v bistvu filtrske

2. PREDNOSTI IN POMANKLJIVOSTI ODSESOVALNIH NAPRAV

2.1. PREDNOSTI

PREDNOSTI ODSESOVALNIH NAPRAV

- avtomatski in neprekinjen transport odrezkov in prahu iz vseh mest nastanka
- zrak v delovnem prostoru ostane čist (lahko se tudi prefiltrira in nato topel in očiščen vrne v prostor – odsesovalne naprave s filtri)
- enostavna napeljava in prilagoditev cevovoda
- lažje je vzdrževanje strojev, ker le ti ostanejo čisti
- delci lesa ne motijo obdelave
- enostava izdelava in enostavno in nezahtevno vzdrževanje

2.2. SLABOSTI

SLABOSTI ODSESOVALNIH NAPRAV

- velika poraba pogonske energije (5-15 večja kot pri drugih oblikah)
- hrup zaradi gibanja delcev po cevovodu in delovanja ventilatorja
- potrebno je zelo dobro čiščenje zraka (filtracija)
- v zimskem času je večja poraba energije za ogrevanje prostorov
- požarna nevarnost
- če imamo slabo napravo obstaja možnost nastajanja prepiha

Odsesovalne naprave so imele in bodo vedno imele pomembno vlogo v lesarstvu, saj z njihovo pomočjo preprečujemo škodljive vplive delovnih procesov na delavca, poskrbimo da je delovno mesto vedno čisto in zbiramo odpadni prah.

Seveda kot pri vsej tehniki, gre tudi razvoj odsesovalnih naprav hitro naprej, preko zastarelih filtrskih ali pa ciklonskih naprav, ki so zelo slabo filtrirale zrak in ob tem tudi močno škodno vplivale na okolje, pa do najnovejših, kjer skoraj ni direktnega obremenilnega vpliva na okolje (onesnažen zrak se praktično ne izpušča več). Najnovejše odsesovalne naprave imajo tako avtomatsko urejeno uravnavanje vrtilne hitrosti ventilatorja in sicer glede na količino odsesovalne zmesi, ter stroji ki ne delajo in so priključeni na cevovod, imajo avtomatsko zaprte sesalne cevi.

V samem procesu modernizacije delavnice oziroma uvajanju novih tehnologij in nabavi novih delovnih strojev, se še vse prevečkrat zgodi, da se recimo kontaktna brusilka, ki je pri samem pridobivanju soglasja in obratnega dovoljenja za objekt še ni bilo priključi kar na obstoječo odsesovanje, čeprav le to ne izpolnjuje zahtev za brusilke.

Seveda pa se je potrebno zavedati tudi da vsak proizvajalec odsesovalnih sistemov teži k čim boljšim oziroma čim čistejšim napravam, saj le takšne lahko na trgu tudi proda, tudi zaradi zakonskih omejitev, ki postajajo vedno strožji, saj vemo da je zdravje delavca vedno pomembnejše. Tako po mojem mnenju nekvalitetnih odsesovalnih naprav sploh ni več mogoče kupiti, vsaj ne v razvitih državah, kjer je poznan in tudi že nekako uveljavljen, ali pa se vse bolj uveljavlja rek, da je bolje preprečiti kot zdraviti.

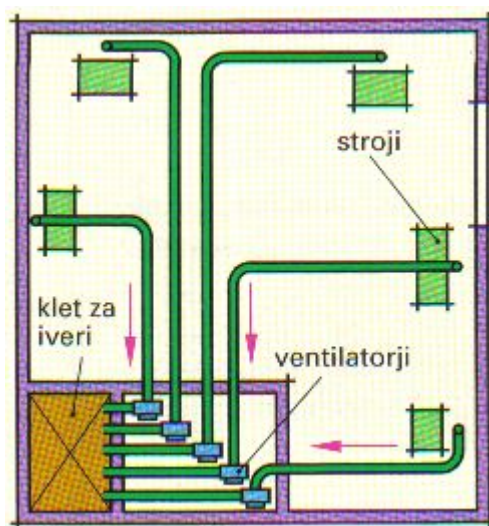
Tako je investicija v kvalitetno odsesovanje ne samo potrebno, ampak tudi nujno, ki se nam prej kot slej tudi izplača.

Če ne drugače v zdravju.

3 VRSTE ODSESOVALNIH NAPRAV

1) STACIONARNE POSAMEZNE NAPRAVE ZA ODSESOVANJE

Stacionarne posamezne naprave za odsesovanje uporabimo tam, kjer obratuje samo en stroj. Tako z manjšimi ventilatorji prihranimo pri energiji.



slika 4:stacionarne posamezne naprave za odsesovanje

(Ehrmann idr.,2008, str. 365)

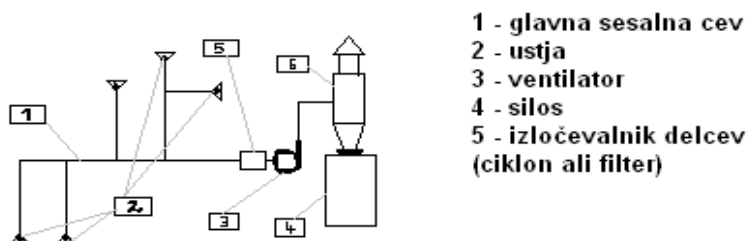
2)KONVENCIONALNA ODSESOVALNA NAPRAVA S CIKLONOM

Je najenostavnejša, njena uporaba je bila včasih vsesplošna sedaj pa je primerna samo še za žagarske obrate.

DELOVANJE:

Ventilator sesa zrak in tako ustvari podtlak na sesalnih ustjih strojev. Zaradi zunanjega tlaka potuje mešanica zraka in odrezkov ter prahu v sesalno cev, od tam naprej skozi ventilator, v tlačno cev in nato končno do zelenega mesta (ponavadi silos). Uporablja se samo za krajše razdalje, saj se zajema veliko več zraka kot je za sam transport potrebno.

SHEMA:



Konvencionalna odsesovalna naprav s ciklonom



SLIKA: KONVENCIONALNA ODSESOVALNA NAPRAVA S CIKLONOM

Vir: spletna stran podjetja Wood Waste Control ltd.

<http://www.w-w-c.co.uk/cyclo.htm>

3) KONVENCIONALNA NAPRAVA Z VEČ CIKLONI

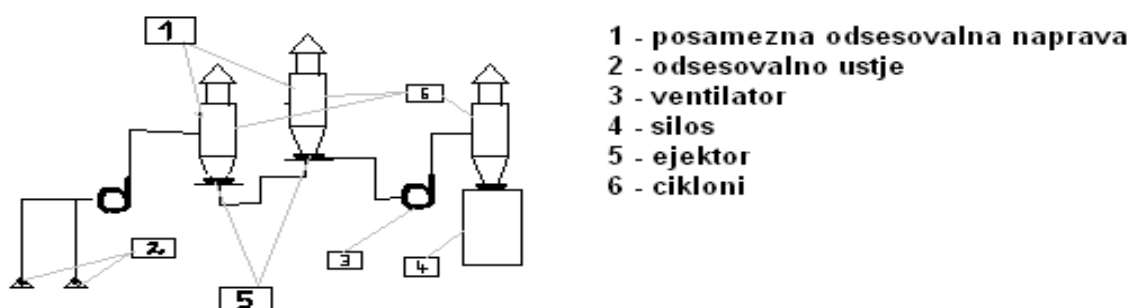
Uporabljamo kot napravo s ciklonom, vendar tudi tam kjer sta razdalja in kapaciteta večji.

DELOVANJE:

Enako kot pri enem ciklonu, s tem da se v vmesnem ciklonu izloči nepotrebna količina zraka, naprej pa se transportira gostejša zmes odrezkov in zraka. Ta postopek lahko večkrat ponovimo.

Zrak ki je potreben za nadaljnji transport odrezkov pa se zajame s pomočjo ejektorja. Tako povežemo posamezne ciklone.

SHEMA:



KONVENCIONALNA ODESEVALNA NAPRAVA Z VEČ CIKLONI

SLIKA:



KONVENCIONALNA ODESEVALNA NAPRAVA Z VEČ CIKLONI

Vir: spletna stran podjetja Wood Waste Control ltd.
<http://www.w-w-c.co.uk>

2,3) Prednosti in slabosti ciklonskih naprav:

- v zimskem času, ko se zrak v delavnici ogreva, nastajajo velike toplotne izgube, zaradi izgube zraka v atmosfero, le te pa je potrebno nadomestiti (višji stroški ogrevanja, več porabljene toplotne energije)
- ne smemo spreminjati položaja sesalnih ustij naprave, saj to lahko poruši normalno delovanje naprave.

4) KONVENCIONALNA NAPRAVA S FILTROM:

Glavna značilnost te vrste naprav je, da v primerjavi s ciklonskimi napravami zrak tako dobro očistijo oziroma prefiltrirajo, da se le ta lahko vrača v prostor, zato imamo majhne toplotne izgube.

Ta naprava se zahteva pri strojih za brušenje lesa.

DELOVANJE:

Ventilator sesa zrak, ustvari podtlak na sesalnih ustjih strojev, nato potuje mešanica zraka in odrezkov ter prahu v sesalno cev, od tam naprej skozi ventilator, v tlačno cev in nato do filtra. V filtru se mešanica skozi filter prefiltrira, na filtru ostanejo trdni delci, zrak pa se vrne v prostor.

Slabost filtrskih naprav je čiščenje filtra, ki ga je potrebno izvesti vsake toliko časa. Različni proizvajalci tukaj uporabljajo različne metode.

SLIKA:



ODSESOVALNA NAPRAVA S FILTROM

Vir: spletna stran podjetja Nestro Lufttechnik gmbh

[http:// www.nestro.de](http://www.nestro.de)

5) ODSESOVALNE NAPRAVE S CENTRALNIM ZBIRALNIKOM IN FILTRI

Te naprave imajo vgrajen zbiralnik. To je kanal nad katerim so nameščeni tkaninasti filtri, pod njimi pa je polžasti ali pa lopatasti transporter.

DELOVANJE:

Ko zmes zraka in odrezkov pride v zbiralnik, trdni delci padajo dol, zmes zraka in prahu pa se dvigne v filtre, ki prepuščajo le zrak. zmes se na ta način očisti, očiščeni zrak pa gre nazaj v delovni prostor. V zbiralniku se nato trdni delci s pomočjo transporterja prenesejo v lijak zbiralnika, od tam pa se transportirajo v silos.

V posamezne odsesovalne veje se lahko vgradijo manjši ventilatorji.

PREDNOSTI:

- *vračanje toplega zraka v delovni prostor*
- *položaj strojev oziroma sesalnih ustij lahko poljubno spreminjamo*
- *omogoča nam da lahko posamezno vejo, na katero so priključeni trenutno nedelujoči stroji, povsem zapremo, izključimo*
- *zgrajena je modularno, zato je enostavno dogradljiva, prav tako pa je poenostavljena izdelava*
- *SLABOST : naprava je zahtevnejše izvedbe*

SLIKA:



ODSESOVALNA NAPRAVA S FILTROM

Vir: spletna stran podjetja Nestro Lufttechnik gmbh

<http://www.nestro.de>

Pri novogradnjah in rekonstrukcijah nam zakon določa, da mora biti zbiralnik s filtri postavljen izven hale, zraven ali pa na strehi objekta. Zrak vračamo v prostor po posebnih kanalih z loputo, ki lahko zajame tudi zunanji, svež zrak.

6) PREMAKLJIVE ODSESOVALNE NAPRAVE

Na njih priključimo le en ali pa dva stroja, ki naj bi ne obratovala stalno. Lahko jih uporabimo kot industrijski sesalnik.

Premakljive odsesovalne naprave so večinoma izvedene v » vrečasti, odprti izvedbi «, kar pomeni da je kot filter uporabljena največkrat platnena vreča, zrak pa preko nje prihaja nazaj v prostor. Slabost takih naprav je seveda v filtriranju, saj tako filtriranje ni najbolj učinkovito. Imajo eno ali pa več vreč, odvisno od izvedbe. Filter se stresa ročno ali pa prepihuje z zrakom.



SLIKA:

ODSESOVALNA NAPRAVA PREMAKLJIVA (BREZ KOLES)

Vir: spletna stran podjetja Wood Waste Control ltd.

<http://www.w-w-c.co.uk>



PREMAKLJIVA ODSESOVALNA NAPRAVA (SAMO KOVINSKI DEL)

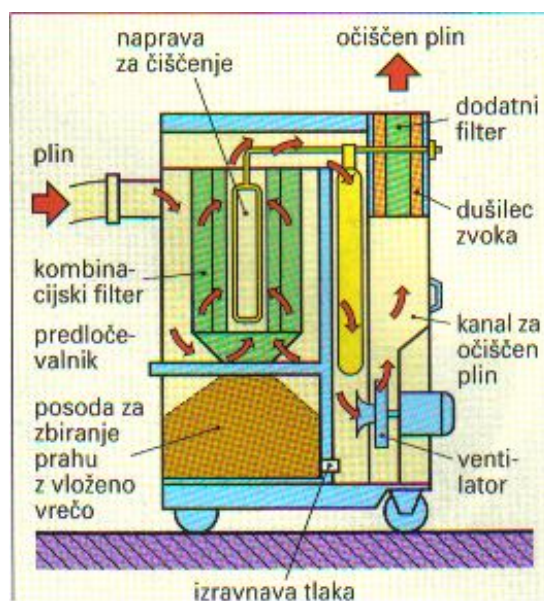
Vir: spletna stran podjetja Wood Waste Control Ltd.
<http://www.w-w-c.co.uk>

V zadnjem času pa se na tržišču pojavljajo tudi takšne ki imajo zaprt filtrski sistem in pa dodatno filtriranje povratnega zraka. Velika slabost takih in drugačnih premakljivih odsesovalnih naprav je tudi menjava vreč, saj te niso velike in se hitro polnijo, zato se pojavlja vse pogostejša rešitev tega problema v obliki direktnega briketiranja ali peletiranja žagovine, ki se nato nalaga neposredno v vrečo, vendar pa so takšne naprave večje in dražje. Na internetu pa sem zasledil tudi pomično ciklonsko napravo, dvo-stopenski zbiralnik prahu, ki se mi zdi zelo zanimiva in uporabna.



2. STOPENJSKA PREMAKLJIVA ODSESOVALNA NAPRAVA

Vir: spletna stran trgovine Cyber working Depot
<http://www.toolcenter.com>



slika 3: mobilni odpraševalci

(Ehrmann idr.,2008, str. 365)

6.1 industrijski sesalniki za prah

Industrijski sesalniki za prah služijo za sesanje lesnega prahu, ki se je nakupičil na delovnem mestu in v delovnem prostoru. Z ustreznim priključkom ga lahko uporabimo tudi za sesanje ročnih strojev.



slika 2:industrijski sesalnik za prah

(Ehrmann idr.,2008, str. 366)

- SESTAVNI DELI ODSESOVALNE NAPRAVE

1) VENTILATOR

Za odsesovalne naprave uporabljamo centrifugalni ventilator, vendar ga imenujemo transportni ventilator. Ventilator je masivne izvedbe, nameščen je v masivnem kovinskem ohišju na osi pa je lahko direktno ali indirektno vezan elektromotor.

Ventilatorji se po sami izvedbi razlikujejo od proizvajalca do proizvajalca, zelo pomembna stvar pa je da so uležajeni v osi in pa da ohišje dobro tesni in na tak način prah ne izhaja. Če je problematičen hrup pri njegovem delovanju se pojavljajo tudi izolirane izvedbe, kjer je ventilator skupaj z elektromotorjem postavljen v protihrupno komoro. Ko se ventilator zavrti ustvari razliko v tlaku, na eni strani zrak sesa na drugi strani pa ga tlači.

SLIKA:



CENTRIFUGALNI VENTILATOR

Vir: spletna stran podjetja Nestro Lufttechnik gmbh
[http:// http://www.nestro.de](http://www.nestro.de)



ZVOČNA – PROTISTRUPNA KABINA Z VENTILATORJEM

Vir: spletna stran podjetja Nestro Lufttechnik gmbh
<http://www.nestro.de>

2) IZLOČEVALNIKI DELCEV

Značilnost izločevalnikov je da ločijo zrak od trdih delcev.

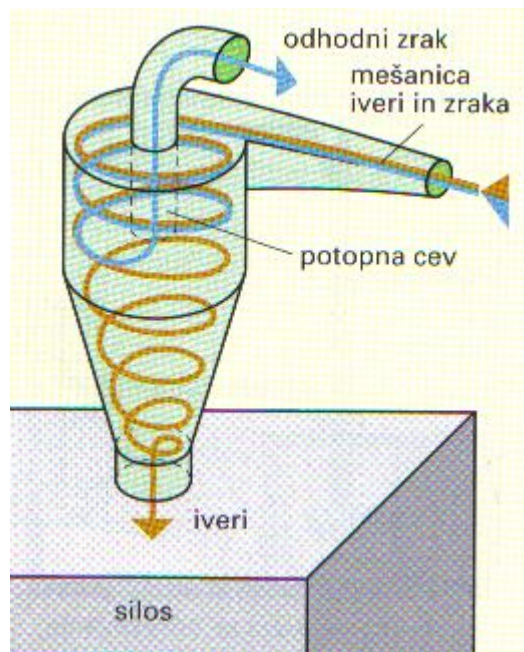
Najlažje se izloči težki delci kot naprimer oblovina in žagovina, največ težav pa povzroča prah. Izstopni zrak ki ga le ti izločijo v atmosfero je onesnažen. To onesnaženost merimo na podlagi masne koncentracije delcev, ki nam pove koliko miligramov delcev je na en kubični meter zraka. Predpisana je tako imenovana MEK – mejna emisijska koncentracija, po predpisih pa znaša pri napravah za obdelavo lesa 20 MEK, ki velja tako za izstopni zrak iz brusilnic, kot za trdne delce po brušenju. Zrak ki ga vračamo v delovni prostor pa ima lahko izstopno koncentracijo do 1mg/kubični meter.

2a) CIKLON

Cikloni so se kot že povedano včasih vse splošno uporabljali, vendar pa je danes uporaba klasičnih ciklonov omejena le na žagarske obrate. Razlog leži predvsem v tem da ciklon ni primeren za čiščenje drobnega prahu iz zraka, sej le tega zelo slabo ali pa sploh ne očisti, čeprav nekateri proizvajalci ponujajo tudi izpopolnjene ciklone, katerih zgradba pa mi je žal ostala neznan, saj ni razvidna iz samih slik naprav.

DELOVANJE:

Klasični ciklon deluje tako, da se zmes zraka in delcev zavrti ob steni valja ciklona –se zbirajo na obodu zračnega toka (centrifugalna sila) težji delci padejo navzdol na transporter ali v silos, zrak pa prosto izide ven. *Omeniti velja tudi da pri ciklonih pravzaprav ne obstaja fizična obraba, zato so njihove prednosti predvsem v enostavni zgradbi, enostavni izvedbi in v brezhibnem delovanju.*



slika 7:ciklon

(Ehrmann idr.,2008, str. 367)



CIKLON

Vir: spletna stran podjetja Nestro Lufttechnik gmbh
[http:// http://www.nestro.de](http://www.nestro.de)

2b) VREČASTI FILTER

Vrečasti filter prečisti zrak tako dobro, da se le ta lahko vrača v delovni prostor. Je iz tkanine, ki mora imeti predpisano gostoto.

DELOVANJE:

Ko zmes zraka in delcev pride v zbirni kanal si ji zmanjša hitrost, pri čemer težji delci takoj padejo navzdol, lažji pa se dvigajo v vrečo, ki jih zadrži, prepusti pa le čisti zrak. Delci se tako primejo na vrečo.

Problem pri vrečastih filtrih je v čiščenju vreče, saj je vreče po določenem času, ko se nabere dovolj prahu treba očistiti, sicer čedalje slabše prepuščajo zrak. Le to čiščenje izvedemo mehansko s stresanjem vreče. Pri malce dražjih in večjih izvedbah filtrov se uporablja še stresanje vreč s pomočjo elektromotorja in pa prepihanje vreč (vpihovanje komprimiranega zraka).

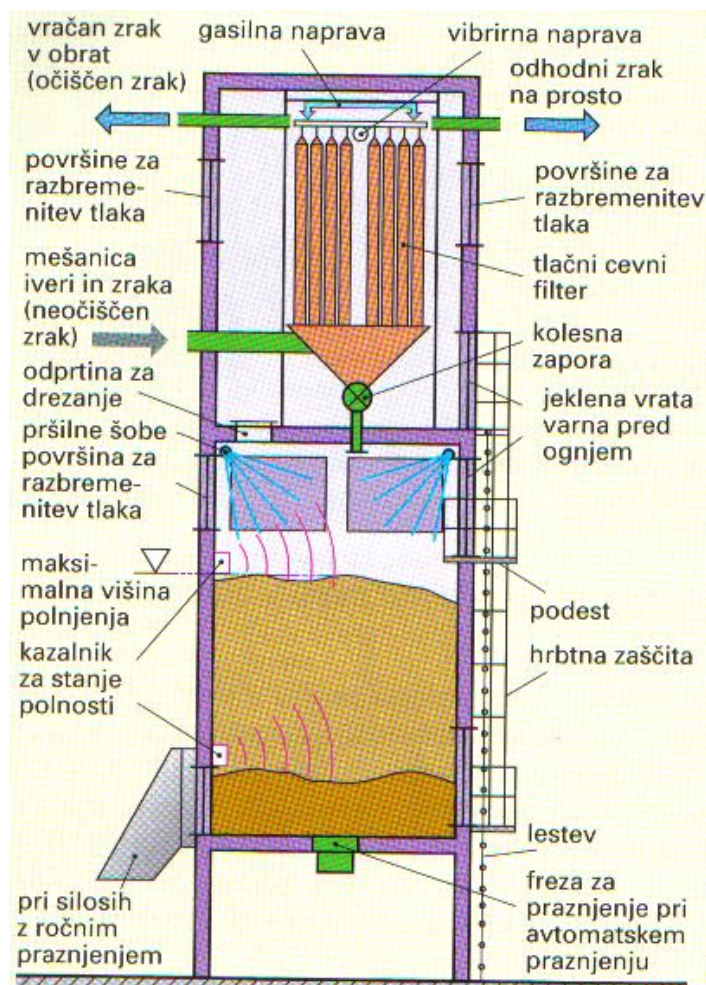
Obstaja tudi obrnjena izvedba filtra, pri čemer gre zrak iz zunanje strani v visečo vrečo, prah in drugi delci pa obstanejo na zunanji strani vreče.

3. SILOS

V silosu se lesni ostanki skladiščijo pred uporabo, ponavadi je postavljen pod ciklon ali pod filter. Če uporabljamo lesne ostanke za kurjavo je nameščen blizu kurišča parnega kotla, in je z njim povezan s polžem, ki služi za prenos žagovine do kurišča. Vedno bolj pa se pojavljajo tudi silosi ki so direktno povezani z napravo za briketiranje ali peletiranje, tako da so končni produkt kar sami peleti ali pa briketi.

Obstaja več različnih vrst silosov, lahko so majhni ali veliki, lahko so zidani ali kovinski, okrogli, pravzaprav valjasti ali štirioglati, **morajo pa skladiščiti vsaj 10 urno proizvodnjo odrezkov.**

Praznenje silosa je lahko problematično, saj imamo nasipano žagovino z kar veliko gostoto (90 – 250 kg/kubični meter). Če poteka ročno – z loputo, ima silos spodnji del stožčast, sicer pa lahko poteka še s polžastim ali verižnim transporterjem. Zanimiva rešitev pa je prikazana tudi na spodnji sliki.



slika 8: silos za iveri

(Ehrmann idr., 2008, str. 367)

SLIKA:



VELIK BETONSKI SILOS

PRAZNIENJE SILOSA:



1-POLŽ



2-VERIŽNI TRANSPORTER

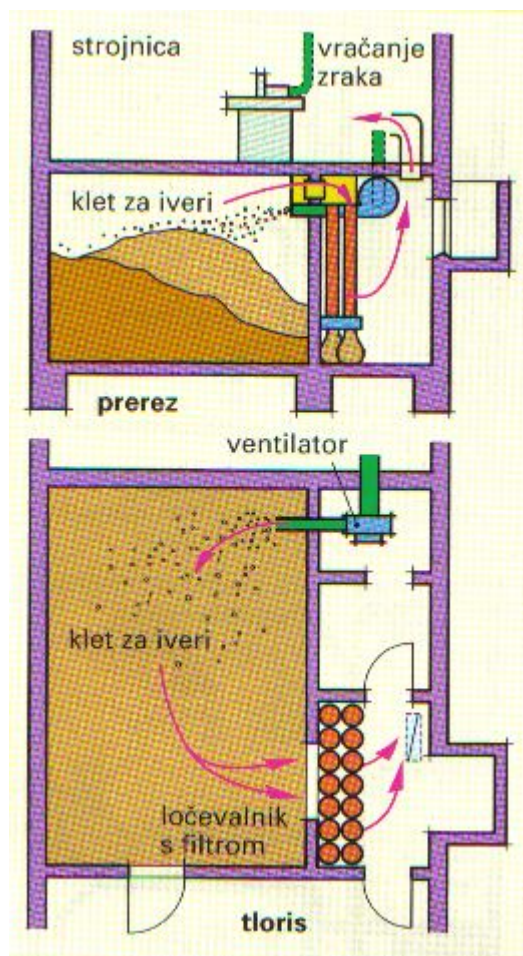


3-ŠE ENA REŠITEV

Vir (vse štiri) spletna stran podjetja Nestro Lufttechnik gmbh
[http:// http://www.nestro.de](http://www.nestro.de)

3.1 klet za iveri

V ločevalnih napravah ločujemo zrak od prahu in iveri, brusni prah in iveri potem ločeno odsesamo. Najenostavnejši način ločevanja je vpihovanje mešanice iveri in zraka v klet za iveri. Zaradi zmanjšane hitrosti zraka se iveri zaradi svoje težnosti ločijo, prah pa ločimo s filtrom, ki ga dodatno vklopimo.



slika 6:klet za iveri

(Ehrmann idr.,2008, str. 365)

4) SESALNO USTJE

Pomembno je da čim popolneje zajema odrezke in prah, pri čim manjši porabi zraka.

Je razširjeno, da zračni tok lahko zajame odrezke, prav tako pa morajo delci praktično pasti v ustje ker v ustju pade hitrost zraka in je zato potrebno izkoristiti centrifugalno silo delcev, ki letijo od vrtečega se orodja. Iz tega je razvidno tudi da je ponavadi sesalno ustje izvedeno kot zaščitna naprava, pred oziroma za vrtečimi se deli orodja in je kot tako tudi sestavni del stroja, ki ga je izdelal proizvajalec.

V primeru da stroj ne dela, se sesalno ustje lahko zapre (približno 30 procentov ustij pri klasični odsesovalni napravi, če jih je več pa je

premajhna hitrost zraka in posledično tudi količina zrak, odsesovalna naprava zato ne vleče).

SLIKA:



ZAPORNA LOPUTA

Vir: spletna stran podjetja Nestro Lufttechnik gmbh
<http://www.nestro.de>

Pomembni podatki pri sesalnem ustju, ki odločilno vplivajo tudi na izbiro odsesovalne naprave pa so naslednji:

*1)volumenski pretok(odsesovalna prostornina zmesi v časovni enoti, izračunamo kot produkt preseka cevi in povprečne hitrosti zraka v cevi)
Vol.pretok je odvisen od vrste stroja in delovne operacije.*

*2)povprečna hitrost delcev v cevi(le ta znaša od 16 do 34 m/s – za lesni prah približno 15 m/s, za vlažno iverje pa 25 m/s)
Odkvisna je od izvedbe naprave, koncentracije zmesi... Pomembno je določiti pravilno hitrost, saj drugače pri preveliki (večja poraba energije), ali premajhni (nepopolno odsesovanje) učinek ni kvaliteten.*

3)premer sesalne cevi(iz enačbe volumenskega pretoka)

5) CEVOVODI – KANALI

1) CEVI – pločevinaste in gibke

SLIKA – vse iz spletne strani podjetja Nestro Lufttechnik gmbh



2) **LOKI** (morajo biti dovolj veliki da se ne zamašijo krivinski polmer mora biti 1.5 do 2 krat večji od premera cevi)



3) **SPOJ DVEH CEVI** (kot med cevmi mora biti čimmanjši, ponavadi je ostri kot)

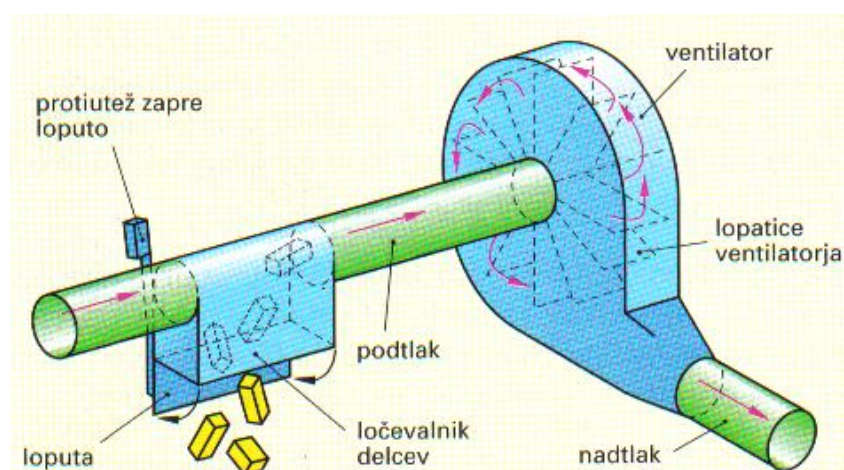


4)PRIKLJUČKI ZA GIBKE CEVI (za stroje ki imajo več ustij – CNC, 4-stranka)

5)REDUCIRNIKI (za spoj cevi različnih premerov)

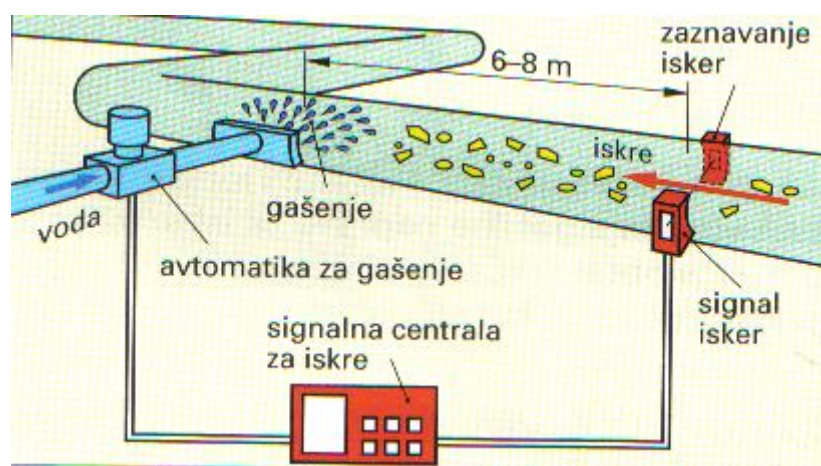
6)ODPRTINE ZA ČIŠČENJE(v primeru zamašitve cevovoda)

7)IZLOČEVALNIK VEČJIH DELCEV(če je, je nameščen pred ventilatorjem da večji delci ne poškodujejo lopatic ventilatorja. Večji delci padejo dol, od koder jih ročno odstranimo. Lahko je uporabljena tudi mreža na začetku sesalne cevi)



slika 5:ventilator

(Ehrmann idr.,2008, str. 365)



slika 11:gasilna naprava v cevovodu

(Ehrmann idr.,2008, str. 364)

Fini lesni prah je eksploziven, če je vlažen pod 15 % in ima koncentracijo v zraku 12 – 20 mg/m³. Zato je priporočljivo, da filter stresamo, ko odsesovalna naprava in obdelovalni stroji ne delajo.

1 - spletna stran podjetja Nestro Lufttechnik gmbh
<http://www.nestro.de>

2 - spletna stran podjetja Wood Waste Control ltd.
<http://www.w-w-c.co.uk>

3 – Transportne naprave v lesarstvu, Mirko Geršak, Ljubljana 1991

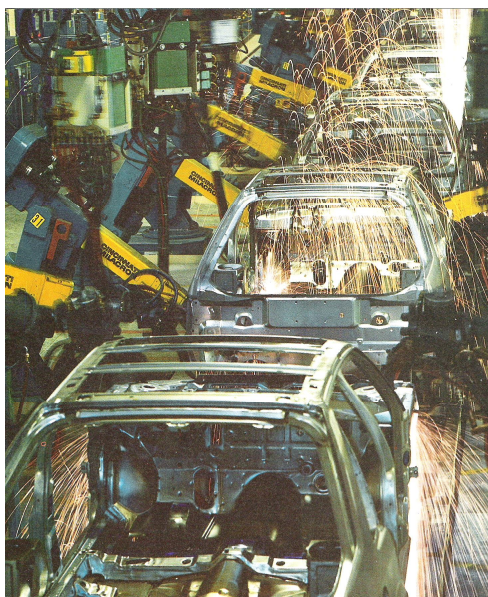
Geršak, M., Prošek, M., Grošelj, A. (1998) *Stroji in naprave v lesarstvu*. Ljubljana: zveza inženirjev in tehnikov lesarstva Slovenije, Lesarska založba.

Geršak, M. (1987) *Stroji in naprave v lesarstvu*. Ljubljana: posebna izobraževalna skupnost za lesarsko usmeritev.

Eckhart, M., Ehrmann, W., Hammerl, D., Nestle, H., Nutsch, T., Nutsch, W., Schulz, P., Willgerodt, F. (2008) *Lesarski priročnik*. Ljubljana: DZS.

4. ROBOTIKA

Besedo robot je prvi uporabil češki pisatelj Karel Čapek leta 1920, ko je z njo opisal človeku podobne stroje, ki naj bi delali za ljudi. Poudariti je treba, da roboti, ki delajo v tovarnah na Japonskem, v Združenih državah in v Evropi, le redko spominjajo na »pločevinastega moža« iz znanstvene fantastike. Večina znanstvenikov se strinja, da je robot zapleten stroj, ki ga upravlja računalnik, deluje neodvisno od ljudi in lahko opravlja različna dela. Podobno kot drugi stroji nam tudi roboti s programiranim transportom materiala, orodja in izdelkov olajšajo delo. V prihodnosti, ko bomo imeli boljše računalnike, bodo igrali roboti v našem življenju še mnogo večjo vlogo. (McKie, 1987, str. 5)



Slika 1: Točkasto varjenje na tekočem traku avtomobilske tovarne Ford

(McKie, 1987 Str. 4)

4.1 Anatomija robota

Velika večina robotov spominja na orjaške roke, ki posnemajo gibanje človeške roke in dlani. Vsi roboti morajo biti povezani z računalnikom, ki robotsko roko krmili. Računalnik torej predstavlja robotove »možgane« - če spremenimo navodila v računalnikovem pomnilniku, lahko opravlja robot vrsto različnih nalog. Roboti prve generacije so bili zvezani z zelo enostavnimi računalniki in so lahko opravljali samo osnovne operacije kot sta pobiranje in prestavljanje predmetov. Bili so gluhi, nemi in slepi.

4.1.1 Računalnik

Vsak robot je povezan z računalnikom. Danes uporabljamo računalnike za načrtovanje in razvoj programov za robote, krmilijo pa tudi vse robotske gibe. Stik z računalnikom nam omogoča terminal. (*McKie, 1987, str. 6*)

4.1.2 Programiranje

Zbirka navodil v računalniku se imenuje program. Robote lahko z vnosom novih preprogramiramo za novo nalogo. (*McKie, 1987, str. 6*)

4.1.3 Senzorji

Senzorji vračajo računalniku podatke o legi robotske roke in o njegovi okolici. Običajno gre za podatke o pritisku ali uporabljeni sili. (*McKie, 1987, str. 6*)

4.1.4 Gibanje

Robot se premika s pomočjo gonil, ki so običajno v vsakem sklepu. Žice jih vežejo z računalnikom, ki jim pove, kaj morajo storiti. (*McKie, 1987, str. 7*)

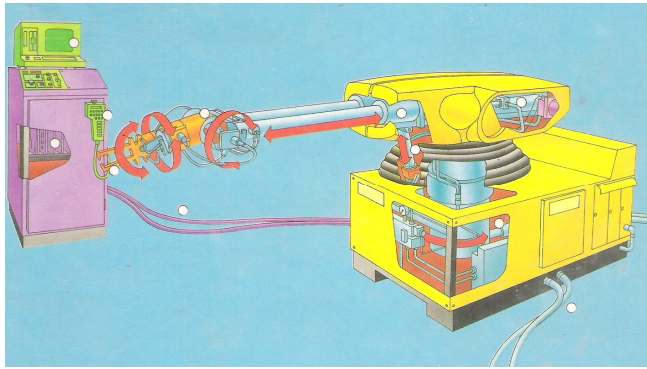
4.1.5 Gonilni viri

Robotske roke so običajno na hidravlični ali električni pogon. Unimate 2000 uporablja hidravlični sistem, zato lahko dvigne težke predmete. Prijemalo se zapre pnevmatično. (*McKie, 1987, str. 7*)

4.1.6 Zanesljivost

Roboti so zanesljivejši od človeka, ker lahko v nedogled ponavljajo vedno iste gibe in pri tem ne izgubijo koncentracijo (*McKie, 1987, str. 7*)

Danes je tehnologija že tako razvita, da lahko opremi novo generacijo robotov s »čutili« to so senzorji, ki vračajo računalniku podatke o robotovi okolici. Takšni roboti lahko opravljajo različna natančna in zapletena dela. (*McKie, 1987, str. 7*)



Slika 2: Gibi robota

4.2 Industrijski robot

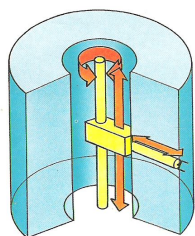
Robot Unimate 2000, ki ga vidimo na sliki, je tipičen industrijski robot. Na koncu roke lahko pritrdi različna orodja, na primer varilni aparat za spajanje kovinskih delov. Računalnik je tako programiran, da si lahko robot orodje zamenjava sam. Pogosto ima robot na zapetju prijemalo, s katerim lahko prime različne predmete. Posebne vrste prijemal uporabljajo vakuum, druge pa zopet elektromagnet za dviganje kovinskih delov. (McKie, 1987, str. 6-7)

4.2.1 Gibanje

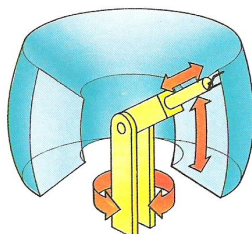
Roboti so zgrajeni tako, da se lahko premikajo na različne načine. Lahko se obrnejo, dvignejo predmete ali jih zopet odložijo. Da zmorejo opravljati te naloge, se morajo vsi roboti premikati vsaj na tri načine: na eno in drugo stran, gor in dol ter naprej in nazaj. Vse to dosežemo s kombinacijo različnih vrst sklepov vzdolž robotske roke. Robot, ki se lahko premika v tri smeri ima tri »prostostne stopnje«. Pogosto imajo tudi najbolj zapleteni roboti samo šest prostostnih stopenj, človeška roka pa jim ima 22! Območje, ki ga robotska roka v različnih legah obvlada, imenujemo območje dosega ali »delovni ovoj«. (McKie, 1987, str. 8)

Industrijski roboti uporabljajo običajno pet različnih vrst robotskih rok. Cilindrični robot se premika gor in dol, od sebe in k sebi, pri tem pa se lahko zavrti okrog svoje osi. Členasta roka ima po en sklep v pasu, ramenu in komolcu. Polarni (ali sferični) robot je podoben cilindričnemu, vendar je vertikalno gibanje povezano s sklepom. Horizontalna roka je podobna členasti roki, vendar so slepi horizontalni in ne vertikalni. Pravokotni (ali kartezijski) sistem se lahko premika gor in dol, bočno v obe smeri in končno od sebe in k sebi. Zapestni gibi omogočajo večjo svobodo kot sama roka. (McKie, 1987, str. 8)

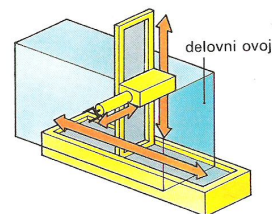
Vrsta robotskih gibov



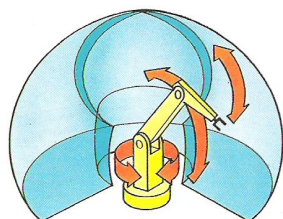
Slika 3: Cilindrični gibi



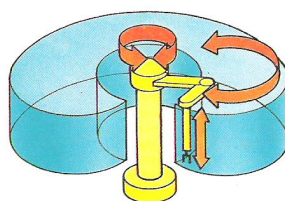
Slika 4: Polarni/ sferični gibi



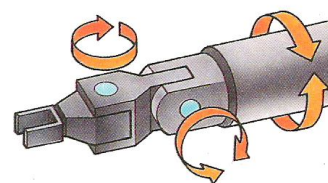
Slika 5: Pravokotni gibi



Slika 6: Gibi s členasto roko

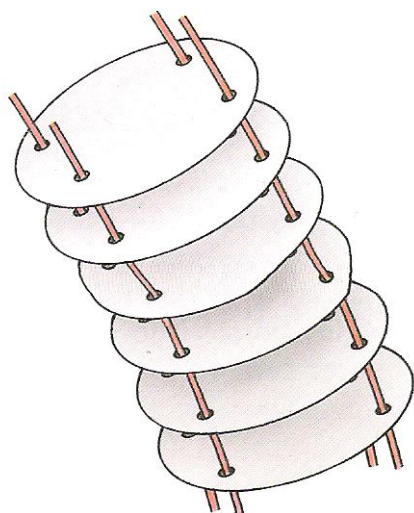


Slika 7: Horizontalna roka



Slika 8: zapestni gibi

Vretenasti robot je podoben kači in ima večji doseg in gibljivost kot večina drugih rok. Uporaben je na primer za barvanje notranjosti avtomobilov, kamor bi druge vrste rok težko segle. Vretenčasti roboti si šele utirajo pot v tovarne. (McKie, 1987, str. 9)



Slika 9: Notranjost vretenčaste roke



Slika 10: Vretenčasti robot

(McKie, 1987 Str. 9)

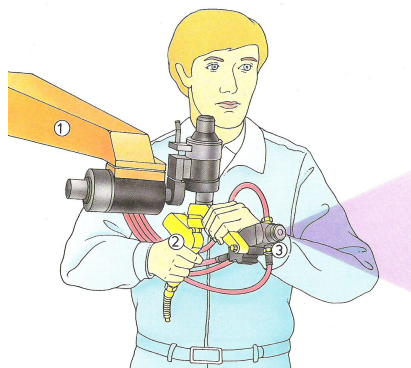
4.2.2 Programiranje

Robotu je treba povedati kako naj dela, ali pa ga naučiti. Zbirka ukazov, ki krmilijo njegovo delovanje je računalniški program. Robote lahko programiramo na tri načine.

4.2.2.1 Učenje robotov

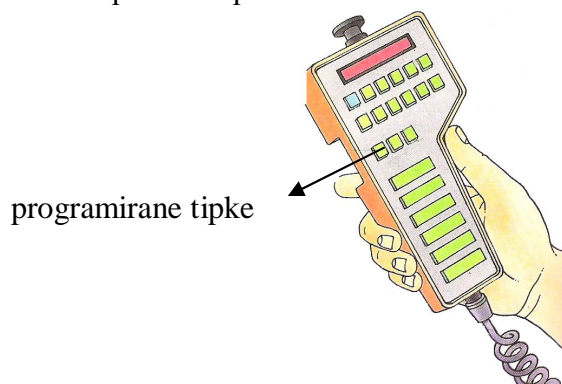
Najenostavnejši način učenja robota je:

»programiranje z vzgledom« pri katerem človek vodi robotsko roko skozi vse za opravilo potrebne gibe. Računalnik si gibe zapomni in robot lahko prikazano nalogo ponovi.

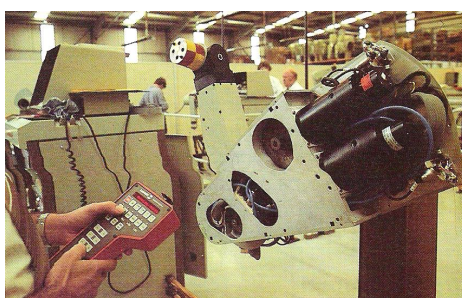


Programiranje z vzgledom
(McKie, 1987 Str. 10)

»vodeno programiranje« je podobno, vendar uporablja operater daljinsko učno vodilo, s katerim vodi robotsko roko od točke do točke – levo, desno, gor in dol. Računalnik potem sam izračuna optimalno pot med temi točkami.



Slika 11: Učno vodilo
(McKie, 1987 Str. 10)

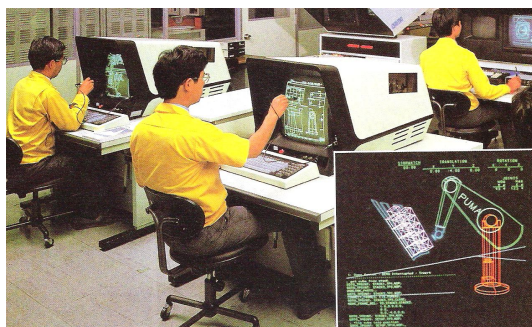


Slika 12: Vodeno programiranje
(McKie, 1987 Str. 11)

Učno vodilo je enostavna, z računalnikom povezana, ki omogoča daljinsko vodenje robota na različne točke.

4.2.2.2 Klasično programiranje

Pri tej metodi učenja operater vtipka natančna navodila na tipkovnico računalniškega terminala. Ukazi se nato prevedejo v zaporedje električnih signalov, ki krmilijo robotovo gibanje, zaporedje gibov pa se sestavi v zaključno dejanje. Nato tak način lahko pripravlja operater nova navodila, med tem ko robot še opravlja kak drug posel.



Slika 13. Klasično programiranje

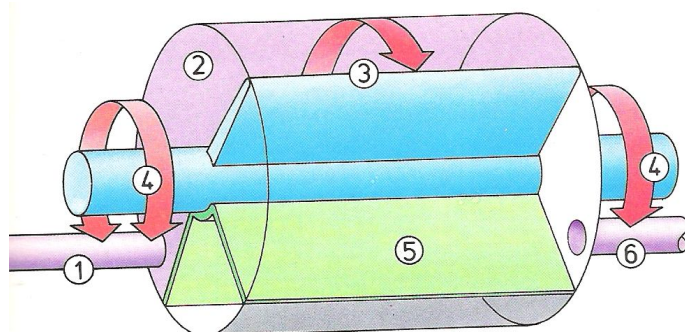
(McKie, 1987 Str. 11)

4.3 Gonilni viri

Robot je res uporaben, če ima tri osnovne lastnosti: moč, spretnost in vrsto različnih programov. Osnovni viri energije pri robotih je elektrika, premikajo pa se hidravlično ali s pomočjo elektromotorjev. Veliki roboti, ki dvigajo težka bremena, imajo navadno hidravlične sisteme.

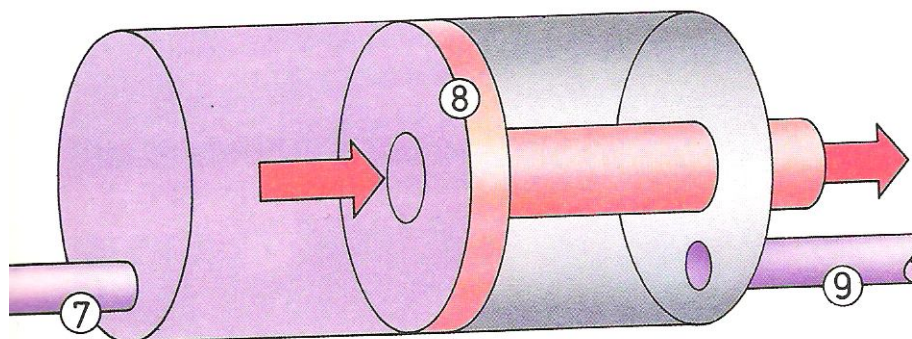
4.3.1 Hidravlični roboti

Elektromotor žene črpalko, ki poganja tekočino iz osrednjega valja do manjših valjev po celem robotu. Ko računalnik odpre ventil, potisne tekočina bat v delovnem valju, premik bata v eno ali drugo smer pa povzroči premikanje delov robota. S takšnim sistemom so povezani vsi premični deli.



Slika 14: Hidravlično rotacijsko krilo

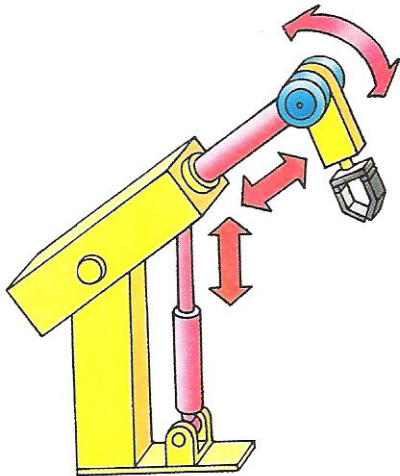
(McKie, 1987 Str. 12)



Slika 15: Hidravlični oven

(McKie, 1987 Str. 12)

Krožno gonilo – rotacijsko krilo – je neke vrste hidravlični bat. Tekočina (1) pride pod pritiskom v celico (2) ter zasučje krilo (3) in gred (4) do zahtevane lege. Zapora (5) ne dovoli obrata za cel krog. Zasuk v nasprotno smer dosežemo z vstopom tekočine pod pritiskom (6) v drugo celico. Pri sistemu hidravličnega ovna potisne tekočina (7) valj (8) naprej. Nasprotni učinek dosežemo z vstopom tekočine (9) v valj z druge strani. (McKie, 1987 Str. 13)

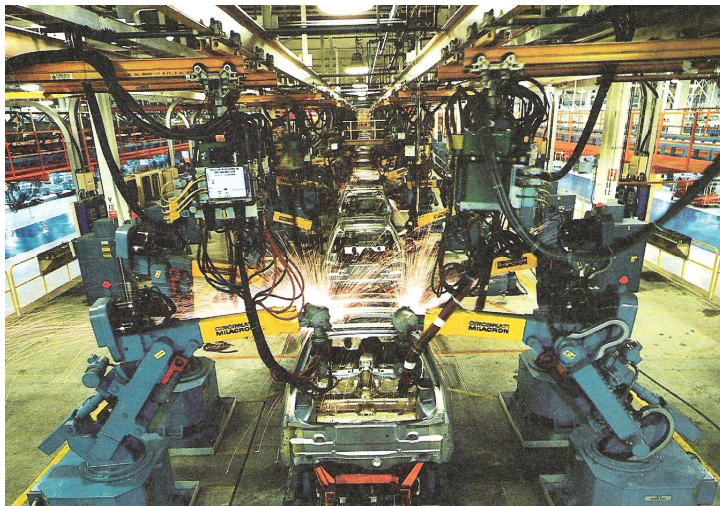


Slika 16: Hidravlični deli običajne robotske enote

(McKie, 1987 Str. 12)

4.3.2 Električni roboti

Za manjše gibe – na primer prijemaje predmetov – poganjajo robotove sklepe običajno elektromotorji. Računalnik krmili premikanje motorja z vklopjanjem in izklapljanjem električnega toka. Električni roboti so tihi, natančni in jih je lahko vzdrževati, zato njihova uporaba narašča. Nekateri mobilni roboti vozijo električne akumulatorje za svoj pogon kar s seboj. (McKie, 1987 Str. 13)



Slika 17: Roboti na električni pogon

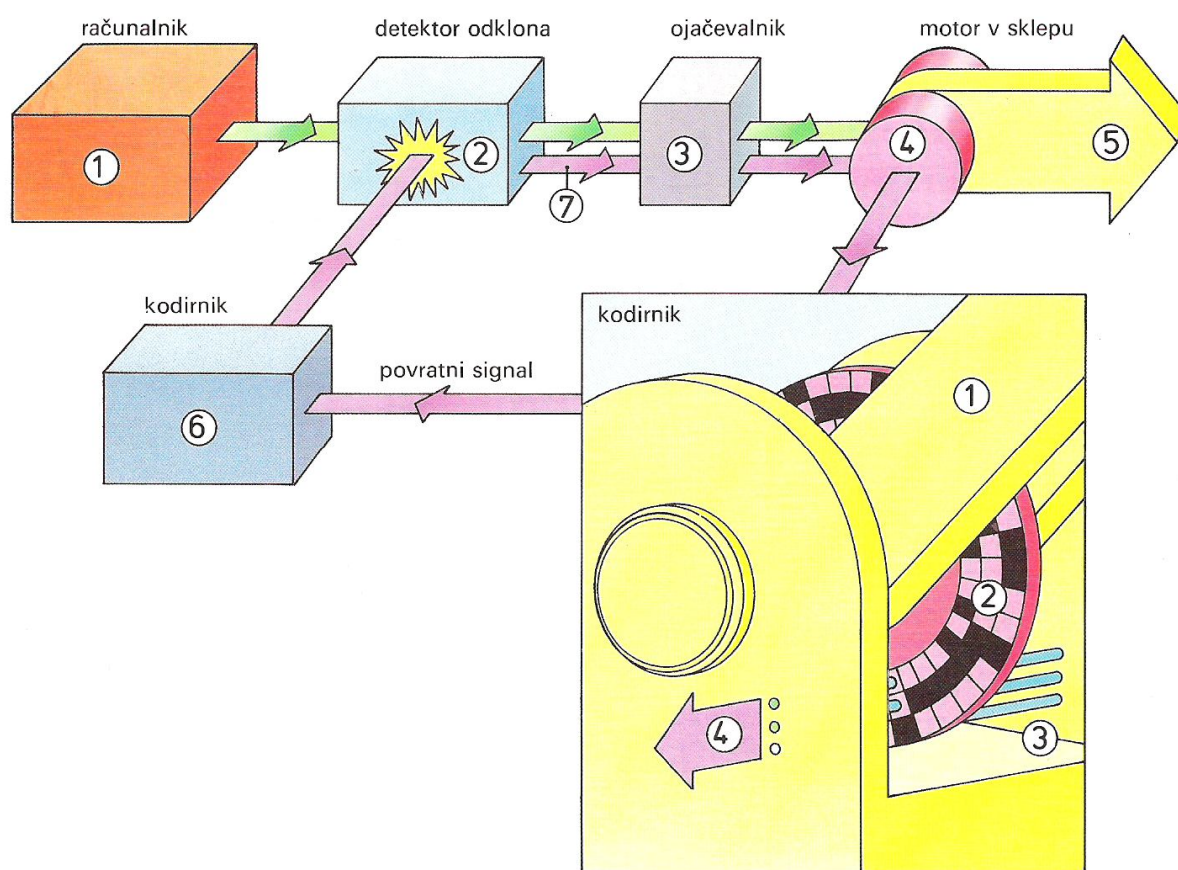
Roboti Cincinnati Milacron varijo ohišja Fordovih avtomobilov v Dagenhamu, Velika Britanija. Vsak premični sklep krmili elektromotor, ki ga aktivirajo signali računalnika. Elektromotorji so tihi, učinkoviti in lahko opravljajo zelo natančna dela. (McKie, 1987 Str. 12)

4.4 Senzorji

Človek je potreboval za razvoj čutil milijone let. Moderna tehnologija je imela za razvoj podobnih sistemov pri robotih na razpolago le nekaj let, vendar je dosegla že velik napredek. »Zunanji senzorji«, na primer televizijska kamera, so naprave, ki vračajo robotovemu računalniku podatke v obliki elektronskih signalov.

Elektronske povratne informacije

Ko sprejme računalnik signal, prilagodi robotove gibe najnovejšim podatkom. Tako lahko robot skoraj hipoma reagira na svoje okolje. (McKie, 1987 Str. 14)

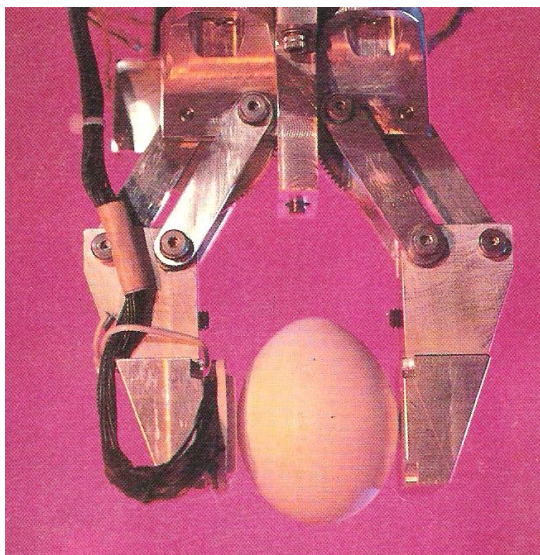


Slika 18: Potovanje signalov

(McKie, 1987 Str. 14)

Enostaven kontrolni sistem s povratno informacijo, ki se običajno uporablja na robotovih sklepih. Računalnik (1) pošlje signal, ki gre skozi detektor odklona (2) in ojačevalnik (3) do motorja (4) v sklepu. Tak signal povzroči premik roke (5). Kodirnik (6) zazna lego roke. Če se vhodni in povratni signal ne ujemata, bo odklonski signal (7) naravnal roko v pravilno lego.

Kodirniki so običajno samostojne enote v vsakem sklepu robotove roke (1). Vzorec črnih in svetlo rdečih kod (2) bere fotocelica (3), ki ugotovi lego sklepa. Informacija se vrne (4) detektorju odklona.



Slika 19: Roka z občutljivimi senzorji na dotik oblik

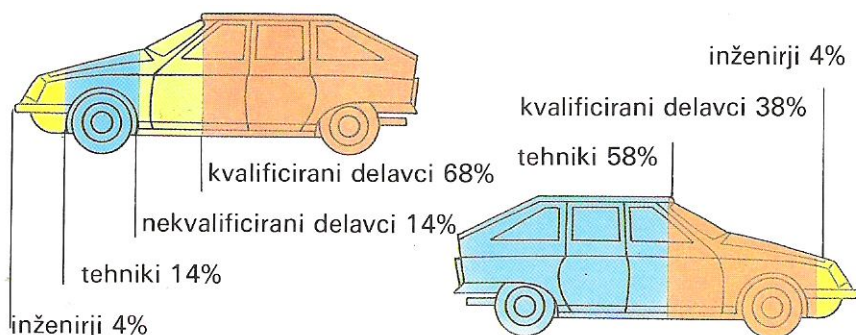


Slika 20: Prijemalo za predmete razgibanih oblik

Prijemalo zgoraj ima zelo zapletene silicijeve senzorje tipa, ki mu dovoljujejo tudi delo z občutljivimi predmeti. Omnigripper (»prijemalec vsega«), desno zgoraj, lahko pobere tudi predmete razgibanih oblik. Z vzporednimi skupinami prstov zgrabi predmet: prijemalo se najprej spusti nad objekt, nato pa porine prste okrog njega ali vanj. (McKie, 1987 Str. 15)

4.5 Roboti pri delu

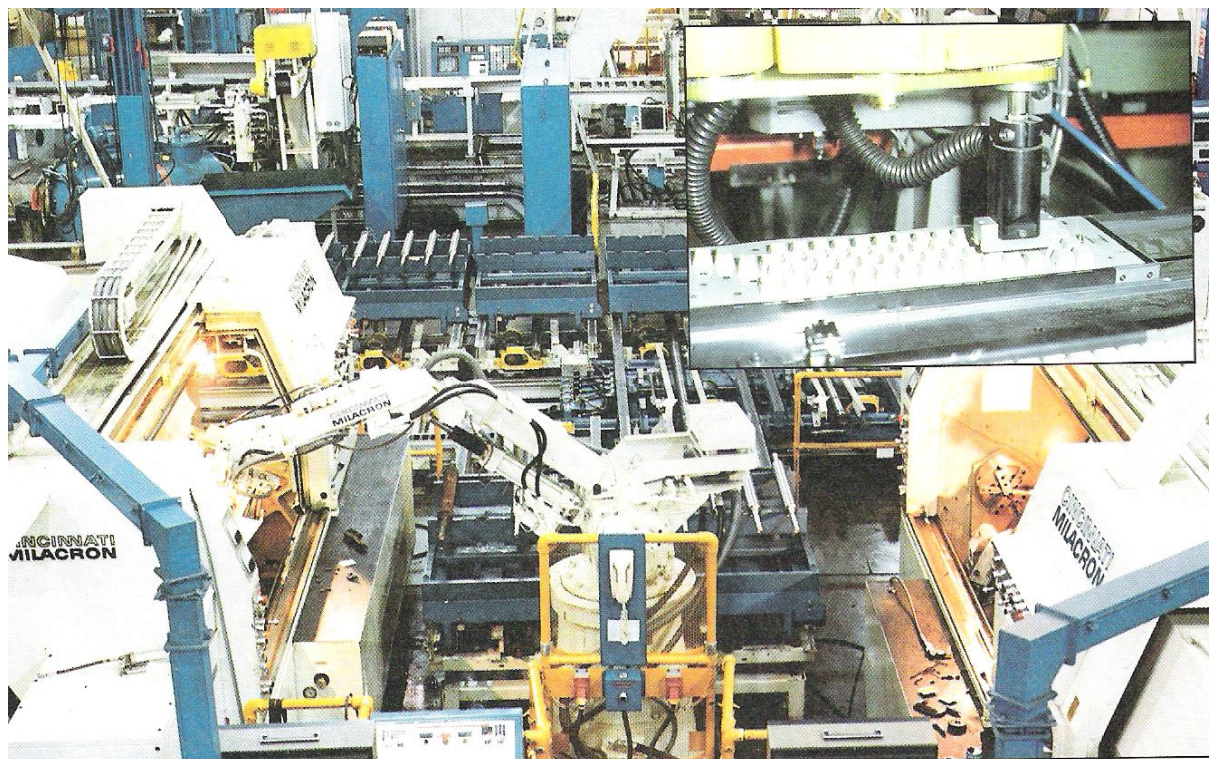
Če bi radi videli robota, ga boste najbolj gotovo v tovarni, kjer opravljajo namesto človeka dokaj zapletena, vendar ponavljajoča se in monotona opravila. V montažnih oddelkih avtomobilskih tovarn na primer roboti varijo pločevino in z razpršilnimi pištolami barvajo školjke ali pa lesne stole. To so opravila, ki škodujejo človekovemu zdravju, saj mnoge barve ali laki vsebujejo strupene primesi. Nekega dne se bodo roboti preselili tudi na delo izven tovarn. Traktorji brez voznika bi lahko pridelali orali, želi in škropili. (McKie, 1987 Str. 20)



Slika 21: Razmerje delavcev v tovarni

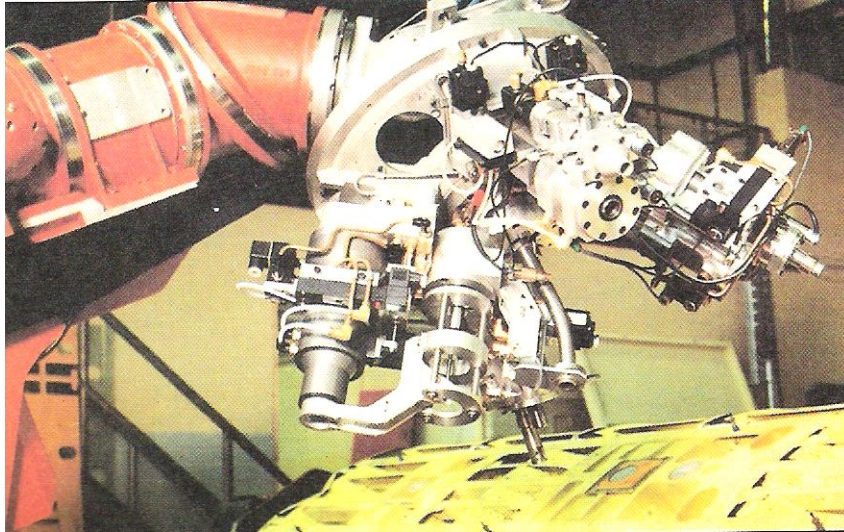
(McKie, 1987 Str. 14)

Shemi avtomobilov prikazujeta različno razmerje delavcev v tovarni Citroën Meudon, kjer uporabljajo pri delu robote. Običajna klasična tovarna (levo) potrebuje več kvalificiranih in nekvalificiranih delavcev, robotizirani Citroën pa več tehnikov. (McKie, 1987 Str. 20)



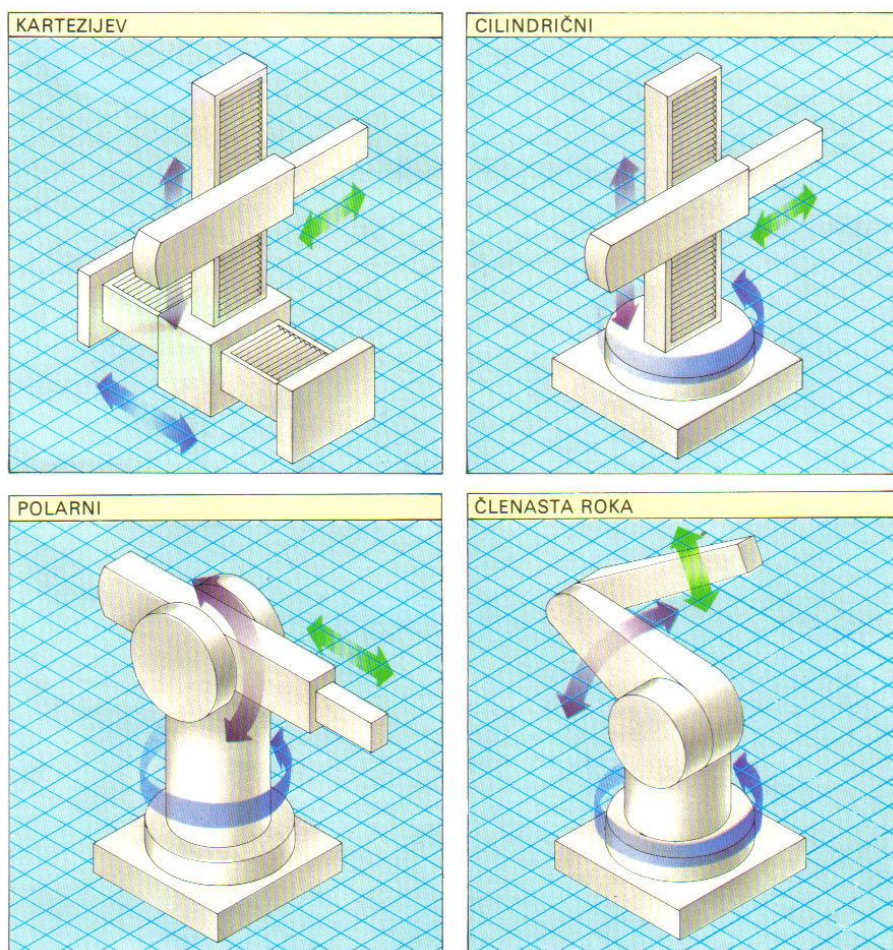
Slika 22: Roboti v proizvodnji linji

Veliki roboti Cincinnati Milacron pobirajo izdelke s tekočega traku, jih spustijo skozi različne faze obdelave in ponovno položijo na tekoči trak. Mnogo manjši robot IBM (slika v okvirju) natančno sestavlja računalniške tipkovnice. (McKie, 1987 Str. 21)



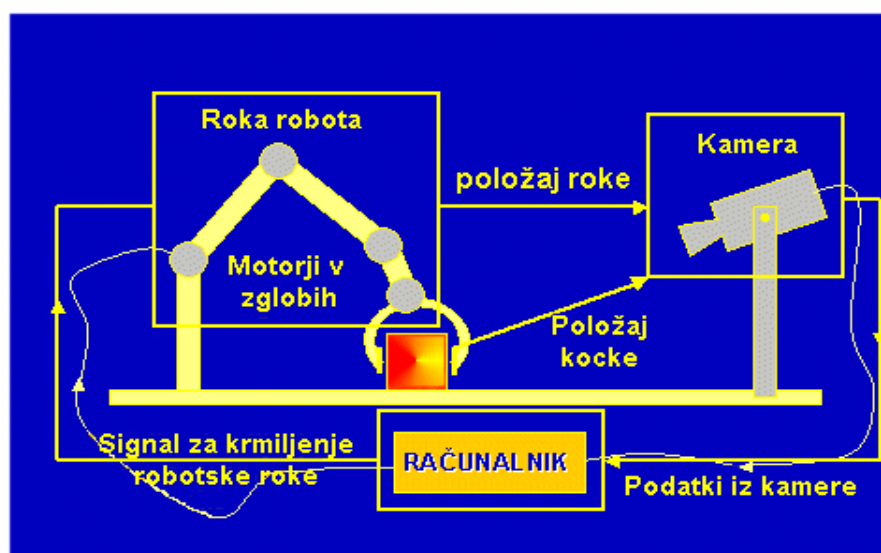
Slika 23: Robot z revolversko glavo

Robot v britanski letalski tovarni vrta kjer brusi luknje. Za ugotavljanje natančnega mesta izvrtine uporablja tipalno sondo, nato izračuna velikost potrebnega svedra, luknjo izvrti, očisti in na izbrana mesta pritrdi še priključne nastavke. (*McKie, 1987* Str. 21)



Slika 24: Vrste gibanja robotske roke

Vir: (Pawson, 1986, str. 63)



Slika 25: Prikaz delovanje robotske roke

Vir: <http://www.gimvic.org/predmeti/gradiva/html-ji/robotika.html>
(18.3.2007)

6 ROBOTIKA V LESARSKI INDUSTRIJI

Vse večje zahteve po kvaliteti izdelkov, kratkih obdelovalnih časih in zmanjševanju obremenitev zaposlenih, so pripeljale robote kot nepogrešljivi člen na najrazličnejša področja proizvodnje in spremljajočih dejavnosti. Uporabljamo jih pri:

- manipulaciji,
- varjenju,
- lepljenju,
- lakiranju in

najrazličnejših drugih obdelavah, kot tudi pri nadzorovanju proizvodnih procesov in kvalitete izdelkov. (*Kotnik, 2003, str. 97*)

6.1 Robotski sistem za brizganje

Lakiranje z roboti je danes v izdelavi pohištva še redko tehnično in ekonomsko utemeljeno, kot npr.:

- za lakiranje izdelkov večjih dimenzij in izrazito prostorske oblike (stoli, omarice, vitrine itd.);
- za lakiranje v fleksibilni organizaciji proizvodnje, ko prihajajo v površinsko obdelavo različni izdelki brez vnaprej določenega reda, pomembno je le, da jih lakiramo z istim lakom;
- za najkakovostnejše končno lakiranje večjih reliefnih plošč (npr. masivna vrata, mizne plošče).

Robotski obdelovalni sistemi morajo biti vsestransko strokovno projektirani. V splošnem so sestavljeni iz naslednjih pod sklopov:

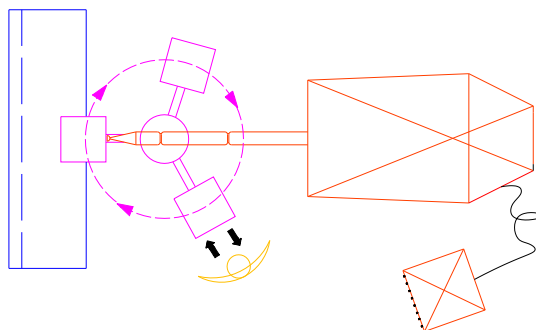
- transporterja za obdelovance,
- senzorjev za prepoznavanje vrste izdelka,
- robota z brizgalno opremo in robotskim krmilnikom,
- opreme za programiranje obdelave,
- ventilacijske kabine in sušilnih naprav.

Za zadovoljivo reševanje tehnoloških problemov pri lakiranju natančno določenih izdelkov ni potrebna največja fleksibilnost, zato so dokaj uspešne poenostavljene rešitve z manj kot 6 prostostnimi stopnjami (smermi linearnih gibov oz. rotacij nanašalne glave.) (*Kotnik, 2003, str. 97*)

6.2 Robot za lakiranje stolov na podajalnem križu

Robot je že nekoliko starejše, enostavnejše izvedbe s štirimi prostostnimi stopnjami (2 linearna pomika v smeri "z" in "y" ter 2 rotaciji v ravnini "x,y" ter "z,y") in zelo omejenim delovnim območjem, ki pokriva le dimenzije največjega stola. Robotu je prigraden trikraki z vrtljivimi stojali za postavljanje stolov. Stole ročno postavljamo in po lakiranju odlagamo z enega od dveh stojal, ki sta zunaj delovnega območja robota. Pred začetkom ciklusa lakiranja se celoten križ zavrti za 120° in na obdelovalno mesto vnese nov stol, ki mora biti postavljen v določen začetni položaj, robot pa mora imeti vključen program za obdelavo tega tipa stola. Lakiranje se opravi v štirih fazah, z vsake od štirih strani stola, ki se med posameznimi fazami obrne za 90° . Pogonski sistem je s hidravličnimi cilindri in motorji. Kakovost lakiranja zadovoljuje, zmogljivost pa je do 2 stola / min.

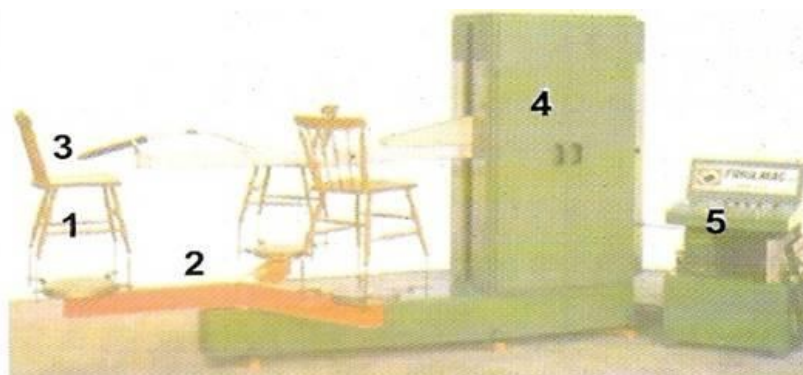
Programiranje in krmiljenje je lahko mehansko ali elektronsko in ni komplicirano. Številni tovrstni roboti uspešno delujejo v italijanskih tovarnah stolov. Izdelujejo jih npr.: Friulmac, Impes (Italija). (Kotnik, 2003, str. 97)



Slika 26: shema robotskega lakiranja

Robot s podajalnim križem

- 1 – obdelovanec
- 2 – podajalni križ
- 3 – elektrostatična brizgalna pištola
- 4 – mehanski del robota
- 5 – krmilna enota

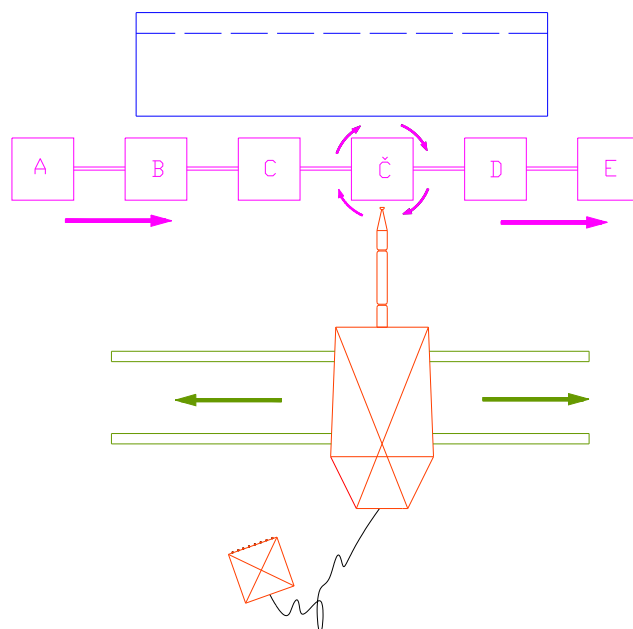


Slika 27: Robot s podajalnim križem

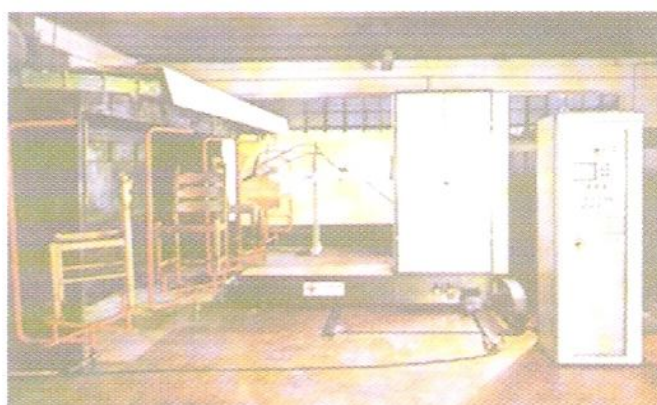
Vir: (Kotnik, 2003, str. 97)

6.3 Robot za lakiranje stolov na konvejerju

Sodobnejša je varianta robota za lakiranje stolov, postavljenih na vrtljiva stojala ali obešala na konvejer. Tudi v tem primeru je cikel lakiranja štirifazen, s postopnim obračanjem stola za 90°. Obračanje krmili robot. Odpade nalaganje in odlaganje v nevarnem območju. Za manjše zmogljivosti (1 do 1,5 stola / min) je pomikanje konvejerja koračno, robot pa ima še vedno le 4 smeri gibanja. (Kotnik, 2003, str. 98)



Slika 28: Shema robotskega lakiranja



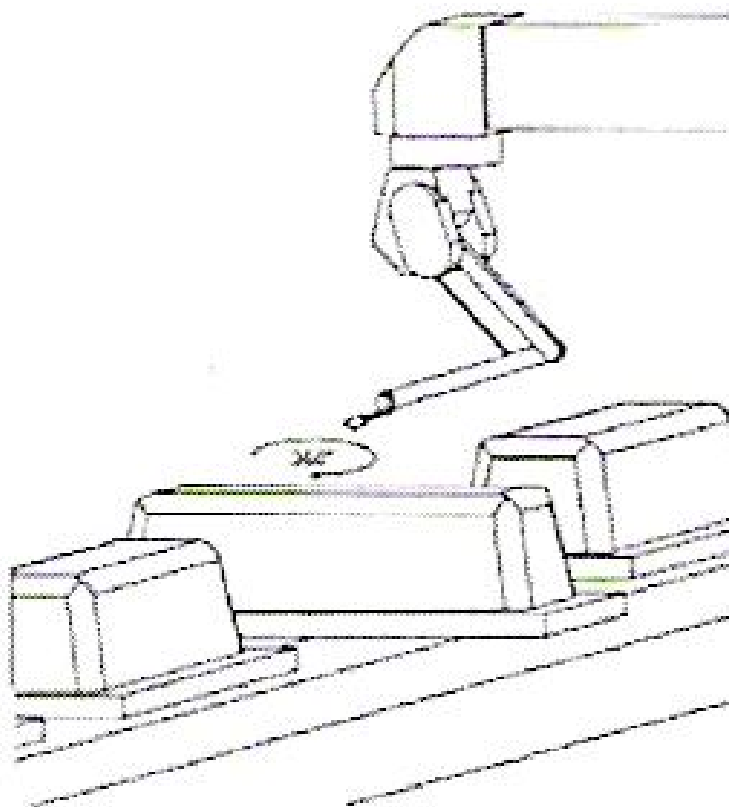
Slika 29: Robot in lakiranje stolov na konvejerju

Vir: (Kotnik, 2003, str. 97)

Za večjo zmogljivost sistema je robotu dodana "+/-x" smer gibanja, konvejer pa se pomika kontinuirano. Na ta način poteka lakiranje identično, vendar med sinhronim pomikanjem robota in transporterja. Po izvršenem ciklusu lakiranja se robot z večjo hitrostjo vrne v izhodiščni položaj, kjer prične z obdelavo naslednjega stola. Zmogljivost sistema je 2 stola / min. Programiranje elektronskega krmilnika je enostavno, potrebno število različnih obdelovalnih programov pa majhno. Pogon je hidravličen. Izdeluje ga npr.: Friulmac. (*Kotnik, 2003, str. 98*)

6.4 Robotizirane kabine za lakiranje reliefnih plošč

Naprava je sestavljena podobno kot kabina za avtomatsko lakiranje plošč, le da je pri tej delovni agregat robot s 5 prostostnimi stopnjami (pomik v "x, y, z" in 2 ravnini kroženja), prigraven nad transportni trak, ki vodi skozi kabino. Delovna glava robota je opremljena z dvema pištolama; z eno brizga rob plošče, z drugo pa preostalo gornjo površino. Brizganje se opravlja običajno na stoječo šaržo obdelovancev, pomik obdelovancev je koračni. Sistem rekuperacije laka in čiščenja traku deluje zelo dobro, tako da se obdelovanci polagajo vedno na čist trak, zato je tudi obdelava obeh strani zelo dobra. (*Kotnik, 2003, str. 98*)



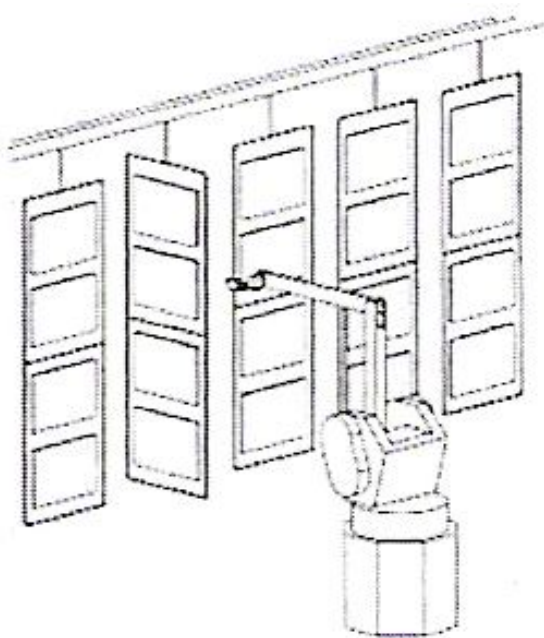
Slika 30: Robotska roka

Vir: (*Kotnik, 2003, str. 98*)



Slika 31: Robotsko lakiranje stolov

Vir: (Kotnik, 2003, str. 98)



Slika 32: Robotsko lakiranje pregrad

Vir: (Kotnik, 2003, str. 98)

Krmilnik vodi brizganje na osnovi podatkov iz senzorske letve, ki tipa sestavo seta obdelovancev med vhomom v lakirno komoro. To lakirano napravo izdelujejo v nadtlačni izvedbi in v neposredni z ustreznim sušilnikom rabi za najkakovostnejše končno lakiranje (tudi sijajno) reliefnih plošč. (Kotnik, 2003, str. 97)

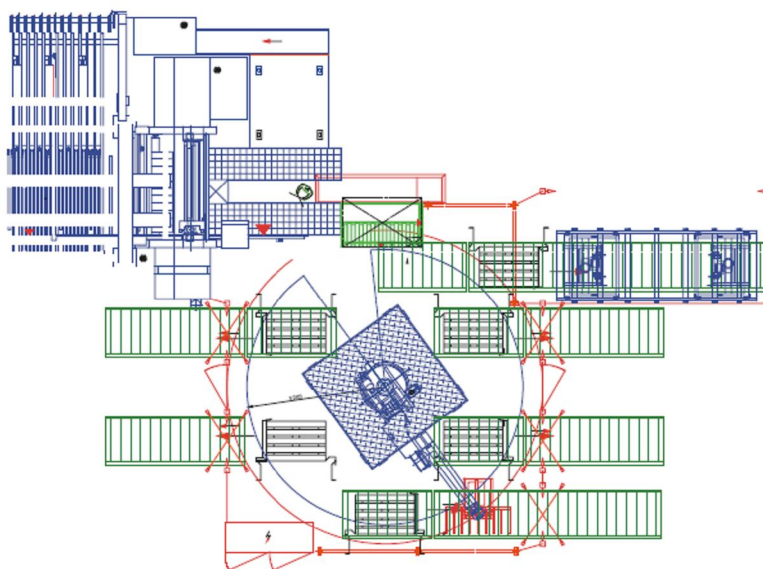
6.5 Univerzalno robotski sistemi za lakiranje

Sodoben univerzalni robot za fleksibilni obdelovalni sistem, pri katerem se na primernem transporterju z vrtljivimi ploščami – nosilci obdelovancev kaotično transportirajo raz – novrstni (npr. stoli, gugalniki, omarice, vrtine, reliefne plošče), ima praviloma 5 do 6 osi gibanja, ki se opravlja z električnimi motorji, napajanimi z istosmernim tokom. Na ta način je zmanjšana masa gibajočih se delov in povečana hitrost gibanja v primerjavi s hidravličnim pogonskim sistemom, ki zahteva tudi več vzdrževanja. Delovno področje tovrstnega robota je širše kot pri prejšnjih tipih.

Programiranje je možno z neposrednim ročnim vodenjem brizgalne glave robota, s posebno pilotno programirno glavo, ki je nameščena na vzporednem ročnem delovnem mestu, ali pa v celoti z elektronskimi pripomočki, po sistemu od točke do točke in z določitvijo vmesne hitrosti. V pohištveni industriji se še malo uporabljajo, ker verjetno ni potrebno po tako široki univerzalnosti.

Izdelovalci tovrstnih robotov so npr.: SLS., CMA, (Italija), Dete (Nemčija). (*Kotnik, 2003, str. 98-99*)

7 ROBOTIZIRANO NALAGANJE IN ODLAGANJE OBDELOVANCEV



Slika 33: Tloris postavitve robota

Vir:

http://www.ligmatech.de/ADMIN/ASSETS/files/rt_BAE_zrp150_02.pdf (18.3.2007)

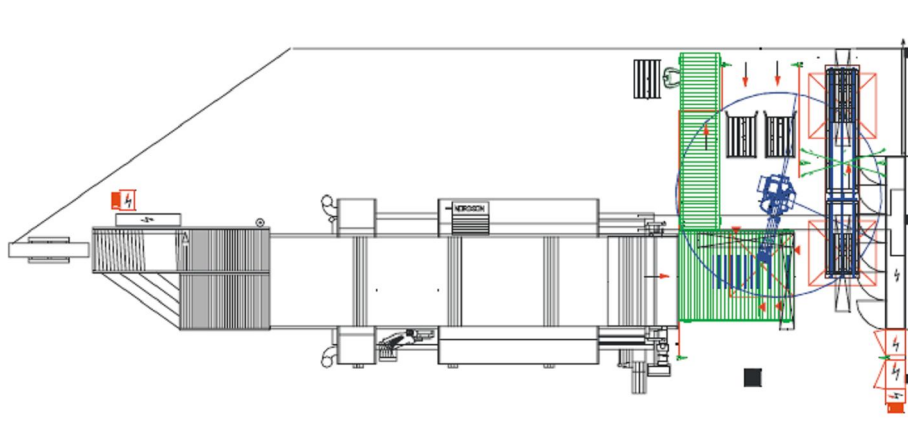


Slika 34: Robotizirano nalaganje in odlaganje obdelovancev

Vir:

http://www.ligmatech.de/ADMIN/ASSETS/files/rt_BAE_zrp150_02.pdf (18.3.2007)

7.1 Robotizirano odlaganje plošč



Slika 35: Tloris postavitve robota

Vir:

http://www.ligmatech.de/ADMIN/ASSETS/files/rt_DIL_zrk180_02.pdf
(18.3.2007)



Slika 36: Robotizirano odlaganje plošč

Vir:

http://www.ligmatech.de/ADMIN/ASSETS/files/rt_DIL_zrk180_02.pdf
(18.3.2007)

7.2 Robotizirano pakiranje in skladiščenje



Slika 37: Robotizirano pakiranje

Vir: <http://www.cdrobot.com/corp.php?id=39> (18.3.2007)



Slika 38: Robot za dvigovanje palet

Vir: <http://www.cdrobot.com/corp.php?id=40> (18.3.2007)

LITERATURA

- HOLZ Design, Leopoldsdorf/Wien, 03.2002
- ARREDARE CON, mastrolegno, ANNO IV-N.1, aprile 1987
- Robert S. Miller, adhesives and glues, Ohio 43207 USA, 1980
- WOODWORKING INTERNATIONAL, D-8500 Nuernberg 1, FED.REP. GERMANY, april 1987
- Taiwan Buyer's Guide, WOODWORKING MACHINERY '89, Fengyuan, Taichung Hsien, Taiwan
- YATES-AMERICAN, S.A. WOODS, Beloit, WI 53511, USA
- Buyer's Guide And Directory, Wood Machinery Manufactures of America, 1987, Philadelphia, USA
- Wood-Mizer,Indianapolis, Indiana 46224,USA
- Holz kurier,Woche 14, Wien, 4. April 2002
- OERTLI Werkzeuge AG, Fabrique d'outils, CH-8180 Bülach
- General Saw Corp., CARBIDE TIPPED SAW BLADES, Secaucus, New jersey 07094, USA
- Principles of Wood Science and Technology, I Solid Wood, Franz F.P. Kollmann, Wilfred A. Côté,Jr., Berlin-New York 1968
- James L.,TAYLOR , Manufacturing Company, Poughkeepsie, NY 12602-0712 USA
- Mann-Russell, Tacoma, WA 98421, USA
- OBLES, Podjetje za proizvodnjo obdelovalnih lesnih strojev Ljubljana
- Maschinen im Spiegel Ausgabe, präzision im spiegel, 2/1988
- M.Prošek,M.Geršak,J.Kavčič, STROJI ZA OBDELAVO LESA, Ljubljana 2001
- Borut Veselko, TEHNOLOGIJA STROJNE OBDELAVE, Maribor 2003
- Anton Likavec, TEHNOLOGIJA OBDELAVE S STROJESLOVJEM 1, Ljubljana 1973
- Anton Likavec, TEHNOLOGIJA OBDELAVE S STROJESLOVJEM 1, Ljubljana 1978
- Anton Likovec, TEHNOLOGIJA OBDELAVE V LESARSTVU, Ljubljana 1993

- WOOD AND WOOD PRODUCT, June 1987/ VOL. 92 NO. 7
- KATALOG, SWATY, Tovarna umetnih brusov, Maribor

- Cankarjeva založba, LEKSIKON - FIZIKA, Ljubljana 1991
- LAP GmbH, Zeppelinstra@e 23, D-Lüneburg
- BEAM Dynamics Laser Machining
- Rudi Kladnik, FIZIKA 1, Ljubljana 1973
- Mladinska knjiga, SODOBNA TEHNOLOGIJA, Ljubljana 1985
- Cankarjeva založba, ENCIKLOPEDIJA TEHNIKE, Ljubljana 1983