

Lesarstvo in tapetništvo



MEHANSKA OBDELAVA LESA



Vladimir Stegne

Biti mizar je lepo.



www.bodiprofi.si





SPLOŠNE INFORMACIJE O GRADIVU

Izobraževalni program
Lesarski tehnik

Ime modula
Mehanska obdelava lesa

Naslov učnih tem ali kompetenc, ki jih obravnava učno gradivo
Odrezovanje, rezila, ostrenje, strojna obdelava lesa, tehnologija lepljenja lesa

Naslov enote učnega gradiva; ni ena učna ura
Odrezovanje, rezila, ostrenje, strojna obdelava lesa, tehnologija lepljenja lesa

Avtor: Vladimir Stegne, univ.dipl.inž.les.
Recenzent: Igor Jelovčan, univ.dipl.inž.les.
Lektor: Tatjana Perić, prof.
Datum: avgust 2010



To delo je ponujeno pod Creative Commons Priznanje avtorstva-Nekomercialno-Deljenje pod enakimi pogoji 2.5 Slovenija licenco.



POVZETEK

Gradivo *Odrezovanje, rezila, ostrenje* opisuje parametre, ki nastopajo pri mehanskem preoblikovanju lesa, dejavnike, ki vplivajo na kvaliteto obdelave lesa, rezalna in brusna orodja ter tehnike brušenja rezalnega orodja.

Gradivo opisuje tudi postopke mehanske obdelave lesa, s katerimi lahko izdelamo nekatere mizarske izdelke, npr. omaro, mizo, posteljo ... Opisani so postopki obdelave masivnega lesa in lesnih plošč. Poudarek je na obdelavi lesa na osnovnih mizarskih strojih, krojenju lesa in postopkih krivljenja lesa.

Dimenzije lesa v naravi so omejene, zato se pojavi potreba po spajanju lesa po širini, debelini in dolžini. Les lepimo tudi zaradi drugih razlogov: z lepljenjem zmanjšamo negativno lastnost delovanja lesa (krivljenje), v sredice lahko skrijemo slabši les, odstranimo večje napake, kot so grče in razpoke.

Mehanizem lepljenja in tudi tehnologija sta dokaj zapletena, zato moramo poznati osnovne zakonitosti lepljenja lesa.

Ključne besede: elementi klina, rezalno orodje, geometrija rezalnega orodja, rezalna hitrost, podajalna hitrost, otopitev, ostrenje, žagalni stroji, skobeljni stroji, rezkalni stroji, brusilni stroji, vrtalni stroji, tlak, stružnica, mehčanje lesa, krojenje, krivljenje lesa, furnir, lesne plošče, lepilna mešanica, adhezija, kohezija, lesne vezi, vmesni čas, odprti čas, viskoznost, pH, visokofrekvenčno segrevanje, stiskanje.



KAZALO VSEBINE

UČNI CILJI.....	3
IZBIRA IN PRIPRAVA REZALNEGA ORODJA	4
REZALNO ORODJE	5
Geometrija rezalnega orodja.....	6
Materiali za rezalna orodja	7
Vrste rezalnega orodja	8
PONOVI MO	10
GIBANJE PRI ODREZOVANJU	11
Vaje	15
Sile pri odrezovanju lesa.....	16
OTOPITEV REZIL IN OSTRENJE REZALNEGA ORODJA	17
PONOVI MO.....	21
IZDELAVA NIZKE OMARICE	22
Skica izdelka.....	22
KROJENJE LESA.....	22
RAŽŽAGOVANJE LESA IN LESNIH PLOŠČ	25
SKOBLJANJE LESA	31
Poravnavanje lesa	31
Debelinsko skobljanje lesa	34
PONOVI MO.....	37
REZKANJE LESA.....	39
Mizni rezkalni stroj.....	40
Nadmizni rezkalni stroj	43
OPLEMENITENJE LESNIH PLOŠČ	45
Priprava furnirja.....	45
Stiskanje plošč v hidravlični stiskalnici	46
PONOVI MO.....	49
BRUŠENJE LESA	51
IZDELAVA KONSTRUKCIJSKIH VEZI	54
IZDELAVA STRUŽENEGA ELEMENTA	57
Skica izdelka.....	57
Tehnološki postopek izdelave krožnika (B)	59
PONOVI MO.....	61
IZDELAVA KRIVLJENEGA KOSA LESA.....	63
Tehnologija krivljenja lesa	66
Izbira lesa	66
Predsušenje.....	66
Predobdelava	66
Postopek mehčanja – plastificiranje lesa	66
Krivljenje lesa.....	67
Kondicioniranje in sušenje krivljenega lesa	67
PONOVI MO.....	69
IZDELAVA IN LEPLJENJE MIZNE PLOŠČE	71
PREDPRIPRAVA LESA ZA LEPLJENJE	71
Strojna obdelava lesa	74
LEPLJENJE LESA	75
Vrste lepil	80
PONOVI MO.....	82
TEHNOLOGIJA LEPLJENJA MASIVNEGA LESA	84

Priprava lepila	85
Nanašanje lepila	86
Stiskanje lepljencev	89
PONOVIMO.....	91
LITERATURA IN VIRI.....	92



UČNI CILJI

Osnova uspešne in kvalitetne strojne obdelave lesa so rezalna orodja, ki morajo biti ustrezna za določeno vrsto obdelave lesa ter kvalitetno in pravilno brušena. Torej ostrina, geometrija rezalnega orodja, pravilne podajalne in rezalne hitrosti odločilno vplivajo na strojno obdelavo lesa z vidika kvalitete, ekonomičnosti in varnosti pri delu.

Strojna obdelava lesa je nadgradnja ročne obdelave. Lesnoobdelovalni stroji so doživeli velik tehnični razvoj, tako da dosegajo velike možnosti prilagoditve strojne obdelave. To gradivo obravnava osnovne lesnoobdelovalne stroje, ostale bomo spoznali pri drugih modulih. V preteklosti so težili k masovni proizvodnji pohištva, zato so bile potrebne linije z veliko kapaciteto izdelave enakih izdelkov. Danes prevladuje trend majhnih serij ali celo unikatov, zato stopajo v veljavo osnovni mizarski stroji in računalniško vodeni obdelovalni centri, ki omogočajo hitro spremembo proizvodnega programa oz. prilagajanje izdelavi sodobnega pohištva.

Lepljenje lesa je eno od najpomembnejših opravil, ki jih bomo srečali pri obdelavi lesa ali pri načrtovanju obdelave lesa. Nepravilno lepljen les lahko povzroča velike težave, reklamacije, krhanje rezil

Cilji:

- znali bomo izbrati ustrezno rezalno orodje,
- znali bomo nabrusiti rezilno orodje v skladu s pravilno geometrijo rezil,
- znali bomo izračunati rezalne in podajalne hitrosti za kvalitetno obdelavo lesa,
- poznali bomo dejavnike, ki vplivajo na kvaliteto obdelave lesa,
- znali bomo izbrati in krojiti les in lesne plošče,
- znali bomo izbrati ustrezen postopek strojne obdelave lesa (žaganje, skobljanje, rezkanje, brušenje ipd.),
- znali bomo izdelati enostavnejši mizarski izdelek oz. sestavni del takšnega izdelka,
- poznali bomo postopke krivljenja lesa,
- spoznali bomo osnovna pravila pravilnega lepljenja lesa,
- znali bomo izbrati ustrezno lepilo glede na materiale, ki jih bomo lepili, in glede na zahtevane odpornosti lepilnega spoja na vplive okolice,
- znali bomo nanašati lepilo na površino lesa,
- znali bomo izračunati potrebne tlake stiskanja in porabo lepila,
- znali bomo oblikovati tehnološke postopke lepljenja, ustrezne pripomočke, strojno opremo in orodja.



IZBIRA IN PRIPRAVA REZALNEGA ORODJA

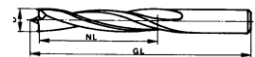
Brusilec rezalnega orodja mora imeti široko mizarsko znanje, poleg tega pa tudi znanja s področja strojništva. Pri izbiri rezalnega orodja se namreč prepletajo izkušnje s področja obdelave lesa ter izdelave in sestave rezalnega orodja.

Preveri svoje predznanje, poveži stroje in njihova orodja:

mizarski tračni
 žagalni stroj



mizni krožni
 žagalni stroj



mizni rezkalni stroj



horizontalni vrtalni
 stroj



skobeljni stroj



verižni rezkalni
 stroj



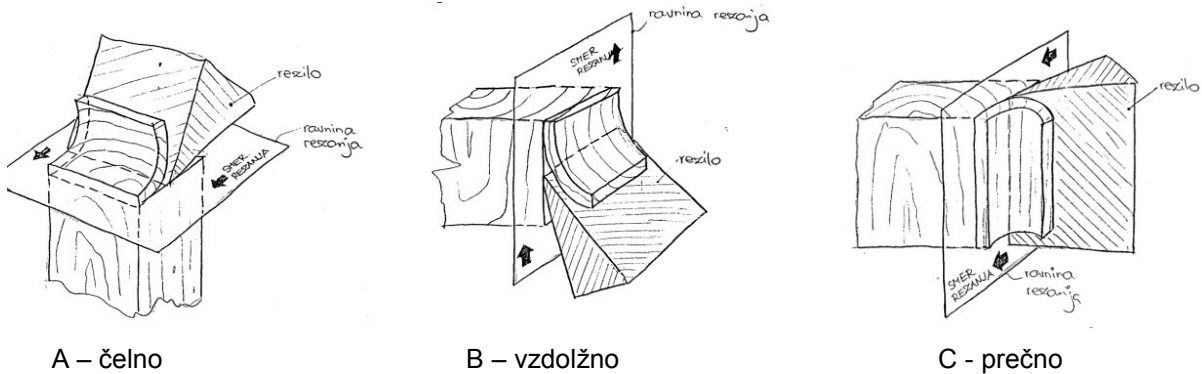
Z odrezovanjem lesa spreminjamo obliko obdelovanca. Rezalno orodje ima obliko klina, ki prodira skozi les in odstranjuje delce lesa. Les preoblikujemo z naslednjimi postopki:

- žaganje,
- skobljanje,
- rezkanje,
- vrtanje,
- dolbenje,
- struženje in
- brušenje.

Obdelava lesa je zapleten postopek, ker ima les nekatere lastnosti, ki ga ločijo od drugih materialov:

- je nehomogen (različne lastnosti v enem kosu),

- higroskopičen (vpija vlago),
- anizotropen (različne lastnosti v anatomskih smereh).


Slika 1: Smeri odrezovanja


Opazuj površino lesa in napiši svoje ugotovitve pri različnih smereh odrezovanja lesa, npr. skobljanje z električnim skobljičem:

	čelno	vzdolžno	prečno
potrebna sila odrezovanja (mala, srednja, velika)			
videz površine (hrapavost, gladkost, lesna vlakna ...)			



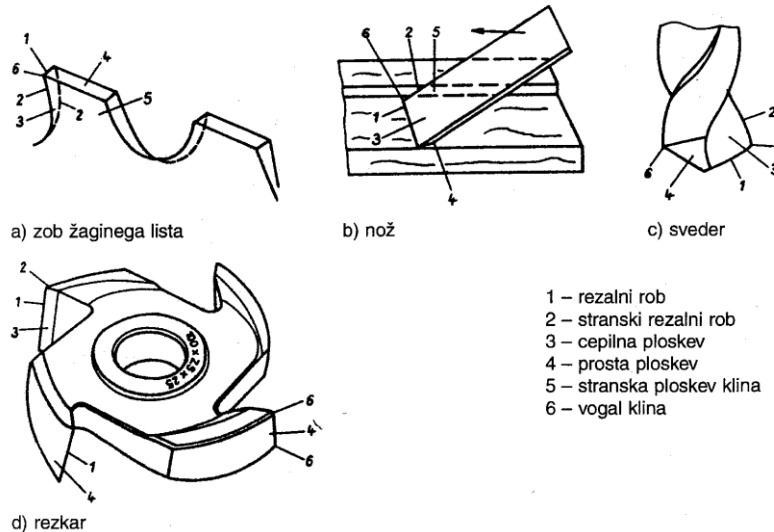
REZALNO ORODJE

Rezalno orodje izberemo glede na:

- način obdelave (žaganje, skobljanje ...),
- smer obdelave (vzdolžno, prečno, čelno) in
- vrsto stroja (mizni krožni žagalni stroj, mizarski tračni žagalni stroj ...).

Geometrija rezalnega orodja

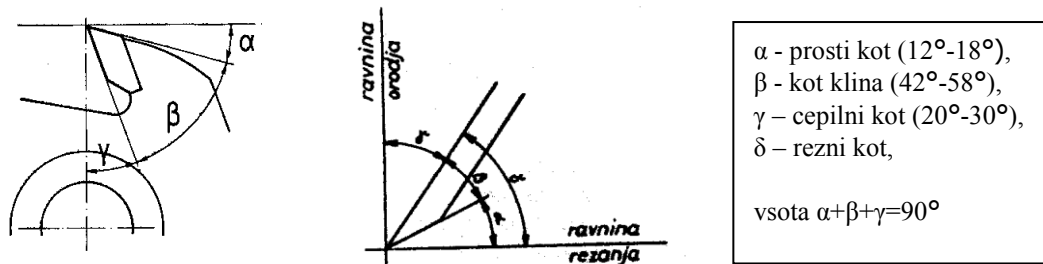
Preden začnemo obravnavati posamezna rezalna orodja, moramo spoznati geometrijo rezalnega orodja. Ima obliko rezalnega klina, ki prodira skozi les, zato je geometrija podobna ne glede na vrsto rezalnega orodja.



Slika 2: Rezalni klin

Vir: Grošelj A., et al., 1999, 11

Koti rezalnega klina imajo odločilen vpliv pri odrezovanju lesa. Vplivajo na kvaliteto obdelane površine, obstojnost rezil in potrebne sile pri odrezovanju. Pri brušenju rezil moramo upoštevati pravilno geometrijo rezil, ki je osnovni podatek vsakega orodja.



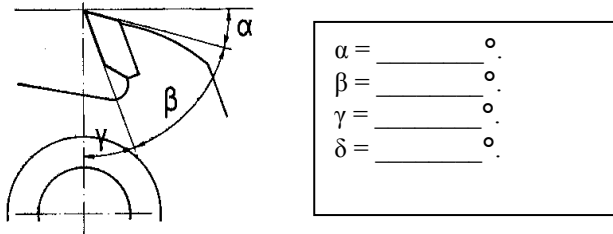
Slika 3: Koti rezalnega klina

Vir: Grošelj A., et al., 1999, 12

Velikost posameznih kotov je odvisna od vrste materiala, ki ga obdelujemo (masivni les, iverne plošče, MDF...), smeri odrezovanja, trdote lesa in vrste materiala, iz katerega je izdelano orodje.



V brusilnici orodja se pozanimaj, kakšno geometrijo mora imeti žagin list za razrez oplemenitenih ivernih plošč brez predrezila (iveral).



Materiali za rezalna orodja

Materiali, iz katerih so izdelana rezalna orodja, morajo imeti naslednje lastnosti:

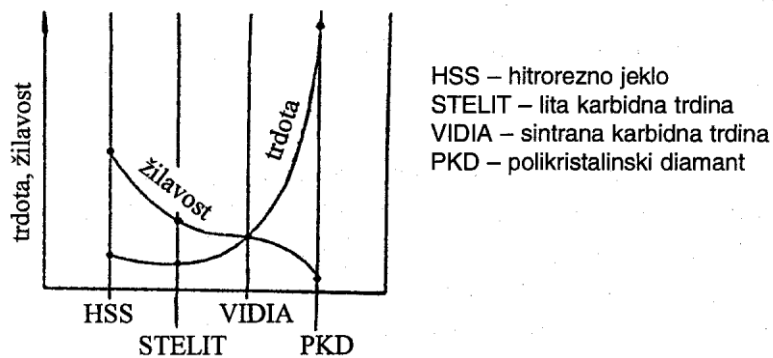
- visoko trdoto (odpornost na obrabo),
- odpornost na visoko temperaturo,
- ustrezno žilavost (odpornost na udarce),
- odpornost na korozijo.



Slika 4: Pregled materialov za rezalna orodja

Trdota in žilavost materiala se med sabo izključujeta. To pomeni, da so tisti materiali, ki so zelo trdi, tudi precej krhki (nasprotno od žilavi), zato se krušijo. Materiali, ki so zelo žilavi, se hitro obrabljajo. Iz tega torej sledi, da moramo najti ravnotežje med žilavostjo in trdoto, saj je šele takšen material primeren za rezalna orodja.

Orodna jekla so dokaj poceni, najdražji je umetni diamant. Karbidne trdine (hard metal-HM), se uporabljajo v obliki ploščic, ki se nalotajo na konice žaginih listov ali rezkarjev, medtem ko je telo takega orodja iz cenejšega orodnega jekla.



Slika 5: Trdota in žilavost materialov

Vir: Geršak M., 1997, 217

O karbidnih trdinah in orodnih jeklih bomo govorili še kasneje, in sicer v poglavju o vrstah rezalnega orodja. Diamantna PKD-rezila uporabljamo za odrezovanje trdih, homogenih materialov v lesarstvu, njihova uporaba pa se povečuje.



Zelo zanimiv je postopek »oblačenja« orodja s **titanovim nitridom (TiC)**, zato predlagam, da poiščeš informacije o tem na internetu, opiši tudi TiC:

Vrste rezalnega orodja

Vsako rezalno orodje je izdelano iz nosilnega telesa in rezila. Nosilno telo je po navadi izdelano iz cenejšega materiala (orodno jeklo), rezila pa iz kvalitetnejšega in dražjega materiala (HM, TiC).

V osnovi lahko razdelimo rezalno orodje glede na sestavo na:

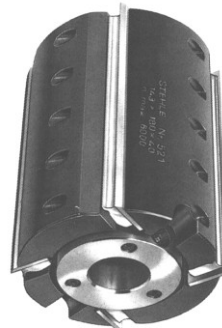
1. **Monolitno (enodelno):** zgrajeno je iz enega kosa enakega materiala, običajno iz legiranega jekla, npr. žagini listi, rezkarji, svedri.
2. **Rezalno orodje z nalotanimi rezili:** telo je iz žilavega materiala (jeklo), rezilo v obliki ploščic (HM), pritrjeno z lotanjem na prosto ali cepilno ploskev rezila.
3. **Sestavljeno rezalno orodje:** zgrajeno je iz več delov. Rezila se zamenjujejo.
4. **Orodne garniture:** pri teh se orodja nalagajo ena na drugo in tvorijo sestav, s katerim naenkrat obdelujemo les. Lahko jih različno kombiniramo.



A-monolitno



B-nalotana karb. trdina



C-sestavljeno



D-garnitura

Slika 6: Vrste rezalnega orodja

Vir: Katalog rezalnega orodja Stehle in Leitz

Rezalna orodja lahko razdelimo tudi glede na tehnološke operacije:

- žagini listi (krožni in tračni),
- rezkalne glave,
- stebni rezkarji,
- skobeljne glave,
- svedri,
- rezkalne verige,
- brusilni papir,
- stružni noži.



PONOVIMO

1. Orodje se lahko vrti v smeri urnega kazalca ali v nasprotni smeri. V prvem primeru se vrti v _____ smer, v drugem primeru pa v _____ smer (zapiši levo/desno).

2. Dimenzije rezalnega orodja so napisane na telesu orodja. Na neki rezkalni glavi so napisane številke 140×40×30. Kaj pomenijo?

3. Na nekem orodju smo našli naslednje oznake. Kaj pomenijo?

mechanischer Vorschub: _____

n max. 15.000: _____

4. Delo na lesnoobdelovalnih strojih je zelo nevarno, saj lahko pride do hudih poškodb. Napiši nekaj nevarnosti, ki prežijo nate pri delu z vrtečimi se rezalnimi orodji:

5. Določi, kateri materiali so z vidika žilavosti in trdote primerni za izdelavo rezalnega orodja.

6. Zakaj je pomembno, da z brušenjem ne spreminjamo geometrije orodja?

7. Napiši nekaj primerov iz prakse, ko bi lahko uporabil rezalno orodje v obliki garniture.



GIBANJE PRI ODREZOVANJU

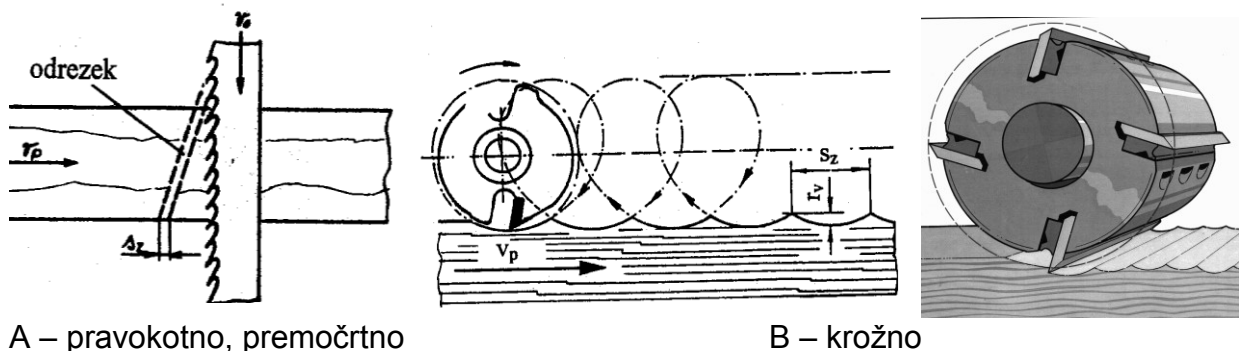
Spoznali smo že nekaj dejavnikov, ki vplivajo na kvalitetno mehansko obdelavo lesa, na primer ustrezna geometrija rezalnega orodja in pravilna izbira rezalnega orodja. Tretji dejavnik je lahko delavec, ki je lahko pri delu bolj ali manj natančen. V vsakem primeru mora biti ustrezno usposobljen za delo. Med temeljna znanja sodijo zraven poznavanja vrst in geometrije rezalnega orodja tudi razumevanje zakonitosti gibanja orodja in obdelovanca.

Vsi smo že imeli priložnost opazovati izdelke iz lesa, ob katerih smo uživali in jih občudovali, kako kvalitetno so izdelani, kako gladka je površina ... Po drugi strani pa lahko vidimo tudi izdelke, ob katerih smo zelo razočarani.

Gotovo vsi rajši občudujemo kvalitetne izdelke, zato se seznanimo z gibanjem pri odrezovanju. Poznamo več vrst gibanja orodja in obdelovanca:

- pravokotno gibanje orodja in obdelovanca (mizarski tračni žagalni stroj, električna ročna vbodna žaga),
- krožno gibanje orodja in premočrtno gibanje obdelovanca (mizni krožni žagalni stroj, mizni rezkalni stroj ...),
- premočrtno gibanje orodja in krožno gibanje obdelovanca (struženje lesa),
- premočrtno gibanje orodja, ko obdelovanec miruje (ročno skobljanje, rezanje furnirja).

Od vseh načinov gibanja je krožno gibanje orodja in premočrtno obdelovanca pri mehanski obdelavi lesa najpogostejše, zato bomo ta način bolj podrobno obravnavali.



A – pravokotno, premočrtno

B – krožno

Slika 7: Gibanja pri odrezovanju

Vira: Grošelj A., et al., 1999, 21-22 in Reklamno gradivo Weinig

Kot smo že omenili, se krožno odrezovanje pojavlja pri žaganju s krožnimi žagalnimi stroji, rezkanju in skobljanju. To so osnovne tehnološke operacije mehanske obdelave lesa.

Pri skobljanju in rezkanju lesa na površini nastane valovita površina, ki ima od strani obliko cikloide. Ti valovi pomenijo neravnine, slabo obdelano površino, zato si jih želimo čim manj in čim bolj plitve. Kaj torej vpliva na velikost teh valov?

Gotovo smo že opazili in je povsem logično, da so ti valovi globlji in daljši, če obdelovanec potiskamo z veliko hitrostjo skozi stroj. Temu strokovno rečemo podajalna hitrost (v_p).

Drugi dejavnik je hitrost rezila na obodu. Večja je rezalna hitrost (v_o), bolj gladka je površina lesa. Rezalna hitrost je odvisna od premera orodja (d) in števila obratov gnane gredi na minuto oz. vrtilne hitrosti (n). Rezalna hitrost je večja, če je število obratov gredi večje in če je premer orodja večji. To lahko zapišemo na naslednji način:

$$v_o = \pi \times d \times n$$

v_o = rezalna hitrost (m/s),
 π = 3,14
 d = premer orodja (m),
 n = vrtilna hitrost (obr./min)

Enačba 1: Rezalna hitrost orodja

Primer:

Žagamo les z žaginim listom premera 300 mm, delovno vreteno se vrti s 4500/min. S kakšno hitrostjo se giblje rezilo krožne žage?

$$d = 300 \text{ mm} = 0,3 \text{ m}$$

$$n = 4500 \text{ min}^{-1}$$

$$v_o = ?$$

$$v_o = 3,14 \times 0,3 \text{ m} \times 4500 \text{ min}^{-1} = 4239 \text{ m/min oz. } \frac{4239 \text{ m/min}}{60 \text{ s}} = 70,6 \text{ m/s}$$

Priporočene rezalne hitrosti so:

Rezalno orodje	v_o (m/s)
List krožne žage	60 - 100
List tračne žage	20 - 30
Rezkar	30 - 70

Brusni trak	v_o (m/s)
Brušenje lesa	16 - 22
Brušenje laka	7 - 11

Tabela 1: Priporočene rezalne hitrosti

Rezalne hitrosti lahko določimo tudi s pomočjo diagramov, ki jih v svojih katalogih prilagajo proizvajalci rezalnega orodja.



Proizvajalci rezalnega orodja

Poišči informacije o domačih in tujih proizvajalcih rezalnega orodja.

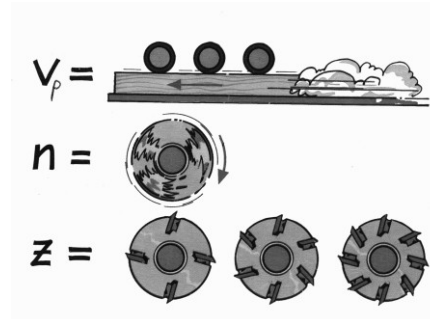
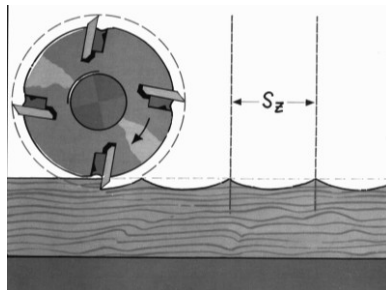
Kako podajalna hitrost vpliva na kvaliteto obdelave? Podajalna hitrost vpliva na dolžino in globino valov na površini lesa:

$$v_p = \frac{s_z \times n \times z}{1000}$$

v_p = podajalna hitrost (m/min),
 s_z = podajanje na zob (mm),
 n = vrtilna hitrost (min^{-1}),
 z = število rezil (zob)

$$s_z = \frac{v_p \times 1000}{n \times z}$$

Enačba 2: Podajalna hitrost



Slika 8: Podajanje na zob s_z

Vir: Reklamno gradivo Weinig

Primer:

Skobljamo žaganico na debelinskem skobeljnem stroju. Podajalna hitrost je 20 m/min, skobeljno vreteno ima dve rezili in se vrti s 4500 obrati na minuto. Kolikšna je dolžina vala oz. podajanje na zob.

$$v_p = 20 \text{ m/min}$$

$$n = 4500 \text{ min}^{-1}$$

$$z = 2$$

$$s_z = \frac{20 \text{ m/min} \times 1000}{4500 \text{ min}^{-1} \times 2} = 2,2 \text{ mm}$$

$$s_z = ?$$

Podajanje na zob lahko po izkušnjah znaša od 0,1mm do 1,0 mm. V našem primeru torej kvaliteta obdelave ni ustrezna.

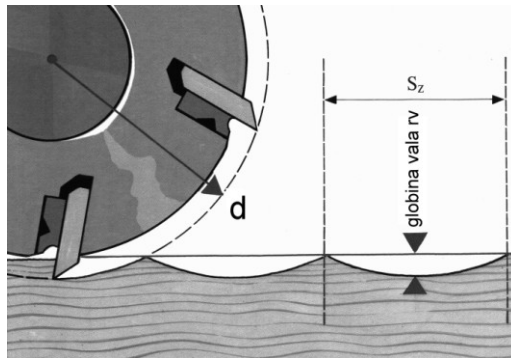
Razmisli in zapiši, kaj bi morali spremeniti, da bi izboljšali kvaliteto skobljanja lesa tako, da bi podajanje na zob zmanjšali pod 1,0 mm:

Naslednji kriterij kvalitete mehanske obdelave lesa je globina vala cikloide (r_v), ki je odvisna od dolžine vala in premera rezalnega orodja. Čim večji je premer orodja (d), manjša je globina vala. Poglejmo enačbo:

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

r_v = globina vala (mm),
 s_z = podajanje na zob (mm),
 d = premer orodja (m),

Enačba 3: Globina vala



Slika 9: Globina vala cikloide r_v

Vir: Reklamno gradivo Weinig

Primer:

Pri rezkanju okrasnih letv smo izračunali, da je podajanje na zob ustrezno, in sicer 0,7 mm. Rezkanje izvajamo z orodjem premera 120 mm. Kolikšna je globina vala cikloide?

$s_z = 0,7\text{mm}$

$d = 120\text{mm}$

$$r_v = \frac{0,7\text{mm}^2}{4 \times 120\text{mm}} = 0,001\text{mm} \text{ oz. } 1,0 \mu\text{m}.$$

$r_v = ?$

Kriterij kvalitete obdelane površine prikazuje spodnja tabela.

Vrsta obdelave	r_v (μm)
Pohišstvo	0,5 - 5
Gradbene letve	5 - 10
Trami ostrešja	10 - 50

Tabela 2: Kvaliteta obdelave lesa glede na globino vala r_v



Vaje

1. Izračunaj število obratov delovnega vretena mizarskega krožnega žagalnega stroja, če ima orodje premera 250 mm rezalno hitrost 72 m/s.
2. Les obdelujemo z operacijo skobljanja na skobeljnim stroju. Konica orodja ima rezalno hitrost 38 m/s in premer 130 mm. Vpete imamo 4 skobeljne nože. Določi podajalno hitrost, če želimo doseči podajanje na zob 0,6 mm.
3. Na osnovi podatkov iz druge naloge izračunaj še globino vala in oceni kvaliteto obdelane površine. Koliko μm je v 1 mm?

Sile pri odrezovanju lesa

Pri odrezovanju lesa rezilo z določeno silo deluje na obdelovanec in na ta način loči iverje od le-tega. Sile čutimo tudi mi, ko obdelujemo les, in sicer kot udarce, tresljaje in upiranje obdelovanca pri pomikanju skozi stroj.

Na sile odrezovanja vpliva več dejavnikov:

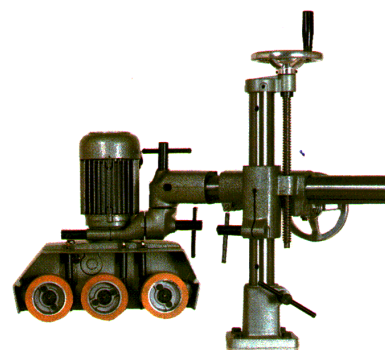
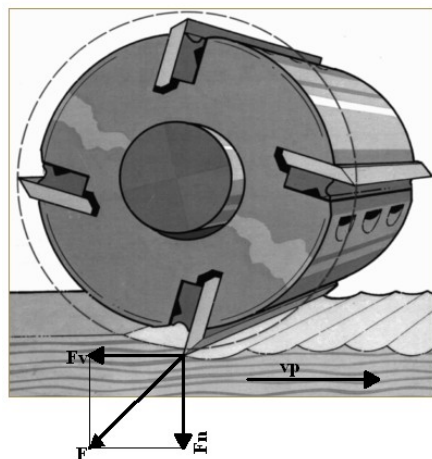
- vrsta lesa,
- gostota lesa,
- smer rezanja (vzdolžno, prečno, proti lesnim vlaknom),
- vlažnost in temperatura lesa,
- rezalna in podajalna hitrost,
- ostrina oz. topost orodja.

Sile odrezovanja moramo poznati zaradi dimenzioniranja strojev in orodij. Pri prevelikih silah se lahko stroj ali njegov sestavni del zlomi ali preobremeni. To lahko povzroči lom orodja in je smrtno nevarno za delavca.

Katere sile delujejo pri odrezovanju lesa?

Pri vrtečem se orodju deluje sila rezanja (F) v smeri rezanja, ki jo lahko razstavimo na vodoravno in navpično komponento. Vodoravna komponenta (F_v) odrezuje iveri, navpična (F_n) pa pritiska obdelovanec na podlago.

Za podajanje obdelovanca proti vrtečemu se orodju (krožna žaga, rezkar) je potrebna sila podajanja. Na nekaterih strojih lahko ročno podajanje nadomestimo z mehanskim (podajalni agregat).



Slika 10: Sile pri odrezovanju lesa in podajalni agregat

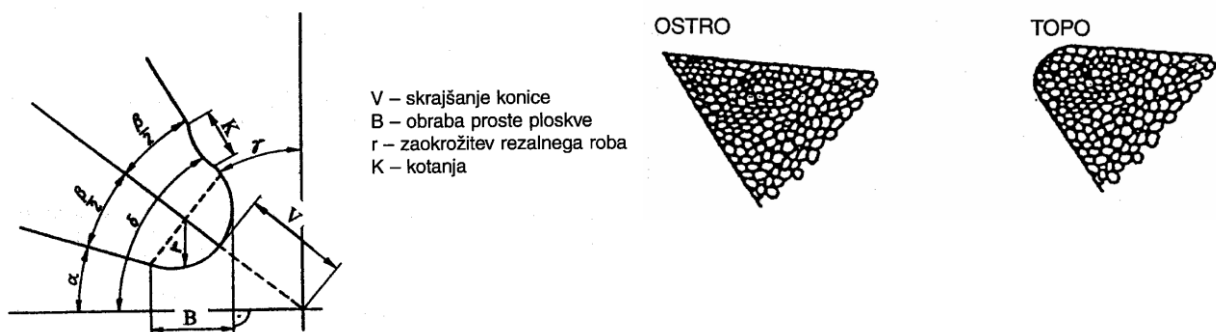
Vir: Reklamno gradivo Weinig in Samstag K. et al., 1993, 276



OTOPITEV REZIL IN OSTRENJE REZALNEGA ORODJA

Glavni vzrok za otopitev rezil je mehanska obraba rezilne konice zaradi trenja in posledično segrevanje pri prehajanju rezila skozi obdelovanec. Sodobni materiali za rezalna orodja imajo sicer visoko stopnjo odpornosti na visoke temperature. Drugi vzrok so fizikalno-kemični procesi, ki nastanejo zaradi prisotnosti kislin v lesu. Otopitev je lahko tudi posledica loma rezalne konice zaradi prekoračitve trdnosti materiala (kovinski tujki v lesu). Orodje je topo in ga moramo zamenjati oz. nabrusiti:

- če je orodje izgubilo rezalne sposobnosti in nadaljnja obdelava ni več možna (nevarnost loma in okvare stroja),
- kadar kvaliteta obdelane površine ne ustreza predpisani,
- če je poraba električne energije prevelika.



Slika 11: Topost rezila

Vir: Grošelj A., et al., 1999, 44-45

Ostrenje rezalnega orodja izvajamo z brušenjem po prosti in/ali cepilni ploskvi rezila. Debelina odzema je odvisna od stopnje otopitve rezila. Pri tem ne smemo spremeniti geometrije rezila. Za merjenje geometrije uporabljamo različne pripomočke:

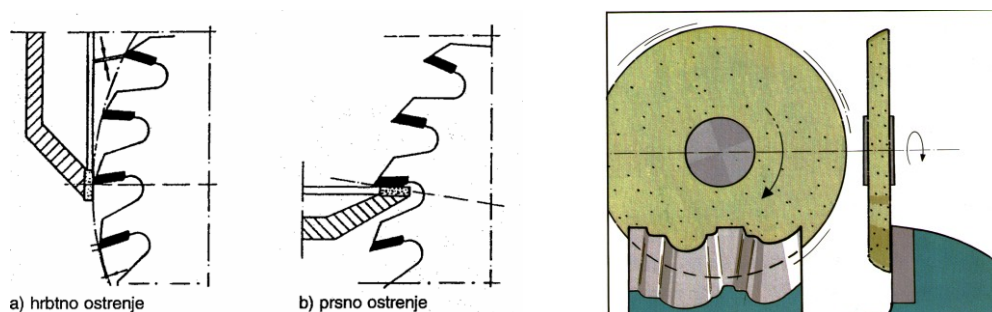
- šablone,
- kljunasto merilo,
- merilne ure,
- sodobne optične mikroskope s kamerami, ki na zaslon prenesejo povečano sliko rezalnega kroga in naredijo celotno izmero profilirnih glav.



Slika 12: Optični mikroskop za merjenje geometrije rezalnega orodja

Vir: <http://www.weinigusa.com> (20.6.2010)

Merjenje geometrije rezalnega orodja izvajamo pred ostrenjem in po njem.



Slika 13: Ostrenje rezalnega orodja

Vira: Grošelj A., et al., 1999, 53 in Reklamno gradivo Weinig

Ostrenje rezalnega orodja izvajamo s posebnimi brusnimi ploščami, ki so vpete v brusilne stroje. Brusilni stroji so posebej konstruirani za ostrenje posamezne vrste rezalnega orodja, obstajajo pa tudi univerzalni, kjer lahko z enim strojem brusimo različna orodja.

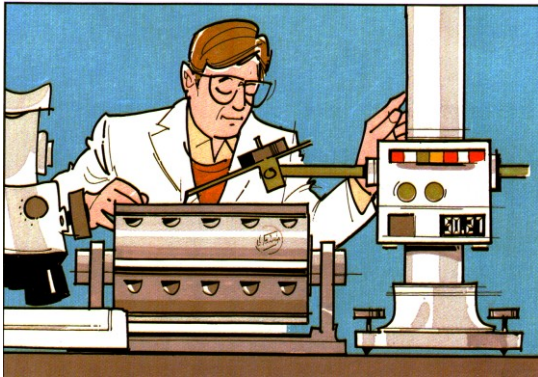
Brusne plošče so sestavljene iz abrazivnih (brusnih) zrn in veziva (keramika ali bakelit), ki brusna zrnca veže v kompaktno obliko.

Brusna zrnca so najpogosteje izdelana iz naslednjih materialov:

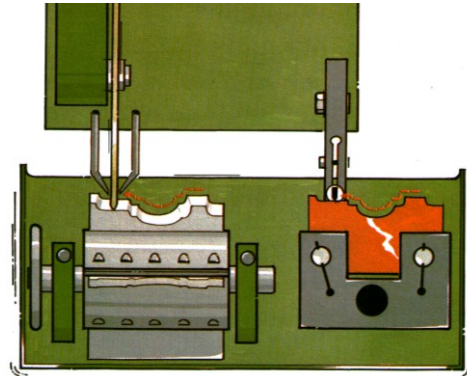
- elektrokorund (Al_2O_3),
- silicijev karbid (SiC),
- kubični borov nitrid (CBN),
- sintetični diamant (DIA).

Izbira ustreznega brusila je zahtevno opravilo, saj se brusila med sabo ločijo po velikosti brusnih zrn, trdoti (trdnosti vezanja zrn) in strukturi brusila. Premehak brusilnik se hitro obrabi, spremeni se njegova geometrija, pretrd brusilnik pa povzroča prekomerno segrevanje (zažganine), hitro se mu zamašijo pore in slabo brusilnik. Trdota brusila je odvisna od veziva, trde materiale brusimo z mehkejšim vezivom in trdimi brusnimi zrci.

Korund in silicijev karbid sta primerna za brušenje orodnih jekel. Diamantne PKD-brusne plošče uporabljamo za brušenje karbidnih trdin (HM).



Slika 14: Merjenje geometrije rezalnega orodja



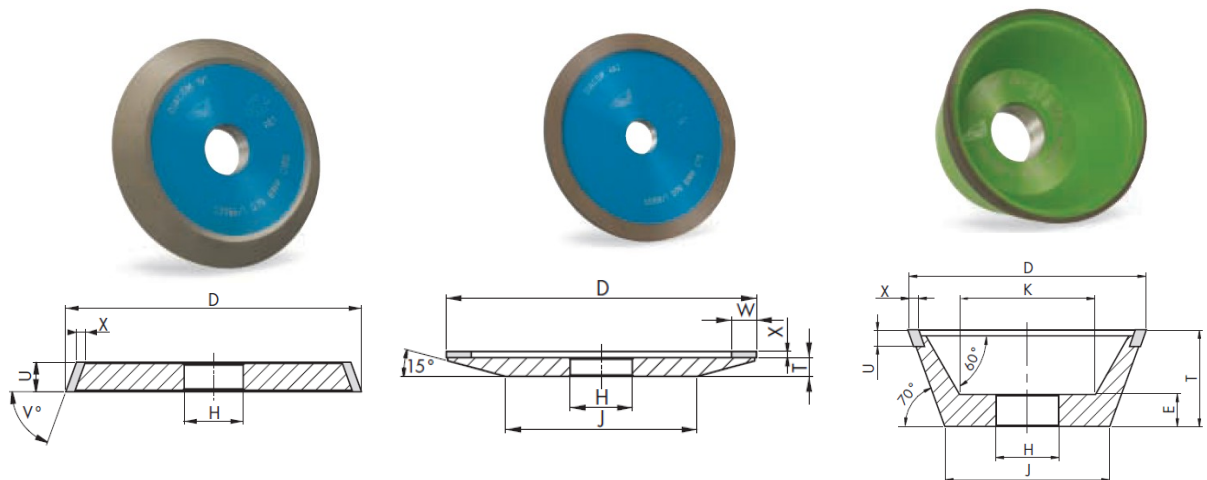
Slika 15: Profilno orodje

Vir: Reklamno gradivo Weing



Vaja

Slika 15 prikazuje izdelavo profilne ploščice za rezkalno glavo. Opiši postopek brušenja profila, ki ga prikazuje slika:

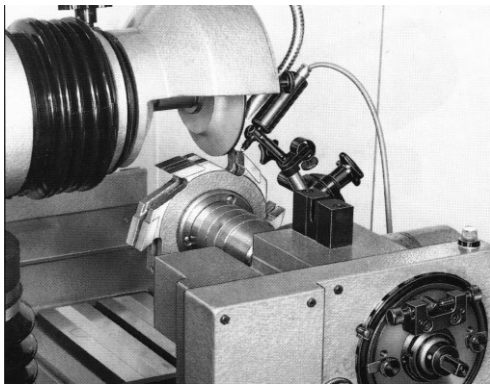


Slika 16: Oblike diamantnih brusnih kolutov
 Vir: http://www.comet.si/prodajni_program (10.5.2010)



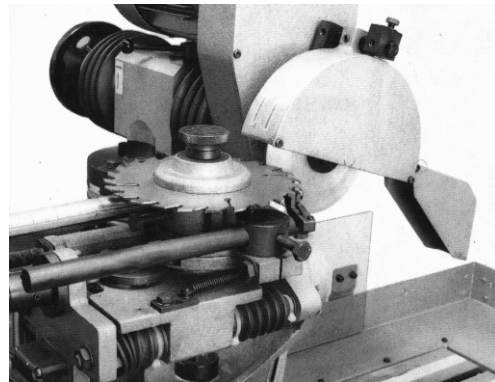
V Sloveniji je zelo znan proizvajalec brusov Comet d.d. iz Zreč, ki je tudi eden večjih evropskih proizvajalcev brusov. Zraven diamantnih brusov proizvajajo še druge vrste brusov za brušenje rezalnega orodja. Katere?

Kot smo že omenili, so stroji za ostrenje rezalnega orodja prilagojeni vrsti rezalnega orodja, lahko pa so tudi univerzalni, ki se lahko uporabijo za različne vrste rezalnega orodja. Pogledjmo nekatere najbolj pogoste primere.



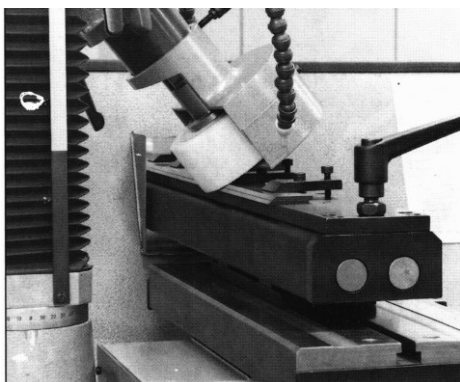
Slika 17: Ostrenje rezalnega orodja

Vir: Katalog Stehle, 1993, 175



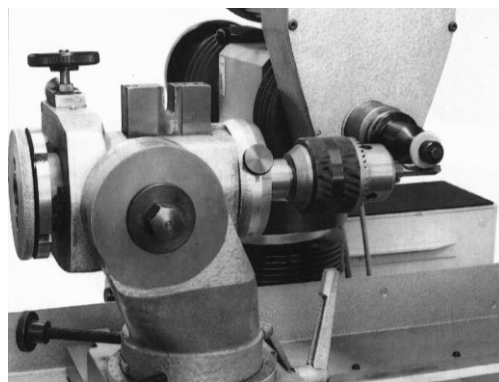
Slika 18: Ostrenje krožnih žag

Vir: Katalog Stehle, 1993, 176



Slika 19: Ostrenje skobeljnih nožev

Vir: Katalog Stehle, 1993, 178



Slika 20: Ostrenje svedrov

Vir: Katalog Stehle, 1993, 175



PONOVIMO

1. Zakaj je pomembno, da poznamo sile pri odrezovanju lesa?
2. Od česa je odvisna sila odrezovanja lesa?
3. Zakaj pride do otopitve rezalnega orodja?
4. Kaj boš upošteval pri izbiri brusne plošče, če boš brusil orodje iz karbidne trdine (HM)?
5. Na kaj moraš paziti pri brušenju rezalnega orodja?

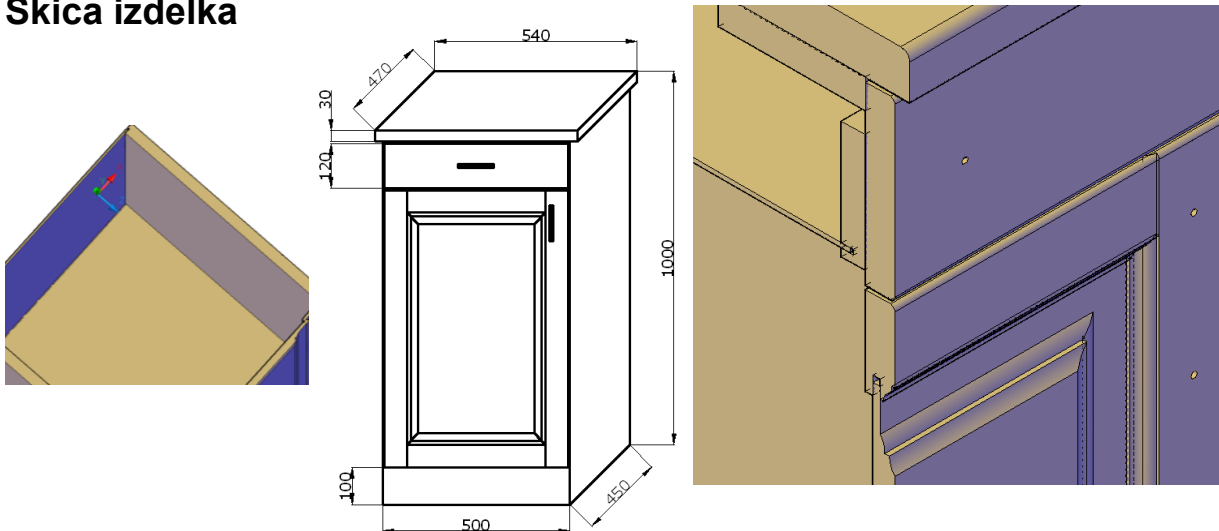


IZDELAVA NIZKE OMARICE

Za učno situacijo bomo izbrali izdelavo nizke omarice, in sicer iz naslednjih razlogov:

- možnost obdelave različnih materialov (masivni les, furnirana iverna plošča, vlaknena plošča),
- omarica je manjših dimenzij, zato je izdelava lažja,
- lahko bomo spoznali večino osnovnih lesnoobdelovalnih strojev,
- spoznali bomo tudi nekatera okovja (vodila predalov, šarnirje, ročaje).

Skica izdelka



Slika 21: Skica izdelka (nizka omarica)



KROJENJE LESA

Preden se lotimo izdelave mizarskega izdelka, potrebujemo načrt ali vsaj skico načrtovanega izdelka. Za enostavnejše izdelke zadostuje skica, za bolj kompleksne izdelke pa potrebujemo načrt ali celo kosovnice, ki jih naredimo za serijsko proizvodnjo. Pri drugih moduli smo te načrte že spoznali, zato osvežimo pridobljeno znanje.



Vaja

Opiši naslednje dokumente tehnične dokumentacije:

Skica:

Sestavni načrt oz. načrt izdelka:

Kosovnice:

Poz.	Sestavni del	Vrsta materiala
1	Plošča	iverna plošča 30 mm+furnir jelše+masivni nalepek jelše I. kvalitete
2	Stranici, strop, dno, podnožje	iverna plošča 18 mm+furnir jelše
3	Obod predala	beli iveral 16 mm
4	Ličnica predala	jelša I. kvalitete
5	Dno predala, hrbtišče	lesomal 3 mm
6	Vrata	jelša I. kvalitete
7	Vodilo predala	delni izvlek, klasično
8	Ročaj	krom 96 mm
9	Odmična spona	ravna 110°

Tabela 3: Določitev vrste materialov

Krojenje je prva in zelo pomembna faza obdelave lesa. Sem sodi:

- določitev vrste lesa, plošč, furnirjev in drugih materialov,
- določitev kakovostnih razredov materialov,
- izdelava krojnega lista razžaganja lesa in krojnega načrta razžaganja plošč.

2. Krojni list in krojni načrt

Krojni list je potreben za krojenje masivnega lesa. Pomaga nam, da masivni les racionalno razžagamo in pridobimo informacijo, koliko lesa potrebujemo za izdelavo izdelka.

Kaj bi se zgodilo, če bi se lotili razžaganja lesa ali plošč brez vsakršnega načrta?

Jelšev les, ki ga potrebujemo pri izdelavi nizke omarice, mora biti suh (od 8 % do 10 %), brez napak (izpadajočih grč, razpok) in mora imeti lepo vzorčasto teksturo. Odločimo se za debelino 25 mm.

KROJNI LIST: jelša 25mm

Poz.	Naziv	Obdelane dimenzije (mm)			Neobdelane dimenzije (mm)			Kos
		Dolžina	Širina	Debelina	Dolžina	Širina	Debelina	
1	Pokončnik vrat	744	60	20	780	67	25	2
2	Prečnik vrat	400	60	20	430	67	25	2
3	Lamele polnila vrat	640	65	15	670	72	25	6
4	Nalepek plošče vzd.	548	14	30	580	21	40	1
5	Nalepek plošče preč.	465	14	30	500	21	40	2
6	Lamele ličnice predala	496	60	20	530	67	25	2
7								
Skupaj bruto m3:		0,010						

Tabela 4: Krojni list za razžaganje masivnega lesa

Podobno kot krojni list za masivni les se krojni načrt uporablja za racionalno krojenje lesnih plošč. Za izdelavo naše nizke omarice potrebujemo iverno ploščo (18 mm in 30 mm), lesomal in beli iveral. Izdelati bi torej morali tri krojne načrte. Vendar je potrebno opozoriti, da krojne načrte izdelujemo predvsem takrat, ko izdelujemo večjo količino enakih izdelkov.

Če izdelujemo samo en izdelek, je bolje, da naredimo kar seznam elementov, podoben krojnemu listu za masivni les.

Seznam elementov					
Poz.	Naziv	Dolžina (mm)	Širina (mm)	Kos	Površina (m ²)
Iverna plošča 30mm:					
1	Plošča	520	465	1	0,24
			Skupaj:		0,24
Iverna plošča 18mm:					
2	Stranica	980	460	2	0,90
3	Povezovalna letev (strop)	473	110	2	0,10
4	Dno	473	457	1	0,22
5	Podnožna letev	473	110	1	0,05
			Skupaj:		1,27
Iveral beli 18mm:					
6	Slepa ličnica, hrbet predala	401	95	2	0,08
7	Stranica predala	400	95	2	0,08
			Skupaj:		0,15
Lesomal 3mm:					
8	Hrbet omarice	900	586	1	0,53
9	Dno predala	411	385	1	0,16
			Skupaj:		0,69

Tabela 5: Seznam elementov za razrez lesnih plošč

Če bi hoteli izdelati krojni načrt, bi seznamu elementov za lesne plošče dodali še načrt razžagovanja lesnih plošč iz standardiziranega formata lesne plošče. Krojni načrt bo predstavljen pri operaciji razžagovanja plošč na formatnem krožnem žagalnem stroju. Furnir krojimo glede na format iverne plošče, dodamo približno 10 mm nadmere.

Zdaj imamo temelj (skico, krojne liste), na katerem lahko začnemo razžagovati les in lesne plošče.



RAŽAGOVANJE LESA IN LESNIH PLOŠČ

Razžagovanje lesa je prva operacija strojne obdelave lesa. Izbiramo lahko med različnimi žagalnimi stroji:

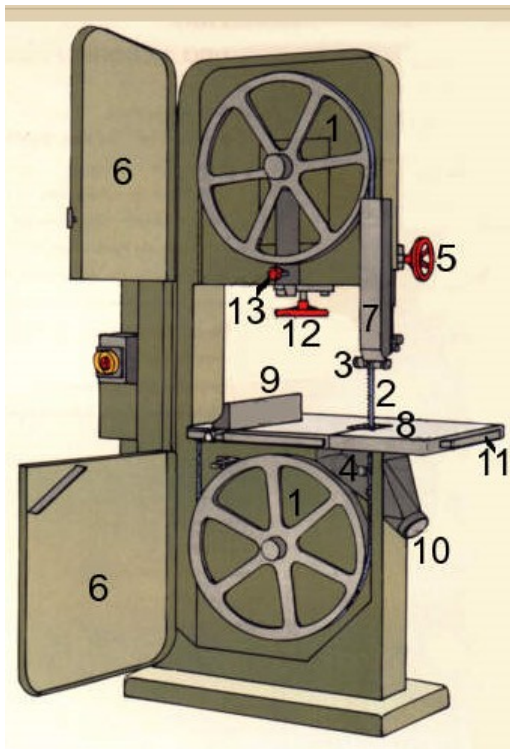
- mizarski tračni žagalni stroji,
- mizni krožni žagalni stroji,
- čelilni krožni žagalni stroji.



Mizarski tračni žagalni stroji

Mizarski tračni žagalni stroji so lahko širokolistni ali ozkolistni. Širokolistne bi lahko uporabili za vzdolžno razžagovanje lesa, medtem ko so ozkolistni primerni za žaganje krivih oblik ali okroglin. Ker na našem izdelku teh ni, si bomo podrobno ogledali krožne žagalne stroje.

V šolski delavnici, na spletu in drugih gradivih kljub temu poišči osnovne informacije o tračnih žagalnih strojih:



Slika 22: Tračni žagalni stroj

Vir: <http://www.schreiner-seiten.de> (20.5.2010)

Varnostne naprave so:

Postopek menjave tračnega žaginega lista in nastavitve stroja za delo:

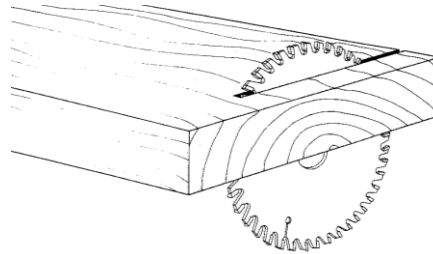
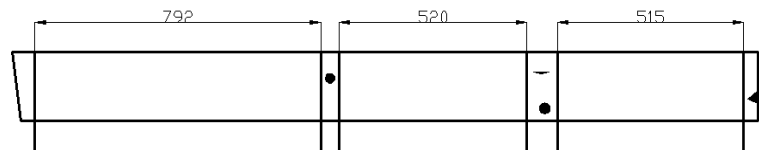
Poimenuj sestavne dele mizarskega tračnega žagalnega stroja:

Tehnologija razžagovanja lesa za nizko omarico bo potekala po vrstnem redu tehnoloških operacij, ki bodo opisane v nadaljevanju.

Čeljenje lesa

Izberemo les debeline 25 mm in ga čelimo na ustrezne dolžine z upoštevanjem nadmer (neobdelane dolžine). Napake, kot so izpadajoče grče, razpoke in barvne nepravilnosti, odstranimo.

Čelilni krožni žagalni stroj ima pravokotni pomik žaginega lista glede na delovno mizo. Pomik je lahko ročni ali hidravlični (pedal). Pri hidravličnem pomiku stopimo na pedal, ki preko hidravličnega prenosa sproži pomik žaginega lista.



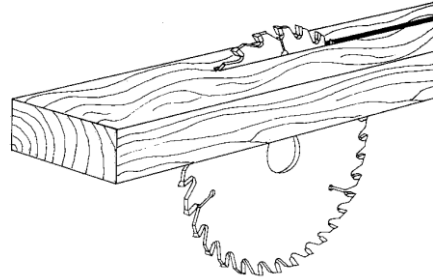
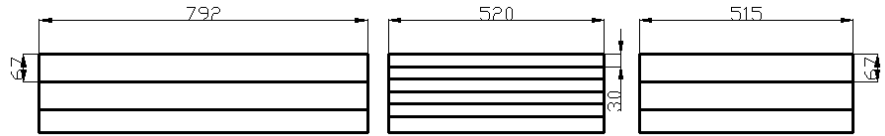
Slika 23: Čelilni krožni žagalni stroj

Napiši navodila za varno delo na čelilnem krožnem žagalnem stroju, ki jih je predstavil učitelj PRA:

Vzdolžni razrez lesa na miznem krožnem žagalnem stroju

Kose lesa, ki smo jih predhodno čelili na čelilnem krožnem žagalnem stroju, zdaj vzdolžno razžagamo, tako da dobimo kose lesa, primerne za skobljanje.

Če žagamo nerobljen les (samice), moramo zarisati ravno črto in najprej odstraniti »lisico«, naslednje reze opravimo ob prslonu. Po širini pustimo nadmero, ki jo odstranimo šele s skobljanjem.



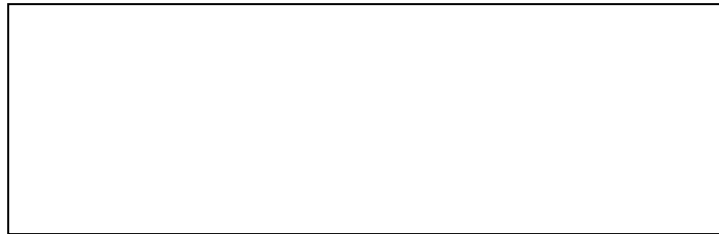
Slika 24: Mizni krožni žagalni stroj

Vir: Katalog Stehle

Opiši sestavne dele in funkcije sestavnih delov miznega krožnega žagalnega stroja:

Ozn.	Ime sestavnega dela	Funkcija
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		

Pri potiskanju ozkih obdelovancev si zaradi varnosti pomagamo s potisno letvijo. Skiciraj potisno letev, ki jo uporabljamo za varno potiskanje obdelovancev:



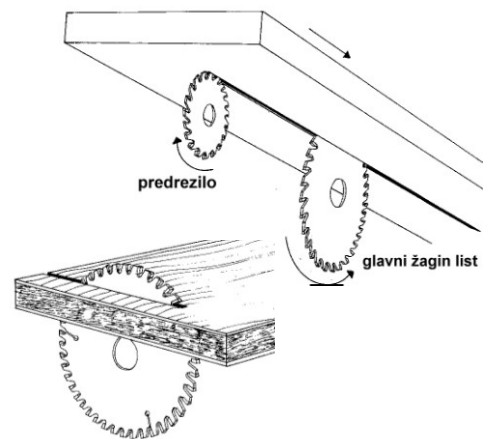
Formatni razrez lesnih plošč

Formatni krožni žagalni stroj je po konstrukciji zelo podoben miznemu krožnemu žagalnemu stroju. Ob strani ima dodano pomično delovno mizo s prislonom.

Formatni krožni žagalni stroj je namenjen predvsem razžaganju lesnih plošč, krojenju lesa na dolžino, poševnemu žaganju lesa.

Razžagujemo lahko tudi obojestransko oplemenitene lesne plošče, saj ima formatni krožni žagalni stroj pred glavnim žaginim listom dodan manjši žagin list, ki služi kot predrezilo. Namen tega predrezila, ki se vrti v nasprotni smeri kot glavni žagin list, je, da furnir ali folijo zareže do male globine in s tem preprečuje trganje oplemenitenega materiala na spodnji strani plošče.

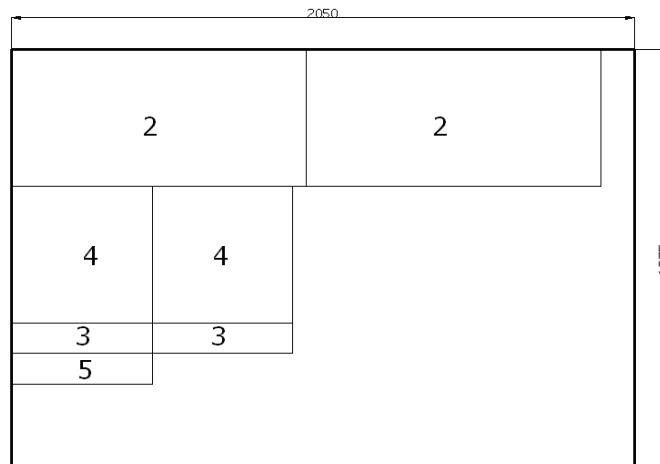
Formatni krožni žagalni stroj ima tudi prslon, ki ga lahko uporabljamo kot klasično mizno krožno žago.



Slika 25: Formatni krožni žagalni stroj

Vir Katalog Stehle

Na formatnem krožnem žagalnem stroju bomo razžagali lesne plošče za nizko omarico. Potrebujemo seznam elementov, ki smo ga izdelali pri poglavju Krojenje lesa in lesnih plošč.



Slika 26: Krojni načrt za razrez iverne plošče na formatnem krožnem žagalnem stroju

Zgornja slika prikazuje načrt razreza iverne plošče debeline 18 mm, ki jo narišemo na osnovi seznama za razrez lesnih plošč. Na enak način razžagamo tudi ostale lesne plošče, ki jih potrebujemo za izdelavo nizke omarice, kot je lesomal in beli iveral za predal.

Krojni načrt nam pomaga, da lesne plošče čim bolj optimalno in racionalno razžagamo. Številke so oznake pozicij v krojni listi (glej tabelo 3).

Pri delu na miznih in formatnih krožnih žagalnih strojih imamo možnost nastavitve žaginega lista po višini in nagibanje pod kotom do 45°. Učitelj vam je gotovo razložil postopek, zato ga na kratko opiši:

Določena pravila veljajo tudi pri nastavljanju žaginega lista, na primer največja dovoljena višina lista nad obdelovancem _____ mm, odmik razpornega klina za žaginim listom _____ mm in nad žaginim listom _____ mm.

Kako je potrebno nastaviti razporni klin, ko žagamo utore ali brazde?

Do zdaj smo po dolžini in širini razžagali **jelšev les** na čelilnem krožnem žagalnem stroju in mizarskem krožnem žagalnem stroju, lesne plošče, ki jih potrebujemo za izdelavo nizke omarice, pa smo razžagali na formatnem krožnem žagalnem stroju. V

nadaljevanju bomo jelšev les skobljali, polnilo zalepili v ploščo in debelinsko poskobljali, vzdolžno in prečno rezkali, izdelali kotno vez in vse skupaj zalepili v okvirno konstrukcijo vrat.

Lesne plošče imajo drugačno obdelovalno pot.

Na iverne plošče bomo zalepili masivne nalepke in vse skupaj izravnali z brušenjem na širokotračnem brusilnem (kontaktnem) stroju.

Medtem bomo pripravili furnir tako, da ga bomo spahnili in širinsko spojili z nitko ali perforiranim lepilnim trakom.

V ogrevani hidravlični stiskalnici bomo furnir zalepili na iverne plošče in počakali, da se plošče ohladijo.

Nato bomo spet potrebovali formatni krožni žagalni stroj, kjer bomo plošče obžagali na končne dimenzije. Pri tem si bomo pomagali s predrezilom, ki bo preprečevalo trganje furnirja na spodnji strani plošč. Robove bomo še zgladili s skobljanjem in rahlo zaokrožili.

Sledilo bo sestavljanje oboda omarice s podnožjem in hrbitščem, sestavljanje oboda predala, nameščanje okovja in vrat. Pred tem bomo morali nekatere sestavne dele površinsko obdelati (pobrusiti in polakirati).

Čaka nas še veliko dela, zato kar pogumno naprej.



SKOBLJANJE LESA

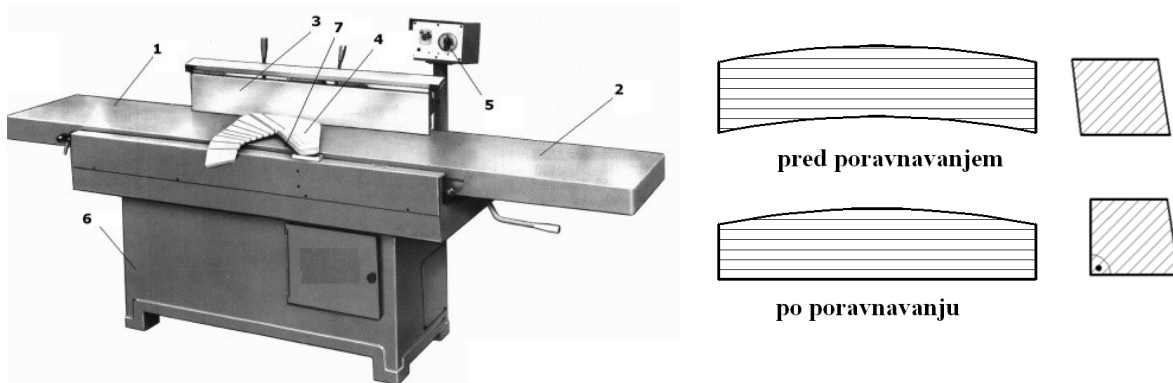
V prejšnjih fazah strojne obdelave smo les skrojili, odstranili napake in ga razžagali v dimenzije z nadmero (neobdelane mere). S skobljanjem bomo nadmere po širini in debelini poskobljali (pustimo še okrog 0,5 mm za brušenje), les poravnali in zgladili. V teoriji odrezovanja smo spoznali, da s strojnim skobljanjem na površini nastane valovita površina v obliki cikloide, ki jo izravnamo šele z brušenjem.

Osnovna lesnoobdelovalna stroja za skobljanje lesa sta:

- poravnalni skobeljni stroj in
- debelinski skobeljni stroj.

Poravnavanje lesa

Poravnavanje lesa izvajamo na **poravnalnem skobeljnem stroju**.



Slika 27: Poravnalni skobeljni stroj

Opiši sestavne dele in funkcije sestavnih delov poravnalnega skobeljnega stroja:

Ozn.	Ime sestavnega dela	Funkcija
1	Odvzemna miza	
2	Sprejemna miza	
3		
4		
5		
6		
7	Skobeljno vreteno	

Pri poravnavanju lesa na poravnalnem skobeljnem stroju moramo paziti na položaj sprejemne in odzemne mize.

Višina sprejemne mize vpliva na debelino odvzema, ki je odvisna od vrste in zmogljivosti stroja.

Odvzemna miza se prav tako nastavlja po višini. Nastavitev višine odzemne mize vpliva na poravnanoost obdelovancev.

Premočno dvignjena odzemna miza nad skobeljnim vretenom povzroča zadevanje obdelovanca ob rob, zato je skobeljanje nemogoče.

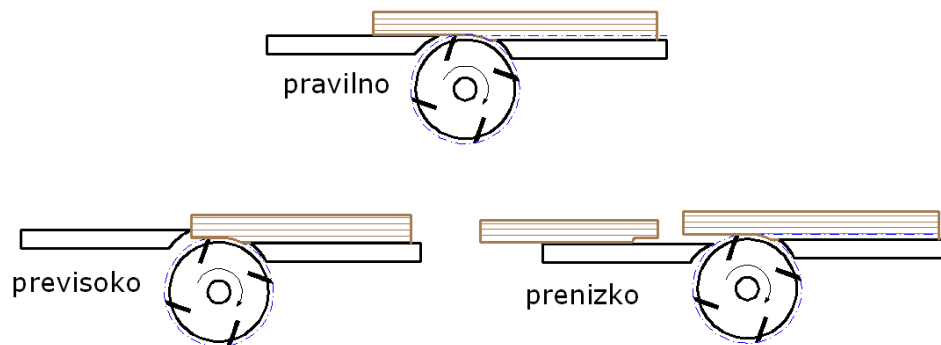
Če je odvzemna miza preveč znižana, to opazimo tako, da nam poravnane kose lesa na koncu nekaj centimetrov preveč stanjša, tako da nastanejo vdolbine, ki jih opazimo pri širinskem spajanju lesa kot reže.

Najbolj primerna nastavitev višine odvzemne mize je za en list oz. **0,1 mm** pod rezilnim krogom skobeljnega vretena. Takrat dobimo popolnoma ravne obdelovance.

Položaj odvzemne mize moramo na novo nastaviti, ko opazimo vdolbine na koncih obdelovancev ali ko les zadeva ob rob mize.

Kako pravilno nastaviti višino odvzemne mize?

Praktično naredimo to tako, da vzamemo raven kos lesa, na katerega na sredini narišemo dve črtici v razmiku 3-5 mm. Kos lesa močno pritismo na odvzemno mizo, prvo črtico poravnamo z robom mize. Z roko zavrtimo skobeljno vreteno za eno rezilo. Višina je pravilno nastavljena, če s tem gibom rezilo pomakne letvico do druge črtice (3-5 mm).



Slika 28: Nastavitev višine odvzemne mize poravnalnega skobeljnega stroja

S pravilnim poravnavanjem lesa skrbimo za varno delo na tem stroju. Nevarnosti, ki prežijo na nas:

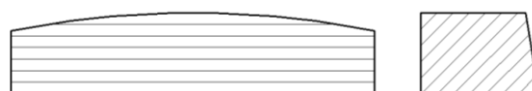
- nevarni so povratni udarci lesa,
- z roko lahko sežemo v območje vrtenja skobeljnega vretena,
- skobeljno vreteno nam lahko zagradi rokav ali lase,
- skobljanci in večji kosi lesa lahko nekontrolirano odletijo proti delavcu,
- skobeljno vreteno se vrti še nekaj časa po tem, ko stroj ugasnemo,
- poravnavamo zelo kratke kose lesa, ki so zraven tega še ozki in tanki,
- pri menjavi nožev se lahko urežemo,
- skobeljni stroji povzročajo velik hrup.

Določili smo nevarnosti, ki se pojavljajo pri poravnavanju lesa. Zapiši zaščitne in varovalne ukrepe pri posamezni točki:

Nevarnost	Zaščitni in varovalni ukrepi
a	
b	
c	
d	
e	
f	
g	
h	

Debelinsko skobljanje lesa

Na poravnalnem skobeljnem stroju smo izravnali spodnjo in stransko ploskev lesa. Dobili smo tudi dve ploskvi, ki sta pravokotni. Ti dve ploskvi služita kot osnova za nadaljnjo skobljanje lesa na debelinskem skobeljnem stroju. Tej operaciji pravimo **debelinjenje lesa**.



pred debelinjenjem



po debelinjenju

Slika 29: Debelinski skobeljni stroj

Na debelinskem skobeljnem stroju poskobljamo pokončnika in prečnika vrat, lamele polnila in ličnice predala ter robne nalepke.

Lamelam, ki jih moramo pred skobljanjem na končno mero zlepiti po širini in še enkrat poskobljati, pustimo nadmero po debelini in širini.

Lamele za širinsko lepljenje polnila smo z mehansko obdelavo pripravili za širinsko spajanje z lepilom. Kose lesa po ploskvah, ki jih bomo lepili, namažemo z lepilom. Les nato stisnemo z mizarskimi sponami ali s posebnimi stiskalnimi mizami. Zagotoviti moramo dvostransko oporo lepljene plošče, da se pri prečnem stiskanju ne izboči. Počakati moramo določen čas, ki ga določi proizvajalec lepila, da se lepilo strdi in nato še približno en dan, da se spoji posušijo, preden lahko nadaljujemo z mehansko obdelavo polnila (debelinjenje na končno mero). Prehitra obdelava povzroči pogreznjene spoje.

Pokončnika in prečnika obdelamo na končno debelinsko in širinsko mero, pustimo le približno 0,5 mm nadmere zaradi brušenja.

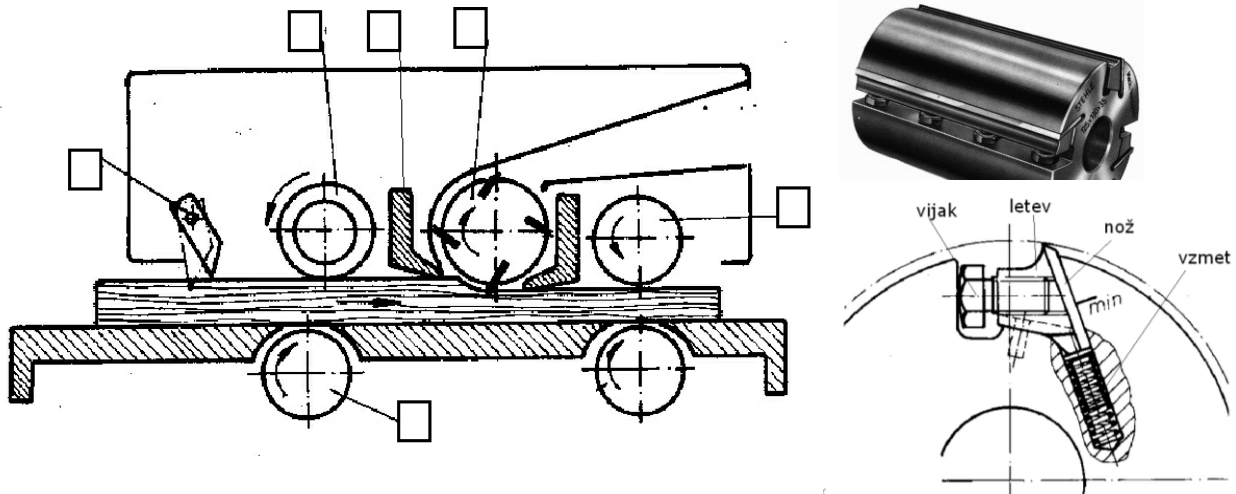
Glede na zapisana navodila v prejšnjem odstavku določi neobdelane dimenzije, ki jih moraš dobiti po debelinskem skobljanju lesa za izdelavo vrat in ličnice predala omarice.

Poz.	Naziv	Obdelane dimenzije (mm)			Neobdelane dimenzije (mm)			Kos
		Dolžina	Širina	Debelina	Dolžina	Širina	Debelina	
1	Pokončnik vrat	780	60	20				2
2	Prečnik vrat	430	60	20				2
3	Lamele polnila vrat	670	65	15				6
4	Nalepek plošče vzd.	580	14	30				1
5	Nalepek plošče preč.	500	14	30				2
6	Lamele ličnice predala	530	60	20				2
7								

Debelinski skobeljni stroj glede varnosti pri delu ni tako nevaren kot poravnalni skobeljni stroj:

- skobeljno vreteno (1) je skrito v ohišju stroja,
- za podajanje skrbijo podajalni valji na vsaki strani vretena (najprej nazobčani (2), nato gladki (3)),
- za pritiskanje obdelovanca na mizo skrbijo pritiski čevlji (4), mizni valji (5) skrbijo za zmanjšanje trenja oz. lažji prehod lesa skozi stroj,
- pred povratnimi udarci nas ščiti varovalni člen (6) (proti povratni klini),
- skobljanci in kosi lesa ne letijo na vse strani.

Na spodnji sliki je prikazan prerez debelinskega skobeljnega stroja. Dopolni sliko tako, da vpišeš številke pri posameznem sestavnem delu, kot jih opisuje zgornji odstavek, npr. pri skobeljnem vretenu vpišeš številko 1.



Slika 30: Prerez debelinskega skobeljnega stroja in skobeljnega vretena

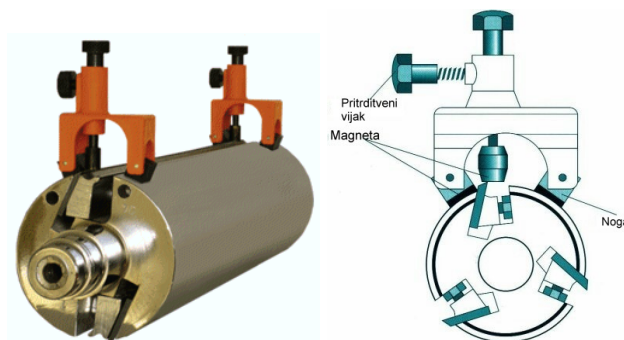
Viri: Likavec A., 1983, 135, Katalog Stehle in Grošelj A., et al., 1999, 41

Skobeljno vreteno pri skobeljnih strojih ima v žlebovih vpete skobeljne nože, ki jih je več.

Noži sčasoma otopijo, kar najprej opazimo, ko na površini ostajajo neposkobljane raze, les se začne trgati ali je površina hrapava. Nože je potrebno vzeti iz glave orodja in jih pobrusiti tako, kot smo že spoznali v prejšnjih poglavjih.

Pritrjevanje nožev v žlebove je lahko različno. Najbolj pogosto se vpnejo z vijaki in s pritisno letvijo kot prikazuje zgornja slika. Ko vijake popustimo, vzmet potisne nož iz vretena, pri vstavljanju vzmet enakomerno potiska nož proti šabloni. Pri vstavljanju moramo paziti, da so vsi noži enakomerno vstavljeni po krožnici (črtkana črta). Vsi skobeljni noži morajo biti enakomerno pobrušeni in imeti enako maso.

Pri tem si pomagamo s posebnimi šablonami, ki jih dobimo ob nakupu stroja.



Slika 31: Šablona za vpenjanje skobeljnih nožev

Vir: www.barke.de (21.5.2010)

Kako nastavljamo debelino odvzema lesa na debelinskem skobeljnem stroju?



ZANIMIVOST

Zraven krožnega odrezovanja pri skobljanju obstaja še en način skobljanja lesa, ki ga je razvilo in patentiralo podjetje Lestroj Ledinek iz Hoč pri Mariboru. Princip in lastnosti tega skobljanja se bistveno razlikujejo od klasičnega načina skobljanja. Ta način ima določene prednosti in tudi pomanjkljivosti. Več si oglej na spletu:

<http://www.ledinek.com/en/index.html> (20.5.2010)



PONOVIMO

1. Kaj je potrebno upoštevati pri krojenju lesa?
2. Opiši krojni list in krojni načrt.
3. Na katerih strojih lahko les prečno in vzdolžno razžagujemo?
4. Čemu pri razžagovanju oplemenitenih ivernih plošč služi predrezilo?
5. Kaj so nadmere in zakaj jih moramo upoštevati pri obdelavi lesa?

12. Zraven klasične oblike nožev, ki smo jo spoznali, skiciraj še druge oblike skobeljnih nožev. Pomagaj si s spletom ali s prospekti proizvajalcev skobeljnih nožev.

13. Kako vemo, da so skobeljni noži topi? Skiciraj in opiši površino lesa, ki nastane pri skobljanju s topimi noži.



REZKANJE LESA

Rezkanje lesa je tehnološka faza strojne obdelave, pri kateri les »polepšamo« z različnimi postopki vzdolžnega profiliranja:

- utorjenje,
- brazdanje,
- posnemanje robov,
- vzdolžno profiliranje, izdelava širinskih vezi,
- obploščevanje.

S prečnim rezkanjem izdelujemo konstrukcijske vezi, ki jih potrebujemo za okvirno ali obodno spajanje lesa.

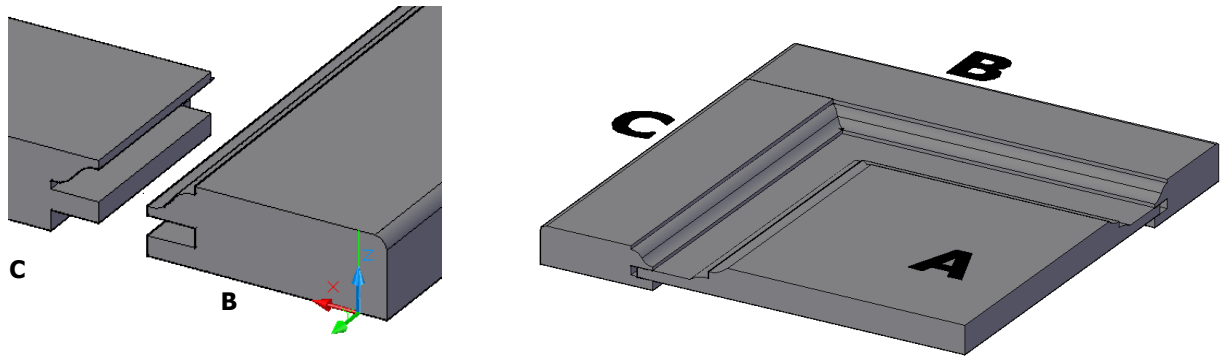
Poznamo tudi rezkanje površine lesa, kjer na površino rezkamo različne okrasne utore ali brazde.

Za rezkanje lesa na osnovnih mizarskih strojih mora biti les predhodno pravilno zlepljen in poskobljan, kot smo že spoznali v prejšnjih poglavjih. Seveda pa lahko rezkamo tudi nezlepljen les.

Osnovni vrsti rezkalnih strojev:

- mizni rezkalni stroj,
- nadmizni rezkalni stroj.

Rezkalni stroji so zelo nevarni, ker se orodje vrti z velikimi rezilnimi hitrostmi. Poškodbe zaradi nepravilnega dela na miznih rezkalnih strojih so dokaj pogoste in izjemno hude.



- A – polnilo vrat
- B – vzdolžnik okvirja vrat
- C – prečnik okvirja vrat

Slika 32: Elementi okvirja in polnila vrat

Mizni rezkalni stroj

Na miznem rezkalnem stroju bomo izdelali vrata nizke omarice. V prejšnjih fazah strojne obdelave lesa smo razžagani les poskobljali in ga pripravili za obdelavo na miznem rezkalnem stroju, kjer bomo izdelali profile, ki jih prikazuje zgornja slika.

Najprej bomo pokončnike in prečnike vzdolžno profilirani kot prikazuje slika B. Prečnike (slika C) bomo nato še rezkali v prečni smeri in izdelali nasprotni profil, ki se ujema z vzdolžnim. Pri prečnem rezkanju lahko nastanejo težave, ker rezkalna glava pri prehodu lesa v prečni smeri trga vzdolžno usmerjena lesna vlakna. Kako preprečimo, da se to ne zgodi?

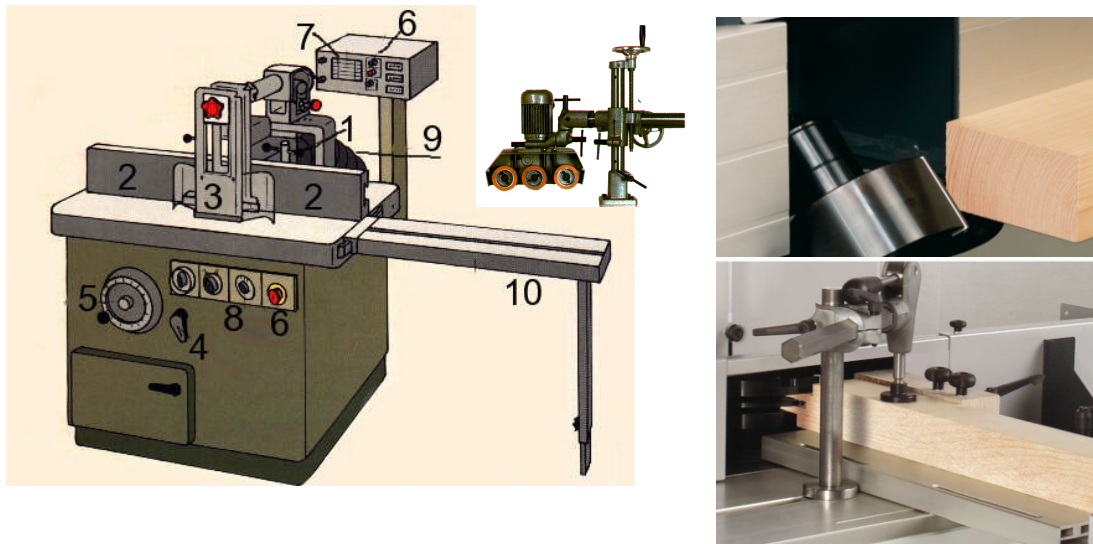
Nato bomo sestavili in zalepili okvir vrat.

Pred dokončnim lepljenjem okvirja je potrebno še obploščiti polnilo (slika A). Polnilo pred vstavljanjem v okvir dokončno pobrusimo in celo polakiramo s temeljnim lakom, šele nato sestavimo vrata omarice v okvir. To je še posebej pomembno, ko vrata lužimo in spremenimo barvo naravnega lesa. Zakaj je to potrebno, ti bo razložil učitelj, ti pa zapiši povzetek:

Polnilo mora biti ožje in krajše od notranje mere okvirja v utoru. Zakaj in koliko?

Polnilo se lahko razteza in krči v okvirju (les deluje pri spremembi klime), zato ga ne smemo zalepiti v okvir vrat. Lahko ga zalepimo samo točkovno na sredini, zgoraj in spodaj, da ne ropota.

V nizki omarici imamo še en sestavni del, ki je izdelan iz masivnega lesa, to je vidna ličnica predala. Obdelava na rezkalnem stroju za ta kos je bolj enostavna, ker samo zaokrožimo zunanje robove, kar lahko naredimo tudi z ročnim rezkalnim strojem. S tem strojem lahko zaokrožimo ali posnamemo tudi zunanje robove vrat.



Slika 33: Mizni rezkalni stroj in primera obdelave lesa

Vira: <http://www.holz-wurm-page.de> (20.5.2010) in <http://www.felder.at> (20.5.2010)

Napiši sestavne dele miznega rezkalnega stroja in funkcijo sestavnega dela:

Ozn.	Ime sestavnega dela	Funkcija
1	Varovalni pokrov	
2		
3		
4	Blokada delovnega vretena	
5		
6	Stikala za nastavitev števila vrtljajev	
7	Prikazovalec števila vrtljajev	
8	Varnostno stikalo	

9		
10		

Podajanje obdelovanca je lahko ročno ali z mehanskim podajalnikom.

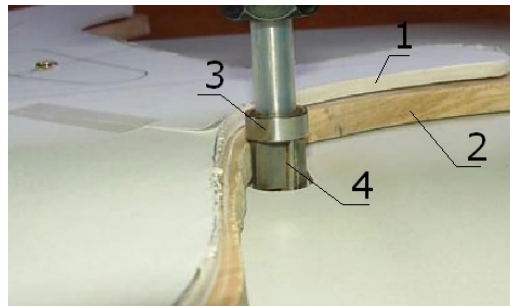
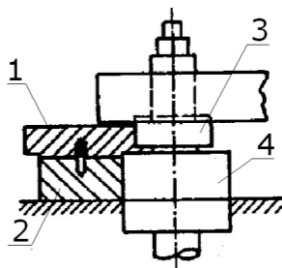
Zgornji sliki prikazujeta dva značilna primera strojne obdelave lesa na miznem rezkalnem stroju, to sta **vzdolžno profiliranje** in **prečno čepljenje**.

Na miznem rezkalnem stroju lahko zraven vzdolžnih in prečnih profilov vrat omarice izrežemo tudi brazdo na zadnjem delu stranice omarice, kamor se pritrdi hrbtišče.

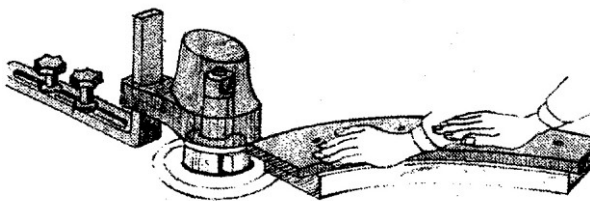
Na tem stroju je mogoče les obdelovati še na druge načine in s številnimi oblikami profilnih rezkalnih glav. Poglejmo značilne vrste rezkanj lesa, ki jih omogoča ta stroj:

- krivuljno rezkanje (kopiranje oblike),
- rezkanje v polno.

Pri krivuljnem rezkanju odstranimo klasično zaščito delovnega vretena in vodila ter namestimo zaščito za krivuljno rezkanje. Pod rezkalnim orodjem ali nad njim v rezkalni trn vpneemo vodilni ležaj, po katerem vodimo šablono, na katero je vpet obdelovanec.

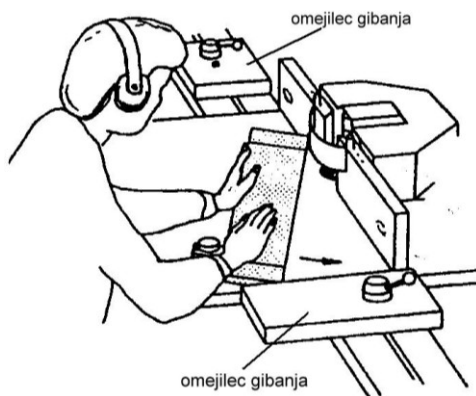


- | |
|---------------------|
| 1 – šablona |
| 2 – obdelovanec |
| 3 – vodilni ležaj |
| 4 – rezkalno orodje |



Slika 34: Krivuljno rezkanje
Vira: Grošelj A., et al., 1999, 132

Rezkanje v polno je vzdolžno ali prečno rezkanje, ki se ne izvaja po celem obdelovancu. Začne in konča se pred začetkom in koncem obdelovanca. To rezkanje je precej nevarno, in sicer v primeru, ko si ne naredimo posebnih zaustavljal, ob katere naslonimo obdelovanec, da ga nekontrolirano ne vrže nazaj, ko pride v stik z vrtečim se orodjem ter ga ne potegnemo dlje, kot nameravamo rezkati.



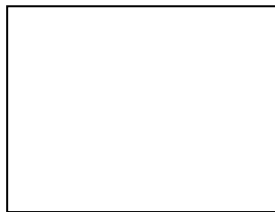
Slika 35: Rezkanje v polno

Vir: Grošelj A., et al., 1999, 126

Delovno vreteno se lahko nagiba pod kotom. Vrtljaji delovnega vretena se pri novejših strojih nastavljajo brezstopenjsko do 12.000/min.

Orodja se vrtijo z veliko hitrostjo, zato moramo paziti pri izbiri rezalnih orodij. Kaj je potrebno pri tem upoštevati v zvezi z varnostjo pri delu?

Nariši skico brazde in utora:



Nadmizni rezkalni stroj

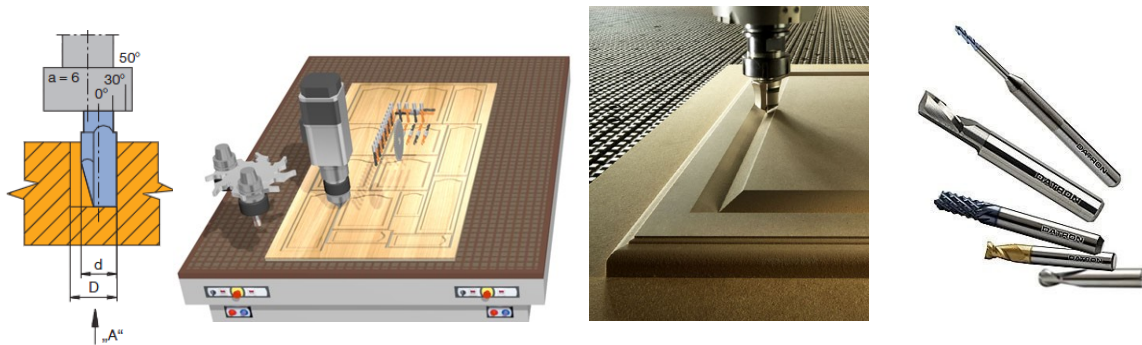
Na nadmiznem rezkalnem stroju lahko ravno, še pogosteje pa krivuljno, rezkamo robove ali površine plošč.

Rezkalna orodja so drugačna kot pri miznih rezkalnih strojih, saj so bolj podobna svedrom. Vrtilne hitrosti so izredno visoke, do 28.000/min. Zaradi tega imajo orodja majhne premere, odrez pa je zelo gladek.

Klasične nadmizne rezkalne stroje so v celoti nadomestili CNC-obdelovalni centri, ki posnemajo princip dela starejših predhodnikov, zato jih lahko počasi opustimo.

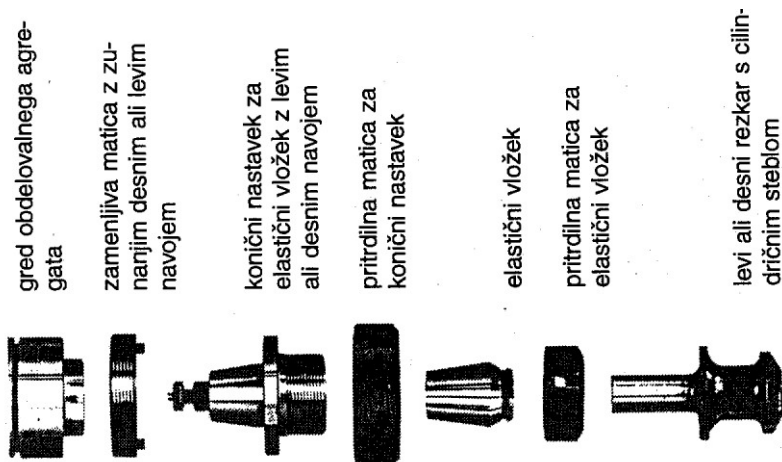


Slika 36: Nadmizni rezkalni stroj in sodobni CNC-nadmizni obdelovalni center



Slika 37: Delovanje nadmiznega rezkalnega stroja in vrste orodja za nadmizno rezkanje lesa

Vir: Katalog Leitz



Slika 38: Vpenjanje rezkalnega orodja

Vir: Kovačič et al., 1999, 142

Rezkanje lesa je zadnja faza pred brušenjem. Do zdaj smo izdelali vrata in ličnico predala za nizko omarico.

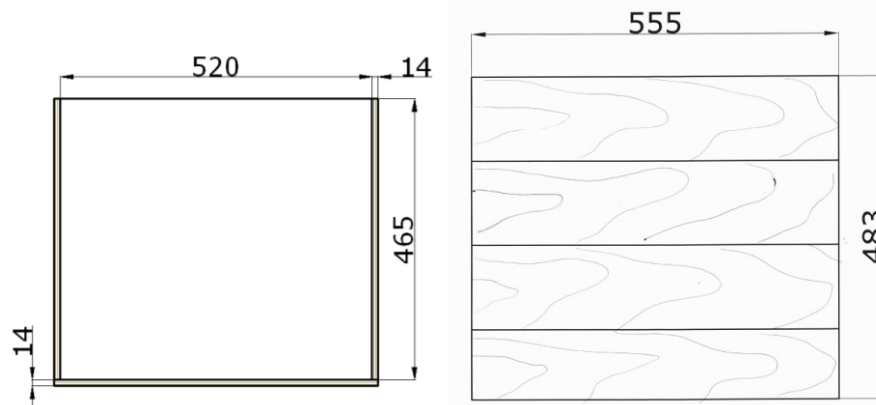


OPLEMENITENJE LESNIH PLOŠČ

Lotili se bomo izdelave oboda omarice, predala in zgornje plošče. Nekje na začetku smo plošče na formatnem krožnem žagalnem stroju razžagali v ustrezne formate z nadmerami. Pripravili smo že tudi masivne robne nalepke za ploščo. Te nalepke lahko s pomočjo mizarskih spon nalepimo na vzdolžni rob in prečna robova debelejšje iverne plošče.

Priprava furnirja

Jelšev furnir dobimo v obliki veza. Furnirske liste moramo spojiti po širini, jih skrojiti glede na formate ivernih plošč, dodamo približno 10 mm nadmere. Za zgornjo ploščo torej potrebujemo furnir formata 555 mm dolžine in 483 mm širine.



Slika 39: Robni nalepki in format furnirja za ploščo

Na enak način izračunamo še formate furnirja za ostale plošče, ki jih moramo furnirati. Iverno ploščo z nalepki moramo pred furniranjem izravnati (kalibrirati). To najlažje naredimo na širokotračnem brusilnem stroju ali valjčnem brusilnem stroju. Prvega bomo spoznali pri tehnološki operaciji brušenja lesa.

Namig

Plošče, ki nimajo masivnih nalepkov, lahko furniramo v večjem formatu, npr. obe stranici skupaj, ju razžagamo in nalepimo tanke robne trakove. To je potrebno upoštevati že na začetku, pri razžagovanju surovih ivernih plošč. Potreben je premislek, na kakšen način dobimo večji izkoristek lesnih plošč in furnirjev. Pri izdelavi kvalitetnih mizarskih izdelkov bolj kot na izkoristek pazimo na estetski videz. Pri izdelavi ličnic predalnika, ki sta ena nad drugo, ju furniramo skupaj in nato razžagamo. Na ta način se tekstura furnirja lepo preliva po celotni višini predalnika.

Že na začetku smo se odločili, da bomo furnirali vsako ploščo posebej. Napiši formate furnirja še za ostale plošče omarice:

Element	Dimenzije iver. plošč		Dimenzije furnirja	
	dolžina (mm)	širina (mm)	dolžina (mm)	širina (mm)
Stranica	980	460		
Povezovalna letev (strop)	473	110		
Dno	473	457		
Podnožna letev	473	110		

Furnir bomo spajali po širini s šivalnim strojem in talilno nitko, če tega nimamo, pa s perforiranim lepilnim trakom. Furnir se lahko spaja tudi s topim spahom, podobno kot masivni les. Preden začnemo furnir spajati, moramo spoje poravnati (spahniti). Obstajajo posebni stroji za spahovanje furnirja. Cel paket vpnemo v stroj. Nato sledi spahovanje furnirja, ki lahko poteka na dva načina:

- v vzdolžni smeri se pomakne rezkalni agregat, ki z enim hodom poravna vse furnirske liste; ta stroj se imenuje paketni rezkalni stroj,
- na paketnih škarjah, kjer dolgo rezilo obreže cel paket v dveh hodih (grobi in fini rez).

Namig

Manjše količine furnirja, ali v primeru, ko nimamo rezkalnega stroja ali škarij za poravnavanje, lahko paket furnirja poravnamo na poravnalnem skobeljnem stroju. Furnirske liste trdno vpnemo med dva kosa lesa, nato pa ju poravnavamo skupaj s furnirskimi listi.



Slika 40: Paketni rezkalni stroj, paketne škarje in stroj za spajanje furnirja (z leve)

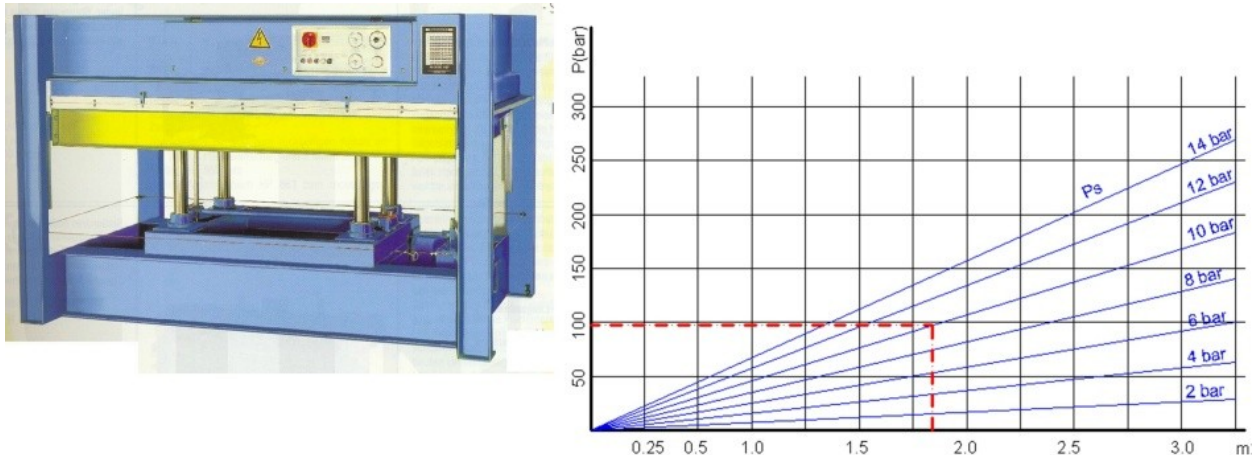
Vir: Samstag K. e tal., 1993, 100

Stiskanje plošč v hidravlični stiskalnici

Za ploskovno lepljenje furnirja se najpogosteje uporablja urea-formaldehidno lepilo, ki se pripravi po navodilih proizvajalca.

Lepilo z valjčkom nanesemo na plošče in jih obojestransko obložimo s furnirjem. Tako obložene plošče vstavimo v ogreto hidravlično stiskalnico.

Čas stiskanja določimo tako, da času utrjevanja lepila pri določeni temperaturi (predpiše ga proizvajalec lepila), prištejemo 1 min/mm debeline obloge.



Slika 41: Hidravlična stiskalnica in diagram delovnega tlaka

Vir: Samstag K. et al., 1993, 99

Pri **ploskovnem lepljenju** v hidravlični stiskalnici moramo določiti **delovni tlak** (tlak olja) stiskalnice. V ta namen se na ogrodju stiskalnice nahaja diagram, na katerem s pomočjo izračunane površine lepilnih ploskev in specifičnega tlaka (glej navodila proizvajalca lepila), določimo ustrezen delovni tlak. Delovni tlak nastavimo s premičnim stikalom z avtomatskim izklopom na manometru.

Primer izračuna delovnega tlaka stiskalnice:

- površina stiskanja = 1.7 m^2 (iverne plošče 18 mm), specifični tlak $P_s = 10 \text{ bar}$,
- tlak stiskalnice odčitana iz diagrama je **100 bar**.

Primer izračuna časa stiskanja:

- čas utrjevanja UF-lepila pri temperaturi 120°C je 6 minut,
- debelina furnirja je 0,6 mm.

Čas stiskanja = 6 min + 1 min = **7 min**

Po pretečenem času stiskanja obdelovance vzamemo iz stiskalnice. Pri tem je potrebno paziti, da ne pride do opeklin ali da se ne porežemo na ostrih robovih furnirja, ki gleda preko robov. Delavec se lahko ureže na kot steklo trdem lepilu, obstaja tudi nevarnost poškodbe rok pri stiskanju.

Plošče so vroče, zato jih moramo ohladiti. Med ohlajanjem lahko pride do zvijanja furniranih plošč, če ne upoštevamo nekaterih pravil.

Katerih?



Pri modulu Materiali v lesarstvu smo že spoznali, ali pa še bomo, pravila oblikovanja vezanih plošč, ki jih moramo upoštevati pri ploskovnem lepljenju, npr. furnirskih plošč, oplemenitenje plošč s furniranjem. Zapiši jih!

Po končanem kondicioniranju furniranih plošč le-te razžagamo v končne formate na formatnem krožnem žagalnem stroju.

Robove ivernih plošč, ki nimajo masivnih nalepkov, npr. stranice, obod predalov, dno in povezovalne letve, je potrebno oblepiti s tankimi robnimi trakovi. To lahko naredimo ročno z ročnimi strojčki, likalnikom (trak ima že naneseo talilno lepilo) ali s profesionalnimi stroji za robno lepljenje. Takšni stroji zraven tankih listov furnirja omogočajo lepljenje debelejših robnih nalepkov in ABS-trakov.

Kaj so ABS-trakovi?



Slika 42: Strojno oblepljanje robov lesnih plošč

Sledi glajenje in obdelava robov (zaokrožitve). Na ta način so plošče pripravljene za zadnjo fazo strojne obdelave lesa, ki se imenuje brušenje.



PONOVIMO

1. Zapiši varnostne ukrepe pri rezkanju lesa na miznem rezkalnem stroju.
2. Skiciraj nekaj profilov, ki jih lahko rezkamo na miznem rezkalnem stroju.
3. Kaj pomeni pojem »rezkanje v polno«?
4. Opiši orodja, ki jih potrebujemo pri nadmiznem rezkalnem stroju.



BRUŠENJE LESA

Brušenje lesa sodi k poglavju Površinska obdelava lesa. V tej fazi se mora površina lesa kvalitetno pripraviti za lakiranje oz. končno zaščito z voski ali drugimi premaznimi sredstvi.

Slabega brušenja se ne da več popraviti z lakiranjem, zato velja pravilo: *Slabo brušeno – slabo polakirano.*

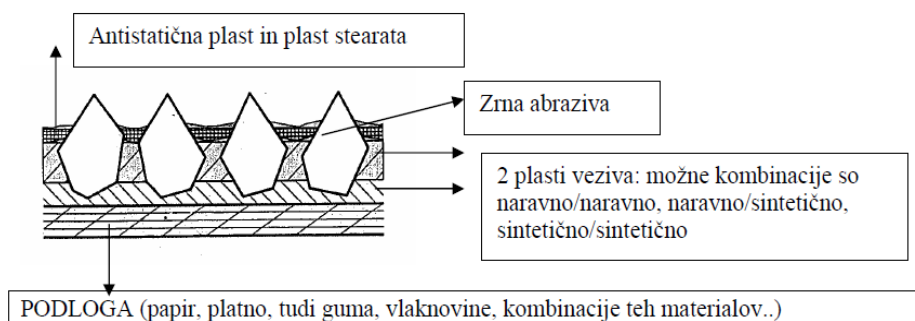
Čeprav se večji del brušenja lesa lahko opravi strojno, je veliko tudi ročnega brušenja. Pri izdelavi vrat omarice bomo polnila brusili ročno. Obstajajo stroji za brušenje profilov, ki se uporabljajo v serijskih proizvodnjah.

Osnovni stroji za brušenje lesa so:

- horizontalni tračni brusilni stroj,
- širokotračni brusilni stroj (kontaktni brusilni stroj) in
- robni brusilni stroji.

Za brušenje lesa uporabljamo tako imenovana fleksibilna ali gibka brusilna sredstva, ki jim rečemo kar brusni trakovi. Brusni trakovi so sestavljeni iz podlage (papir, platno), veziva in brusnih zrn. Ali to že poznamo?

Sestava je podobna kot pri brusih za brušenje rezalnega orodja, tudi brusna zrnca so iz podobnih materialov.



Slika 43: Sestava brusnega traku

Vir: Petrič M., <http://les.bf.uni-lj.si> (22.6.2010)

Brusni trakovi se med sabo ločijo glede na granulacijo, ki je napisana na papirjih s številkami od P40 do P1200.

Kaj pomenijo te številke? Poišči informacije.

Horizontalni tračni brusilni stroj se uporablja za ploskovna brušenja plošč. Pri nekaterih modelih se valji lahko nagnejo navzdol, tako da iz horizontalnega dobimo vertikalni brusilni stroj, na katerem lahko brusimo robove in tudi krivine. Na klasičnih horizontalnih tračnih brusilnih strojih brusimo robove tako, da dvignemo zgornji zaščitni pokrov brusilnega traku.



Slika 44: Horizontalni tračni brusilni stroj

Vir: Samstag K. et al., 1993, 80

Na horizontalnem tračnem brusilnem stroju bomo brusili furnirane in obžagane iverne plošče. Višino nastavimo z dviganjem brusilne mize, tako da je trak nekaj milimetrov nad površino plošče.

Klado z ročico pritiskamo na ploščo, z drugo roko pa pomikamo mizo v prečni smeri. Pri tem potrebujemo nekaj rutine, saj lahko pri premočnem pritiskanju kladice tanek furnir prebrusimo, še posebej se to hitro zgodi na robovih.

Neskončni brusilni trak je vpet med pogonskim in gnanim valjem, ki sta v ohišju. Zgornji del traku je v zaščitnem ohišju, tako da pridemo v stik z brusilnim trakom samo v spodnjem delu.

Poskobljani masivni les začnemo brusiti z granulacijo brusnega papirja okrog P80 in počasi stopnjujemo do granulacije P180.

Furnirane iverne plošče začnemo brusiti z bolj finim papirjem granulacije: _____

V zvezi z varnostjo pri delu moramo omeniti še, da moramo paziti na to, da ne pridemo z roko v stik s prostim delom traku in ne pritismo kladice s hitrim gibom, ker nas ročica lahko udari ali odbije obdelovanec.

Pri brušenju lesa nastaja zelo fini prah, ki ga vdihavamo, ta pa škoduje dihalom in očem. Da se zaščitimo pred prahom, moramo nositi zaščitno masko in očala.

Zmogljivejši stroj za ploskovna brušenja je **širokotračni ali kontaktni brusilni stroj**. Pri delovanju nekoliko spominja na debelinski skobeljni stroj, le da ima namesto skobeljne glave vpete široke trakove, ki enakomerno pobrusijo površino plošče.

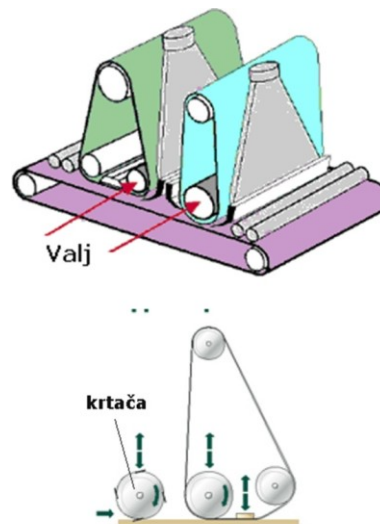
Trakovi so napeti preko valjev. Po navadi je vpetih več trakov, eden za drugim. Finost trakov narašča. Prvi ima npr. granulacijo P100, drugi P120. Nekateri imajo dodan še krtačni agregat, ki po brušenju očisti prah s površine.

Trakovi se zraven premočrtnega gibanja preko valjev rahlo gibljejo tudi v prečni smeri (oscilirajo). Zakaj?

Plošča omarice je izdelana iz iverne plošče in masivnih nalepkov. Pred furniranjem moramo iverno ploščo in nalepek pobrusiti na enako debelino. To lahko naredimo s širokotračnim brusilnim strojem ali z valjčnim brusilnim strojem.

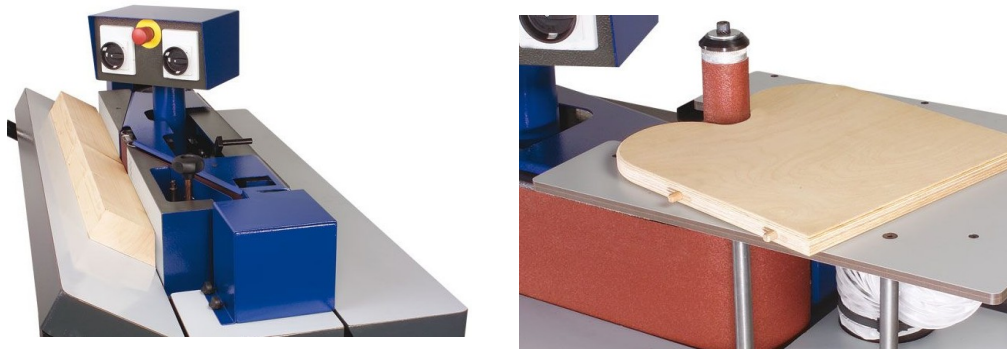
Vaja

Na sliki 22 sta označena dva sestavna dela stroja (valj in krtača), dopiši še imena ostalih sestavnih delov.



Slika 45: Širokotračni brusilni stroj

Brušenje robov in krivin si zasluži posebno pozornost, saj zraven ročnega brušenja robov obstajajo tudi robni brusilni stroji, ki nam zelo olajšajo delo. Uporabljajo se valjčni brusilni stroji. Valji imajo različne premere.



Slika 46: Robna brusilna stroja
 Vir: <http://www.felder.at> (12.5.2010)



IZDELAVA KONSTRUKCIJSKIH VEZI

Do zdaj smo izdelali in pobrusili sestavne dele omarice. Čas je, da omarico sestavimo v izdelek. Konstruktivske vezi bi lahko izdelali že pred brušenjem, ker lahko pri vrtnanju in rezkanju lukenj rahlo poškodujemo površino lesa. Recimo, da les grobo zbrusimo pred izdelavo konstrukcijskih vezi, površino pa fino zbrusimo (P180, za lakiranje) šele po izdelavi konstrukcijskih vezi.

S kakšnimi vezmi bomo spojili obod predala in obod omarice? Na razpolago imamo več načinov, s katerimi izdelamo nerazstavljive ali razstavljive vezi:

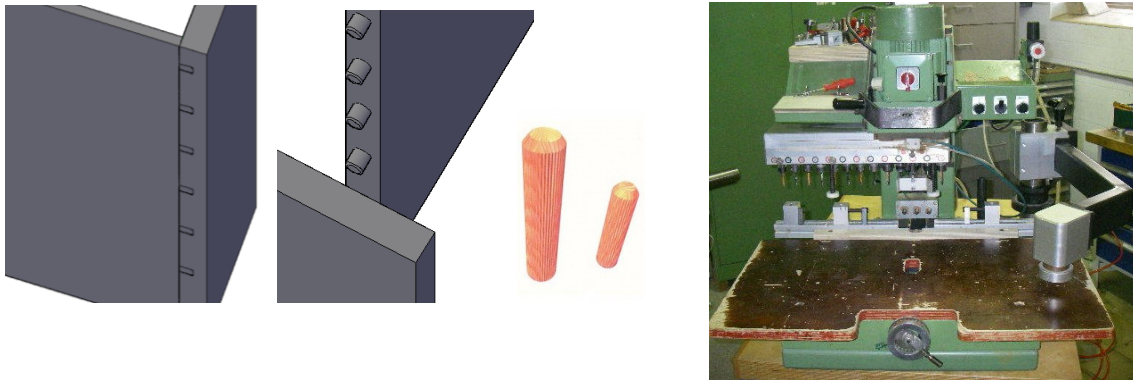
- z vijaki,
- z ekscentričnimi spojkami in steznimi vijaki (razstavljiva vez),
- z mozniki,
- z lečastimi peresi,
- z obodno peresno vezjo (masivni les),
- z rogeljno vezjo (masivni les).

Z vijaki je najbolj enostavno, vendar so vidni in zato kvarijo estetski videz. Ekscentrična zagostitev omogoča razstavljanje obodov, vendar zahteva dobro strojno opremo, ker morajo biti izvrtine zelo natančno izdelane.

Ostanejo nam še mozniki in lečasta peresa. Za spajanje z mozniki potrebujemo vrtalne stroje, s katerimi izvrtamo luknje za moznike. Luknje morajo biti zelo natančno izvrtane, ker ni možnosti prilagajanja kosov. Obstajajo posebni stroji, ki izvrtajo več lukenj naenkrat (stroji za mozničenje), zato je ta način lahko hitrejši v primeru, ko vrtamo več enakih izdelkov.

Tudi novejši CNC-stroji so primerni za vrtnanje lukenj za moznike, ker so zelo prilagodljivi in vrtajo več lukenj z enim pomikom.

Pri vrtanju lukenj z večvretenskimi vrtalnimi stroji je raster lukenj 32 mm. To pomeni, da so luknje med sabo razmaknjene 32, 64, 96 ali 128 mm. Kakšne so težave, če se lotiš vrtanja lukenj z ročnim vrtalnim strojem? Kako bi si lahko prilagodil ročni vrtalni stroj za vrtanje lukenj za mozničke?

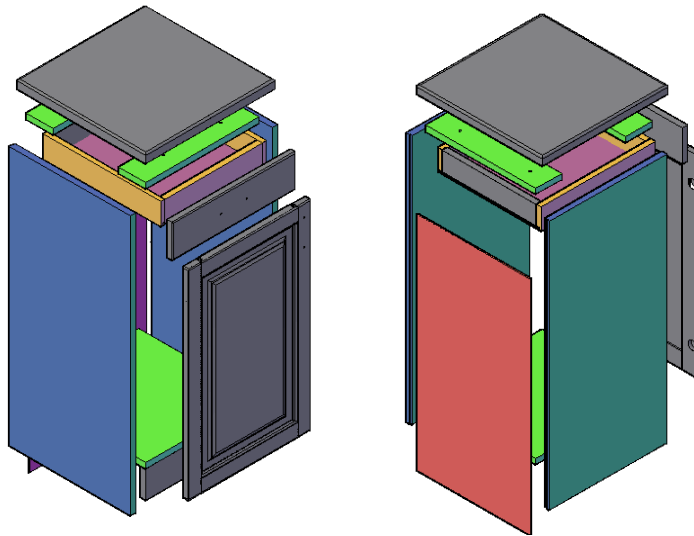


Slika 47: Mozničenje z večvretenskimi vrtalnimi stroji

Za manjšo serijo ali celo samo en izdelek so primerna lečasta peresa, ki omogočajo manjša prilagajanja v prečni smeri.



Slika 48: Vez z lečastimi peresi



Slika 49: Montažni načrt omarice

Luknje za mozničke namažemo z montažnim lepilom in omarico sestavimo po montažnem načrtu. Stiskanje korpusov izvedemo s pomočjo mizarskih spon ali korpusnih stiskalnic. Pri tem moramo paziti na pravokotnost obodov, saj lahko imamo kasneje velike težave s prileganjem sestavnih delov.

Hrbtišče z vijaki pritrdimo v brazdo stranic.

Ploščo s spodnje strani pritrdimo z vijaki skozi povezovalni letvi.

Vgradimo in nastavimo okovja:

- vodila predalov,
- odmične sponke za odpiranje vrat,
- ročaje.

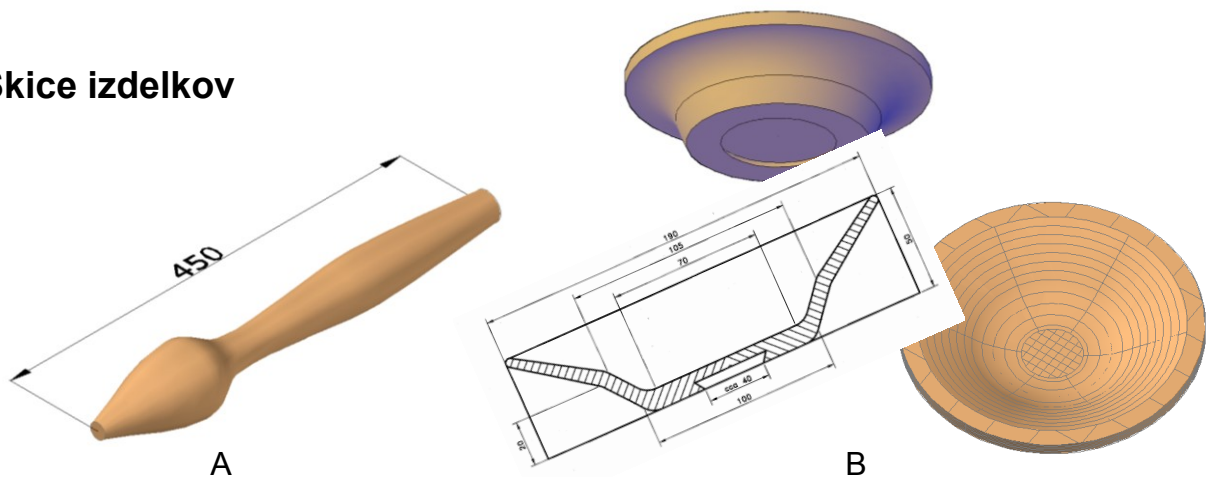
Omarico smo izdelali! Na ta način smo spoznali večino osnovnih tehnoloških operacij strojne obdelave lesa: žaganje, skobljanje, rezkanje, oplemenitenje lesnih plošč, brušenje, vrtanje. Od osnovnih operacij manjka le še struženje, ki ga bomo obravnavali v nadaljevanju.



IZDELAVA STRUŽENEGA ELEMENTA

V naši omarici žal nimamo struženega elementa, zato bomo izbrali poseben stružen element, ki bi ga lahko uporabili kot okrasni dodatek ali kot samostojni element za ograjo. S struženjem lahko izdelujemo zelo različne okrasne in uporabne izdelke, na primer spominke, krožnike, palico za bejzbol ...

Skice izdelkov



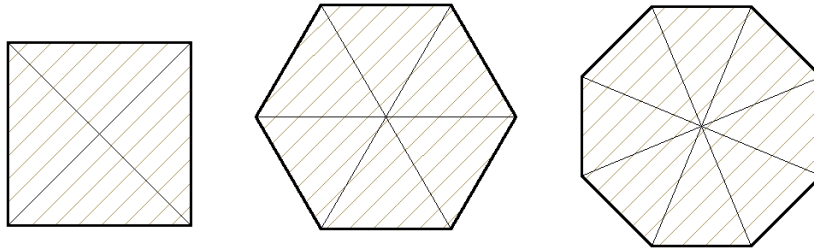
Slika 50: Skice struženih kosov lesa (A-vzdolžno-steber, B-čelno-krožnik)

Struženje lesa je prav posebna vrsta obdelave lesa. Orodje se giblje premočrtno, obdelovanec pa se vrti. Stružimo lahko vzdolžno glede na lesna vlakna, kjer dobimo paličaste izdelke (A), ali čelno na lesna vlakna, kjer dobimo obliko krožne plošče (B).

Nekatere lesove se lažje struži kot druge. Katere drevesne vrste so najbolj primerne za struženje in zakaj?

Obstaja več vrst stružnic: navadne, kopirne, CNC-vodene. Osredotočili se bomo na navadno oz. ročno stružnico, na kateri lahko les stružimo vzdolžno in čelno.

Pred struženjem je potrebno les pripraviti z mehansko obdelavo. Les se vzdolžno in prečno razžaga. Če je potrebno, ga lepimo po debelini. Tako pripravljeni kosi se poskobljajo v kvadratno, šesterokotno ali osmerokotno obliko. S pomočjo konjička jih vpenemo v stružnico. Vpenjanje mora biti centrično, zato na obeh koncih zarišemo center (diagonale).



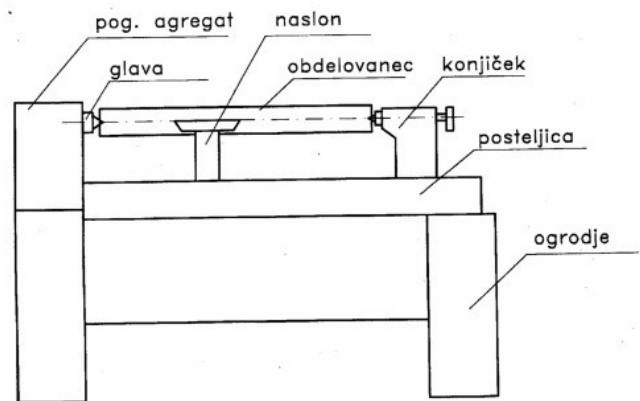
Slika 51: Oblike obdelovancev pred struženjem in določanje centra za vpenjanje

Vlažnost lesa mora biti malo višja, kot smo navajeni pri pohištvu, in sicer 15-20 %, ker je zelo suh les težje stružiti.

Pri čelnem struženju moramo les na grobo obžagati v okroglo obliko. To naredimo na mizarskem ozkolistnem tračnem žagalnem stroju. Vpenjanje obdelovancev v tem primeru je drugačno. Okroglo obžagan kos se najprej vpne v posebno glavo z navojem, da se na drugi strani zastruži posebna vdolbina (konusna) in zunanja oblika. Vdolbina služi za vpenjanje v posebno čeljust (glej spodnjo sliko).

Stružna dleta so različnih oblik in se uporabljajo za točno določen namen:

- široko žlebasto dleto (grobo struženje),
- ravna dleta (izravnavanje, zarezovanje),
- manjša žlebasta dleta (oblikovanje),
- kljuke (dolbenje).



Slika 52: Stružnica in sestavni deli stružnice



A



B



C



D



E

Slika 53: Načini struženja (A-prečno, B-vzdolžno) in orodja za struženje (C-vpenjalna čeljust, D-stružna dleta, E-lineta)

Viri: <http://www.ballas-drechseln.de> (10.5.2010), <http://www.westec-tools.de> (23.6.2010)

Pri vzdolžnem struženju stružno dleto vodimo po naslonu, ki mora biti ustrezno blizu vrtečemu se kosu. Orodje izbiramo glede na fazo struženja, obliko profila si nanesimo po dolžini v obliki črt, do katerih nato stružimo določen profil. Ko končamo s struženjem, vzamemo v roko brusni papir in zgladimo profil. Za zelo fino površino lahko vzamemo v dlan ostružke in fino zgladimo obdelovanec.

Včasih se zgodi, da stružimo zelo tanke in dolge kose lesa. Obstaja nevarnost, da se zaradi zmanjšanja premera uklonijo ali celo zlomijo. Da se to ne zgodi, si pomagamo s posebnim pripomočkom. Katerim?

Tehnološki postopek izdelave krožnika (B)

1. Izbira lesa

Izberemo les, ki omogoča čisti odrez, je homogen, npr. **javor**.
 Vlažnost lesa: 15-20 %.

2. Razžagovanje

- dolžinsko žaganje na širino 220 mm (mizni krožni žagalni stroj),
- čeljenje na dolžino 220 mm (čelilnik),
- odžagovanje robov v krožno obliko (ozkolistna tračna žaga).

3. Struženje

- vpenjanje na vijačno vpenjalo,
- grobo struženje s širokim žlebastim dletom – poravnavanje,
- grobo struženje zunanje površine krožnika,
- fino oblikovanje zunanje površine krožnika,
- zarisovanje premera luknje za čeljustno vpenjalno glavo,
- dolbenje luknje za čeljustno vpenjalno glavo,
- izravnavanje dna z ravnim dletom,
- obdelovanec snamemo z vijačnega vpenjala in ga vpnemo v čeljustno vpenjalo,
- poravnavanje proste ploskve,
- oblikovanje roba krožnika,
- praznjenje krožnika (s tipanjem kontroliramo debelino stene),
- brušenje notranjosti in zunanosti krožnika.

Pri kopirnih stružnicah se rezilo oz. tipalo rezila pomika po šabloni, ki smo jo pripravili. Tak način je pogost, ko moramo izdelati več enakih kosov, npr. za industrijsko proizvodnjo pri struženih ograjah.

Tako kot pri vseh lesnoobdelovalni strojih moramo tudi pri struženju upoštevati nekatera varnostna navodila:

- nezavarovano vpenjalo lahko zagrabi rokav ali lase delavca,
- med struženjem lahko odleti grča in poškoduje delavca,
- pri enkratnem prevelikem odrezu se lahko del noža odlomi ali nam nož iztrga iz roke.

Zapiši še nekaj navodil za varno struženje:

Glede na vse zapisano naštej osebna zaščitna sredstva, ki jih potrebuješ pri delu na stružnici:



PONOVIMO

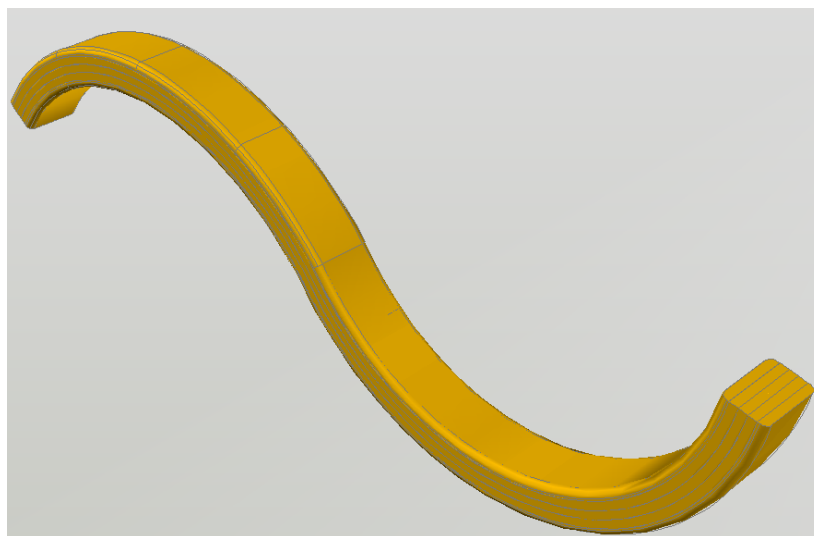
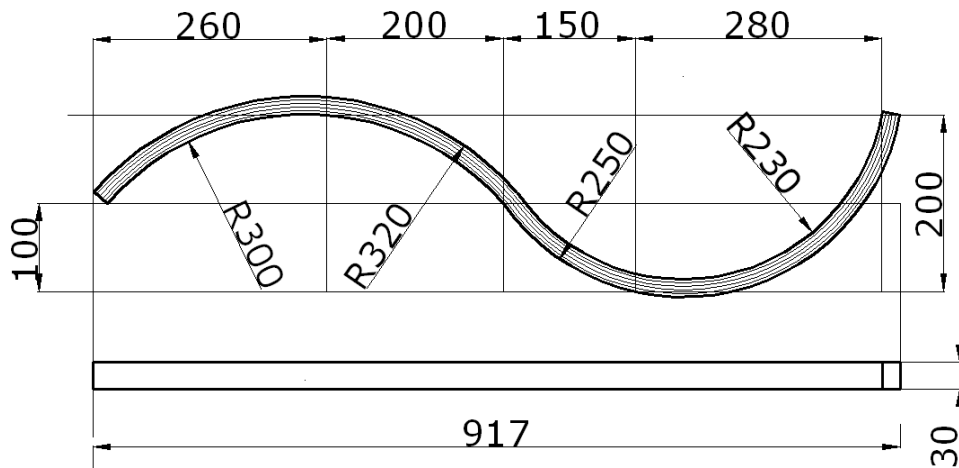
1. Kakšna je sestava brusilnih trakov?
2. Kako lahko brusimo krive oblike obdelovanca?
3. Poveži granulacijo brusilnih trakov z lastnostmi brušenja lesa?

P180	grobo brušenje
P320	srednje fino brušenje
P60	zelo fino brušenje
P120	brušenje pred lakiranjem
4. S kakšnimi vezmi lahko spajamo elemente iz iverne plošče v obod omare?



IZDELAVA KRIVLJENEGA KOSA LESA

Pri izdelavi krivljenega kosa lesa bomo spoznali nekatere enostavnejše principe krivljenja lesa, pregledali pa bomo še druge načine industrijskega krivljenja lesa. Krivljenje je zelo star postopek, za katerega potrebujemo opremo, ki je večina šol v svojih delavnicah ne premore, zato vseh postopkov ne bomo mogli izvesti. Vendarle bomo dobili veliko napotkov, kje lahko pridobimo še dodatne informacije o postopkih krivljenja lesa.



Slika 54: Načrt krivljenja lesa

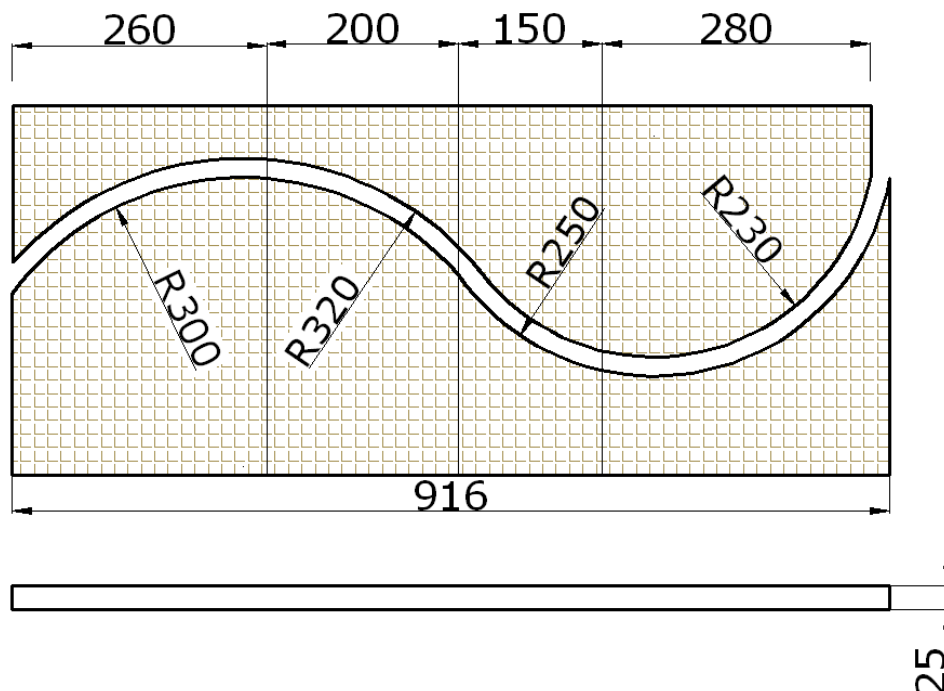
Krive kose lesa v lesarski proizvodnji pogosto potrebujemo pri izdelavi okroglih in krivih delov pohištva, kjer na robove ivernih plošč lepimo masivne nalepke, pri izdelavi sedežnega pohištva iz lameliranega lesa (zlepljen furnir), ko potrebujemo krivi kos kot dodatek pohištvu ipd.

Seveda to ni klasično krivljenje lesa, ko moramo les omehčati s segrevanjem in nato kriviti s pomočjo šablon ter posušiti, da obdrži obliko.

V našem primeru bomo les razžagali na tanke kose (npr. 1000 mm×30 mm×6 mm), poskobljali na debelinskem skobeljnem stroju, namazali z lepilom in zalepili s pomočjo kalupa, ki ga bomo predhodno izdelali iz lesa ali lesnih plošč. Tanki kosi lesa se ukrivijo po modelu, ko se lepilo posuši, pa zadrži ustrezno obliko.

Za izdelavo krivljenega kosa lesa potrebujemo načrt oblike, kot jo prikazuje zgornja slika (lahko narišemo tudi drugačno obliko krivine).

Na osnovi osnovnega načrta krivine narišemo načrt modela ali kalupa. Po načrtu ga izdelamo na mizarskem ozkolistnem tračnem žagalnem stroju. Krivine zgladimo s pomočjo kolutnega brusilnega stroja.



Slika 55: Načrt kalupa (modela)

Za stiskanje trakov v kalupu uporabimo mizarske sponse. Ko se lepilo strdi, les zadrži obliko. Les nato poskobljamo na končno širino 25 mm. Robove lahko zaokrožimo ali profiliramo z ročnim rezkalnim strojem.



Vaje

Razmisli in zapiši, kaj bi se zgodilo, če bi hoteli zlepiti debelejšše liste lesa, npr. nad 10 mm?

Koliko časa si stiskal obdelovanec? _____ ur

Katero lepilo si uporabil za lepljenje listov lesa? _____

Kje bi lahko uporabil svoj krivljen kos lesa? _____

Spoznali smo krivljenje lesa s pomočjo lepljenja tankih lističev lesa. Eden od začetnikov industrijskega serijskega krivljenja masivnega lesa je Michael Thonet (1796-1871). Zelo znani so njegovi krivljeni stoli, ki jih je proizvajalo tudi slovensko podjetje Stol iz Kamnika.



V Medobčinskem muzeju v Kamniku je stalna razstava zbirke pohištva iz krivljenega lesa. Lahko si jo pogledaš na naslovu: <http://www.muzej-kamnik-on.net/slo>.



Slika 56: Thonetova stola

Vira: www.manager-magazin.de (20.5.2010) in www.architonic.com (20.5.2010)

Zraven Thonetovih stolov se krivljenje lesa uporablja še pri izdelavi sodov, gugalnikov, igrač, čolnov, lokov, različnih vrst stolov ...

Poišči informacije o uporabi krivljenega lesa pri bloških smučkah, košarah, lesenih kolesih (kolarstvo), ladjedelništvu:

Na spletu najdi informacije o Michaelu Thonetu:

Tehnologija krivljenja lesa

Izbira lesa:

- najbolj primerne drevesne vrste lesa so: bukev, jesen, hrast, javor, češnja, robinja, brest, oreh,
- biti morajo brez napak (grče, razpoke),
- najustrežnejši so radialno žagani kosi lesa.

Predsušenje:

- najprimernejša vlažnost za klasično krivljenje je od 17 do 25 %.

Predobdelava:

- les razžagamo, poskobljamo ali pobrusimo (zatrgnine in raze lahko povzročijo lom) na zahtevano mero in upoštevamo nadmero (zaradi čelnih razpok).

Postopek mehčanja – plastificiranje lesa:

- parjenje v kotlih valjaste oblike,

- parimo z nasičeno paro (vlažnost 100 %) in temperaturo (100 °C),
- ne spreminjamo optimalne vlažnosti 17-25 %,
- plastičnost dosežemo s segrevanjem vode v lesu, ne z vnašanjem vode v les,
- čas parjenja v povprečju traja od 1 do 1,5 min/mm.

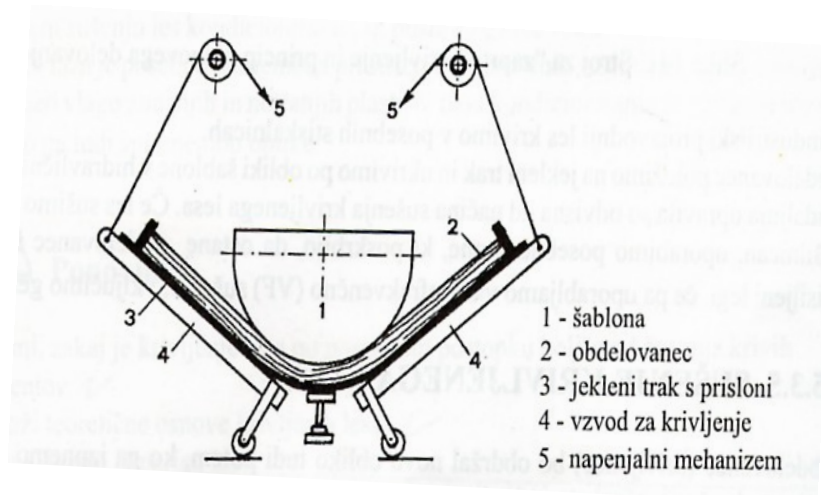


Slika 57: Mehčanje oz. plastificiranje lesa v kotlih

Vir: Murales d.d.

Krivljenje lesa:

- omeščani les ovijamo okoli ustrezne šablone (kalupa) in pustimo določen čas, da zadrži obliko po kalupu



Slika 58: Princip krivljenja lesa

Vir: Čermak M., 1998, 201

Kondicioniranje in sušenje krivljenega lesa:

- pustimo ga še nekaj ur trdno vpetega, da se izenači vlažnost,

- v prisiljeni legi ga posušimo na končno vlažnost (6-8 %),
- uporabljamo komorne sušilnice.



Slika 59: Kondicioniranje krivljenega lesa

Vir: Murales d.d.

Pri krivljenju se v elementu pojavljajo natezne in tlačne napetosti. Z mehčanjem lesa pred krivljenjem vplivamo na elastičnost in plastičnost lesa. Kljub upoštevanju vseh pravil predobdelave in izbire lesa, se lahko pojavijo različne napake.

Vaja

Katere napake se lahko pojavijo pri krivljenju lesa?



PONOVIMO

1. Kako pripravimo liste lesa za krivljenje z lepljenjem v kalupu?
2. Kakšne načrte potrebujemo za krivljenje lesa?
3. Kako izdelamo šablono za krivljenje lesa?
4. Kdo je bil Michael Thonet?
5. Katere drevesne vrste niso primerne za krivljenje lesa. Zakaj?

6. Zakaj moramo les omehčati pred krivljenjem?

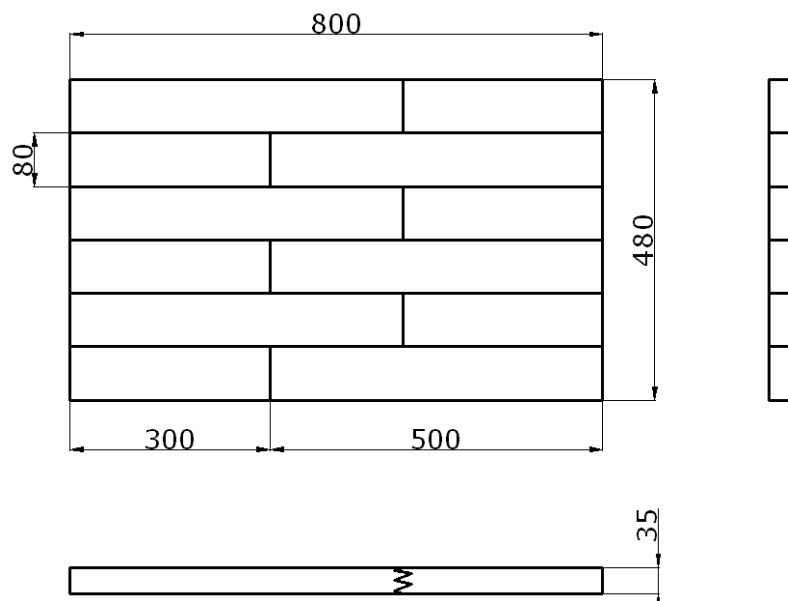
7. Kakšne pripomočke uporabljamo pri krivljenju lesa?

8. Kakšna vlažnost lesa je primerna za krivljenje in na kolikšno vlažnost sušimo že krivljen les?



IZDELAVA IN LEPLJENJE MIZNE PLOŠČE

Mizna plošča je del mize, ki je zelo obremenjen zaradi zunanjih vplivov (vlaga, visoka temperatura, kisline). Ta element bomo izbrali, ker se lahko zelo veliko naučimo o pripravi lesa za lepljenje, pa tudi o tehnologiji lepljenja. Mizna plošča bo izdelana iz ostankov bukovega lesa, zato bo lepljena po dolžini in širini. Končne dimenzije bodo **800×480×35 mm**.



Slika 60: Skica končno obdelane mizne plošče

PREDPRIPRAVA LESA ZA LEPLJENJE

Pred lepljenjem moramo les ustrezno pripraviti:

- les za lepljenje mora biti vsaj zračno suh (12 %-15 %), še bolje je, če je tehnično suh (5 %-12 %),
- ustrezna temperatura lesa okrog 20 °C.
- les mora biti raven in gladek, kar dosežemo s skobljanjem in/ali brušenjem,
- površina mora biti čista, brez prahu, smole ali oljnih madežev,
- robovi morajo biti pravokotno poskobljani.

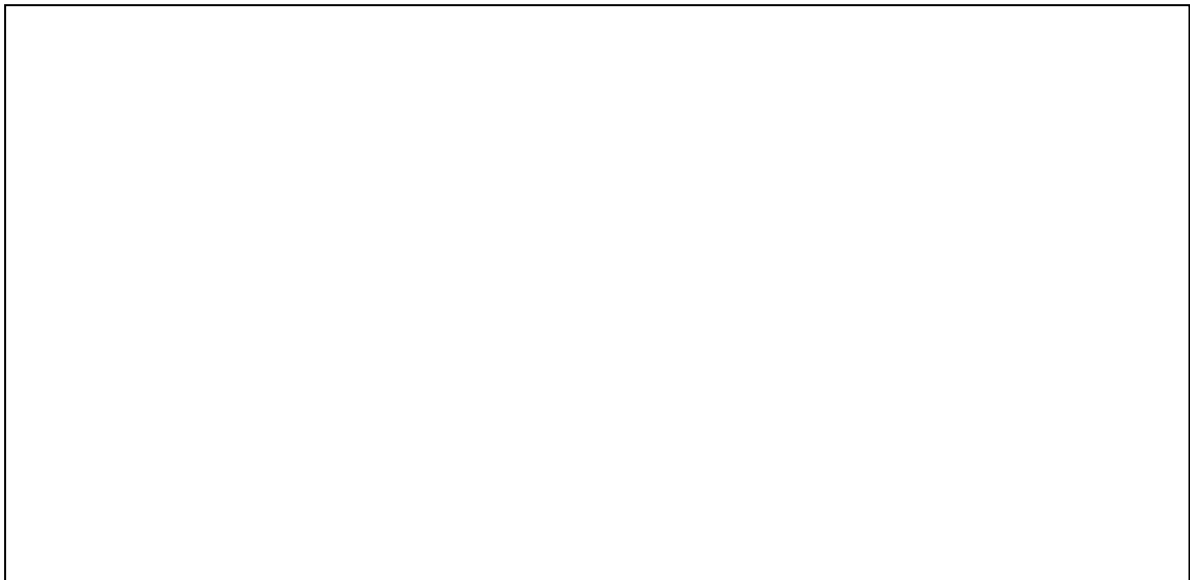
Strojno obdelavo lesa smo že spoznali, zato imamo možnost, da ponovimo mehansko obdelavo lesa do stopnje, ko lahko začnemo z lepljenjem lesa. Vse se začne z izdelavo krojne liste.

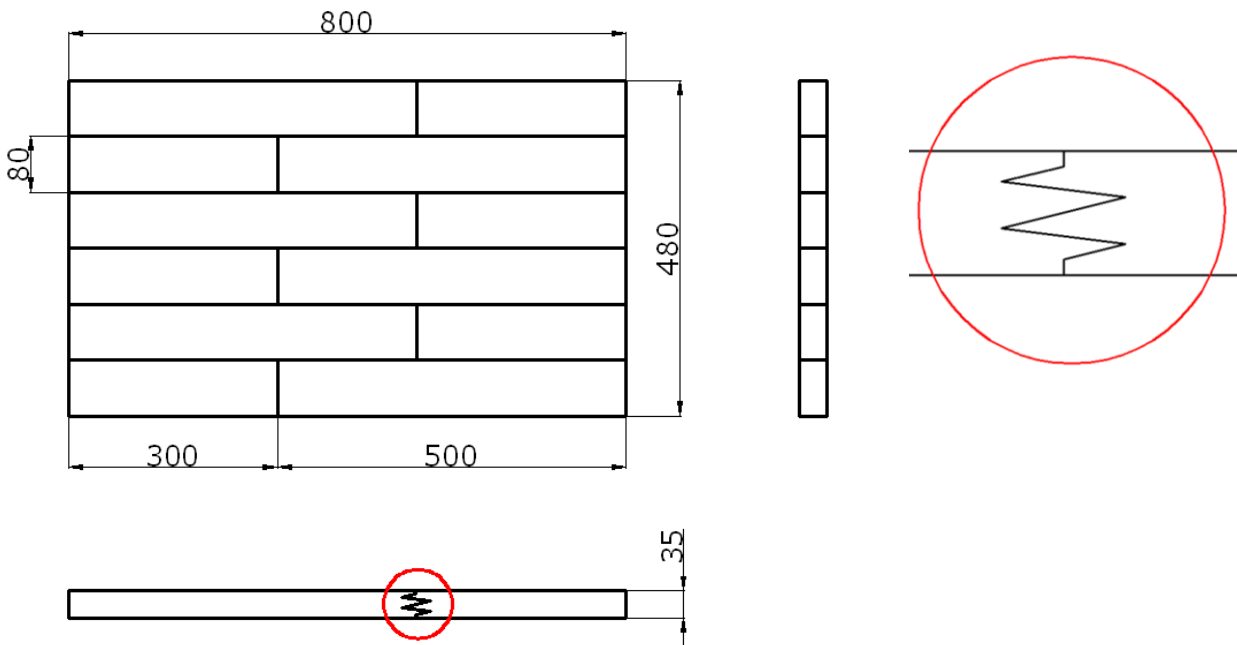
Pomembno je, da po debelini in širini vzamemo **večjo nadmero** kot običajno, ker bo potrebno po debelini les dvakrat skobljati. V prvi fazi moramo dobiti ostrorobe, pravokotne letvice, ki jih bomo zlepili po širini v ploščo. V drugi fazi moramo na debelinskem skobeljnem stroju ploščo še enkrat poskobljati na končno debelino.

Prav tako mora biti plošča po širini širša, da jo lahko še obrežemo v končno pravokotno obliko in zgladimo robove.

Po dolžini je potrebno dodati ustrezno nadmero zaradi izdelave zobate vezi. Pozanimati se moramo o razpoložljivem rezkalnem orodju, s katerim bomo na čepilnem rezkalnem stroju izdelovali zobate vezi.

V spodnji okvirček skiciraj profil zobate vezi, ki jo lahko izdeláš v šolski delavnici. Na osnovi tega lahko določiš potrebno nadmero lesa po dolžini.





Slika 61: Skica širinsko in dolžinsko zlepljene neobdelane mizne plošče

V spodnjo tabelo vpiši obdelane in neobdelane mere elementov mizne plošče. Ker izdelujemo ploščo iz ostankov, sta najbolj pomembni debelina in širina. Dolžine lahko določimo kasneje. Najbolj enostavno bo, če bomo določili dve različni dolžini, ki potem skupaj dosežeta potrebno dolžino plošče 800 mm.

KROJNI LIST: bukev 45

Poz.	Naziv	Obdelane dimenzije (mm)			Neobdelane dimenzije (mm)			Kos
		Dolžina	Širina	Debelina	Dolžina	Širina	Debelina	
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								

Tabela 6: Krojni list

Strojna obdelava lesa

Najprej začnemo z razžagovanjem lesa, nato s skobljanjem. Za razžagovanje boš uporabil že znana lesnoobdelovalna stroja. Katera?

1. _____
2. _____

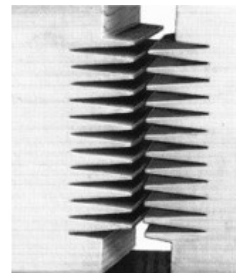
Pri skobljanju lesa je potrebno dobiti ravno in gladko površino. Katere skobeljne stroje boš uporabil?

1. _____
2. _____

Do zdaj smo les razžagali in poskobljali. Dobili smo ostrorobe in pravokotne letvice dolžin dobrih 300 mm oziroma 500 mm (zaradi nadmere), širine 82 mm in debeline 40 mm.

Na vrsti je izdelava zobatih vezi na rezkalnem stroju. Najbolje bo, če bomo uporabili **čepilni rezkalni stroj**, ki je kombinacija formatnega krožnega žagalnega stroja in miznega rezkalnega stroja.

Ta stroj les najprej pravokotno očeli, nato pa izreza konstrukcijsko vez, v našem primeru je to zobata vez. Vse to naredi z enim pomikom pomične mize.

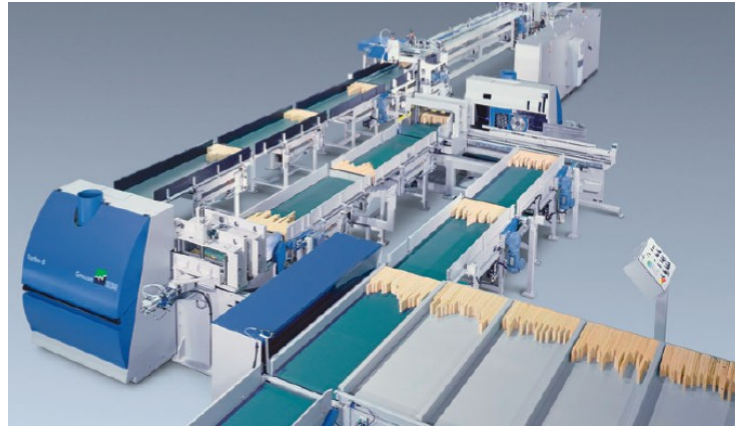


Slika 62: Čepilni stroj in rezkalno orodje za izdelavo zobate vezi

Viri: Samstag K. e tal. 1993, 48, Katalog orodja Stehle

Zanimivost:

Obstajajo tudi linije za dolžinsko spajanje lesa, ki imajo velike zmogljivosti dolžinskega spajanja lesa in se uporabljajo za industrijsko proizvodnjo dolžinsko spojenega lesa. Obstaja več načinov, eden izmed pogostejših primerov ima v linijo povezane: računalniško voden čelilnik (s posebno kredo označimo napake, ki jih nato naprava skenira in avtomatsko izžaga), rezkalni stroj, ki izreza zobato vez v paketu več kratic, nanašalnik lepila in pretočno stiskalnico.



Slika 63: Linija za dolžinsko spajanje lesa z zobatim spojem

Vir: Reklamno gradivo Weinig

LEPLJENJE LESA

Lamele bomo z mehansko obdelavo pripravili za širinsko in dolžinsko spajanje z lepilom. Kose lesa po ploskvah, ki jih bomo lepili, namažemo z lepilom.

Izbira lepila je ključnega pomena. Za naš izdelek bomo izbrali zelo razširjeno lesno lepilo, ki ima komercialno ime Mekol ali Rakoll. V obeh primerih gre za belo, hladno lepilo in skupine polivinilacetatnih lepil. Kasneje bomo na kratko pregledali še ostala lepila, ki jih uporabljamo pri lepljenju lesa ali lepljenju različnih materialov z lesom.

Polivinilacetatna lepila (PVAC) so največkrat že pripravljena za uporabo, torej so enokomponentna. Na površino jih nanašamo s čopičem, valjčkom ali s stikanjem iz plastenke. Po nanosu lepila les čim prej stisnemo in pustimo določen čas, da se lepilo utrdi in veže les med sabo.

Pri utrjevanju lepil izhajajo topila in razredčila, zato se lepilo gosti, istočasno potekajo še kemične reakcije, ki povzročajo mrežne povezave molekul v lepilih. V osnovi poznamo tri vrste kemijskih reakcij.



Podrobne informacije o njih boš dobil pri drugih predmetih (naravoslovje) ali v kemijskih učbenikih.

Opiši kemijske reakcije:

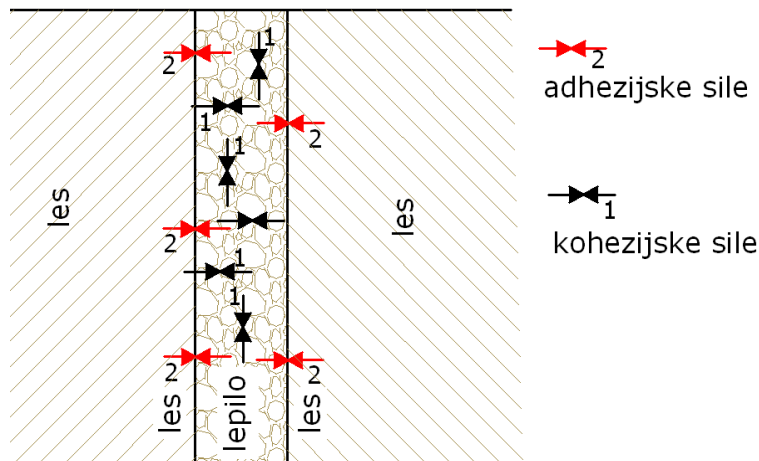
1. Polimerizacija:

2. Polikondenzacija:

3. Poliadicija:

Kaj se zgodi v lepilnem spoju, da vez več ne razpade, kakšne sile nastanejo v lepilu ter med lepilom in lesom? Poglejmo z lupo v lepilni spoj po utrditvi lepila.

V lepilnem spoju nastanejo močne **kohezijske sile** (med enakimi molekulami), ki preprečujejo trganje spoja v lepilu. Med lesom in lepilom nastanejo **adhezijske sile**, ki vežejo med sabo različne vrste materialov (različne molekule), v našem primeru je to lepilo in les.



Slika 64: Sile v lepilnem spoju

Za uspešno lepljenje je pomembno, da se v lepilnem spoju vzpostavijo dovolj močne kohezijske sile v lepilu, ki s strjevanjem naraščajo in na koncu dosežejo največjo moč. Če niso dovolj močne (staro ali zmrznjeno lepilo), lepilna vez razpade po lepilnem spoju.

Prav tako morajo biti adhezijske sile (oprijemnost) dovolj močne. Na to imamo velik vpliv z ustrezno pripravo lesa, izbiro in pripravo lepila.

O izbiri lepila bomo govorili v nadaljevanju. Kako je potrebno pripraviti les pa opiši kar sam:

Lepilo smo nanесли na lepilne spoje. Les smo stisnili z mizarskimi sponami ali s posebnimi stiskalnimi mizami. Počakati moramo določen čas, da se lepilo strdi in nato še približno en dan, preden lahko nadaljujemo z mehansko obdelavo mizne plošče.

Istočasno stiskanje plošče po širini in dolžini je primerno za obrtniško proizvodnjo manjših serij, za industrijsko proizvodnjo pa se kratice najprej spajajo po dolžini, nato se poskobljajo in lepijo po širini v plošče (glej sliko 63).

Gotovo smo opazili, da ni vseeno, kdaj najkasneje damo dva z lepilom namazana kosa lesa skupaj. Če zamudimo, se lepilo že začne strjevati, pri nekaterih lepilih pa moramo celo počakati nekaj minut, preden lahko damo kosa skupaj.

Lepila, ki jih moramo pripraviti, imajo omejen **čas uporabnosti**.

Te čase, ki jih bomo spoznali, določijo proizvajalci lepil, mi pa moramo upoštevati navodila na embalaži ali v tehničnem listu.

Katere čase je potrebo upoštevati?

Vmesni čas je čas od nanosa lepila do začetka stiskanja obdelovancev.

Čas stiskanja je čas, v katerem se lepilo popolnoma strdi in veže lepljence.

Odprti čas je čas od nanosa lepila do sestave lepljencev. Pri nekaterih lepilih lahko začnemo stiskati takoj po nanosu. Eno takšnih je polivinilacetatno lepilo, ki smo ga uporabili pri lepljenju mizne plošče. Pri nekaterih drugih pa morajo topila in razredčila skoraj popolnoma izhlapeti iz lepila, šele nato lahko staknemo lepljenca skupaj.

Gotovo poznaš komercialno ime kakšnega podobnega lepila. Zapiši ga: _____

Zaprti čas je čas od sestave lepljencev do vzpostavitve tlaka v stiskalnici.

Lepilo, ki smo ga uporabili (navadno PVAC) pri lepljenju mizne plošče ima močno vezivno trdnost, lepilni filmi so elastični, ne obrablja rezalnega orodja, ni zdravju škodljivo, odvečno lepilo odstranimo z vodo.

Ima pa tudi nekaj pomanjkljivosti, in sicer, da lepilni spoj v vodi nabreka, filmi so termoplastični (pri višji temperaturi se zmečajo), niso odporni na kisline in nekatera topila. Obstajajo že modificirana enokomponentna PVAC-lepila, ki so vodoodporna ali imajo izboljšane lastnosti. Dodajajo jim določene dodatke, s katerimi izboljšajo lastnosti lepil.



Več informacij lahko dobiš na spletni strani slovenskega proizvajalca PVAC-lepil - Mitol iz Sežane: <http://www.mitol.si>



Slika 65: Stiskanje lepljencev

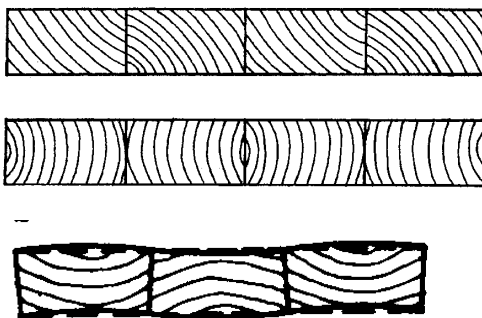
Izdelava naše mizne plošče se bliža koncu. Po končanem kondicioniranju mizno ploščo poskobljamo po debelini na končno mero 35 mm, obžagamo na formatnem krožnem

žagalnem stroju, zaokrožimo robove, zbrusimo površino plošče na tračnem brusilnem stroju in na koncu zgladimo robove in njihove zaokrožitve.

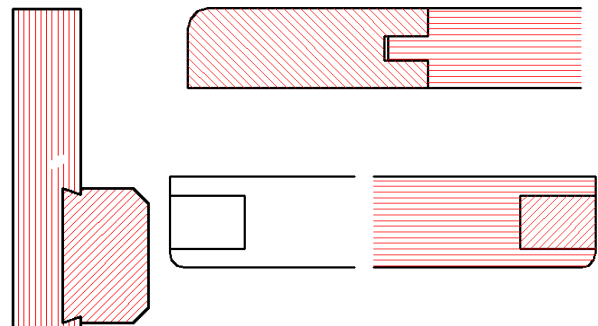
V našem primeru smo les lepili po širini in dolžini.

Les moramo včasih lepiti tudi po debelini, npr. lepljenca pri okenskih okvirjih. Pri tem lahko slabši les skrijemo v sredinski sloj. Še bolj pomembno pa je, da lesu izboljšamo dimenzijsko stabilnost in preprečimo zvijanje zaradi klimatskih vplivov.

Najbolj zahtevno je **širinsko lepljenje** masivnega lesa v plošče, ker nepravilno obračanje lamel povzroči kasnejše spremembe oblike, predvsem krivljenje v prečni smeri, ali estetske nepravilnosti teksture plošče. Upoštevati moramo določena pravila obračanja in kombiniranja lamel pri lepljenju v širše plošče. Lahko se poslužujemo različnih vrst ojačitev plošč (grebenske letve, čelne letve), ki preprečujejo zvijanje.



A



B

Slika 66: Pravilno obračanje lamel pri lepljenju plošč (izmenično, sredina k sredini)

Slika 67: Možnosti ojačitve širinsko lepljenih

Na zgornji sliki so prikazani načini pravilnega obračanja lamel pri širinskem lepljenju lesa. Kaj bi se zgodilo s ploščo, če bi vse lamele obračali v isto smer (istoimensko), kakšne težave bi nastopile pri skobljanju?

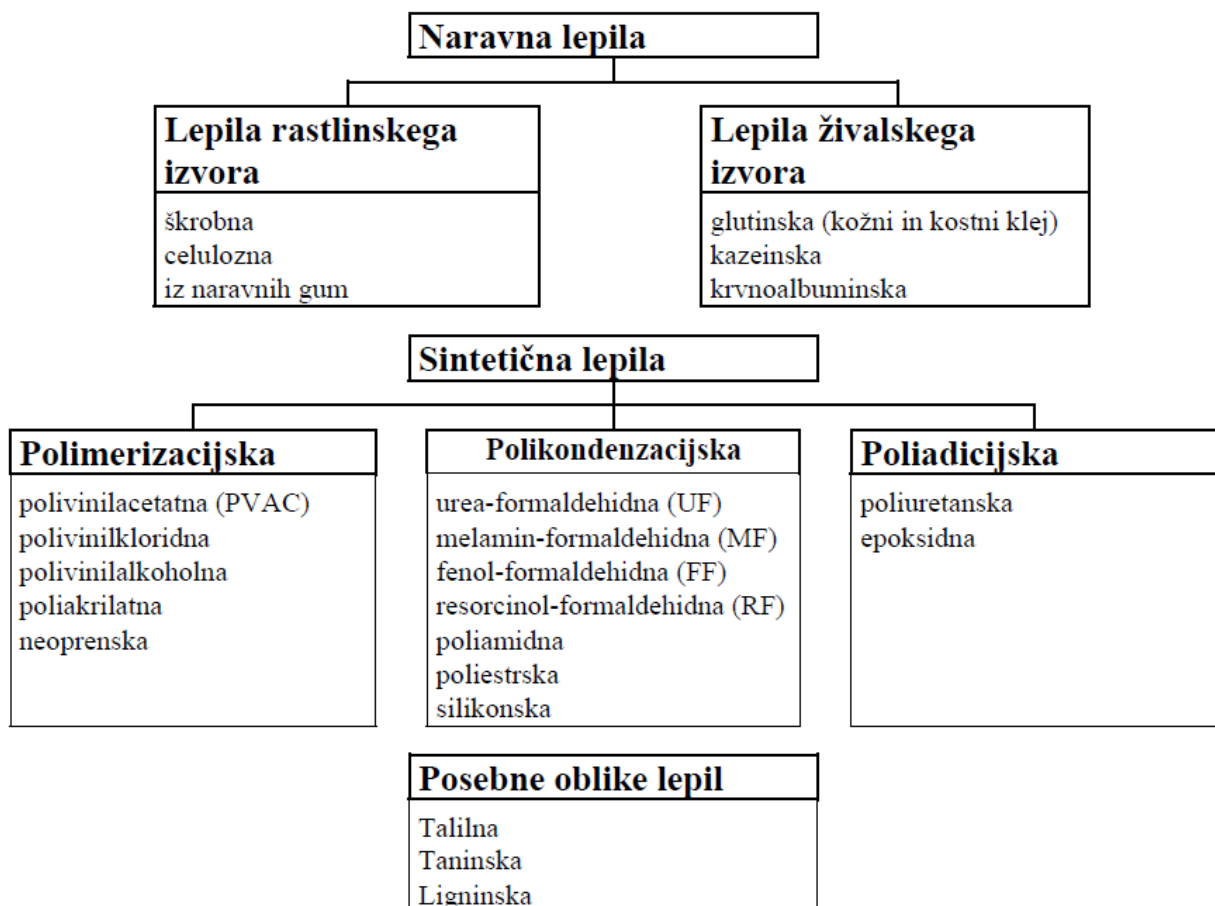
Kakšno teksturo ima plošča, če obračamo lamele izmenično, in kakšno, če obračamo istoimensko? Skiciraj.

Preden nadaljujemo z ostalimi tehnološkimi postopki lepljenja, moramo na kratko spoznati še druge vrste lepil, ki se prav tako veliko uporabljajo v lesni proizvodnji. Nekoč so se uporabljala samo naravna lepila. Danes se nekatera uporabljajo samo še pri restavriranju starega pohištva (lepila naravnega izvora, predvsem glutinsko), zato bo večji poudarek na sintetičnih lepilih, ki se najpogosteje uporabljajo pri lepljenju masivnega lesa.

Vrste lepil



Podroben opis vseh vrst lepil bo sledil pri modulu, ki se imenuje Materiali v lesarstvu, zato bomo zdaj zelo na kratko opisali samo nekatera najbolj uporabljana lepila.



Slika 68: Razdelitev lepil

V sodobni lesarski proizvodnji se za lepljenje večinoma uporabljajo samo lepila sintetičnega izvora. Najpogosteje se uporabljajo naslednja lepila:

- polivinilacetatna (PVAC),
- neoprenska,
- urea-formaldehidna (UF),
- fenol-formaldehidna (PF),
- resorcinol-formaldehidna (RF),
- epoksidna,
- poliuretanska (PU),
- taliilna.

Polivinilacetatna smo že uporabljali pri lepljenju mizne plošče, spoznali smo tudi nekatere prednosti in pomanjkljivosti. S pomočjo tabele pogledjmo še ostale:

Vrsta lepila	Uporaba	Prednosti	Pomanjkljivosti	Komercialni primeri
Neoprensko	Lepljenje umetnih mas, stekla, keramike na les	Vodoodporen, že pripravljen za uporabo	Zdravju škodljivo, termoplastično, obojestransko nanašanje	Neostik SK-101, UHU 
Urea-formaldehidno	Furniranje, izdelava ivernih plošč	Dokaj poceni, brezbarvni lepilni spoji	Sproščajo formaldehid, obrabljajo orodja	Lendur
Fenol-formaldehidno	Lepljenje vlažnega lesa, vodoodporna lepljenja	Elastični spoji, odpornost proti kemikalijam, glivam ...	Temna barva spoja, kratek čas skladiščenja	Fenolit, Lendafen
Melamin-formaldehidno	Ploskovna lepljenja, vodoodporne vezane plošče, leseni nosilci	Vsestranska uporaba, zelo odporni spoji proti vodi, kemikalijam, ostri klimi	Visoka cena, krhki spoji, ki krhajo rezila, kratek čas skladiščenja	Meldur, Lendamin
Epoksidno	Lepljenje različnih materialov med sabo	Visoka vezivna trdnost, hitro utrjevanje	Majhna elastičnost, visoka cena	Toolcraft, Neostik epoxy
Taliilno	Oblepljanje robov lesnih plošč	Vodoodpornost, hitro utrjevanje, elastični spoji	Termoplastičnost, potrebujemo posebno strojno opremo, omejena uporaba	Rakoll K2/486 C, Dorus

Tabela 7: Pregled lepil



Zanimivost

Glutinsko lepilo ali klej se uporablja v posebnih primerih. Priprava in lastnosti lepila so nekaj posebnega. Poišči informacije o kožnem ali kostnem kleju na spletu.



PONOVIMO

1. Kako moramo les pripraviti pred lepljenjem?

2. Opiši stroj za izdelavo dolžinskih zobatih vezi.

3. Na kratko opiši mehanizem lepljenja.

4. Pri poružitvi lepilnega spoja se je zgodilo naslednje:

a) lepilni spoj je ostal, zlomil se je les v bližini lepilnega spoja: _____

b) lepilni spoj je popustil, vso lepilo je ostalo na enem kosu: _____

c) lepilni spoj je popustil, lepilo je ostalo na obeh kosih: _____

Ob rezultatih zapiši svoj komentar v zvezi s tem, kaj se je zgodilo v lepilnem spoju, katere sile (adhezijske, kohezijske) niso bile dovolj močne in kakšni so možni vzroki za to.

5. Kaj je vmesni in kaj odprti čas?

6. Na lakirano površino omarnih vrat želimo zalepiti ogledalo. Katere vrste lepila lahko uporabimo?

7. Robne trakove lepimo na iverno ploščo večkrat kar z likalnikom. Na traku je že predhodno naneseno lepilo. Katero lepilo je to in kakšne so njegove lastnosti?

8. Ali lahko lepimo vlažen les do 25 %? Katero lepilo lahko uporabimo?



TEHNOLOGIJA LEPLJENJA MASIVNEGA LESA

V prejšnjih poglavjih smo spoznali tehnologijo lepljenja mizne plošče. Uporabljali smo enostavnejša orodja in naprave. V nadaljevanju bomo pogledali nekatere postopke lepljenja, ki uporabljajo naprednejšo tehnologijo.

Delovni postopki si morajo slediti po določenem vrstnem redu:

- priprava lepilnih površin,
- izbira lepila,
- priprava lepila,
- nanašanje lepila,
- stiskanje lepljencev,
- kondicioniranje po lepljenju.

O pripravi lepilnih površin smo že govorili. Zapiši glavne zahteve pri pripravi lepilne površine:

Izbiro lepila naredimo na podlagi tega, kakšne so specifične zahteve lepljenja in kakšen material bomo lepili.

Priprava lepila

Lepila se pripravljajo na različne načine. Nekatera so že pripravljena za uporabo in jih samo premešamo, ostala pa pripravimo po navodilih proizvajalca.

Nekatere lastnosti lepila neposredno vplivajo na potek in kvaliteto lepljenja, zato jih moramo še posebej omeniti:

Viskoznost lepilne mešanice vpliva na nanašanje in preboj lepila. Predpiše jo proizvajalec. Prenizka viskoznost lahko povzroča prevelik vnos vode v lepilni spoj ali preboj lepila skozi tanek furnir. Previsoka viskoznost otežuje enakomeren nanos lepila in slabo omočitev površine in zato kasneje slabo oprijemnost lepila.

Viskoznost uravnavamo s temperaturo in dodajanjem polnil in razredčil.

Kako merimo oz. ugotavljamo viskoznost lepila? Potrebujemo čašo. Poišči informacije in opiši postopek merjenja viskoznosti:

pH vrednost lepila je različna. Nekatera so rahlo, druga močno kislá. Ker imajo tudi lesovi različne pH-vrednosti, lahko pride do neželene reakcije med lesom in lepilom, kar povzroči različne barvne spremembe ali nekvalitetne lepilne spoje.

Kako izmerimo pH-lepila?

Dvokomponentna lepila pripravljamo po navodilih proizvajalca, ki po navadi predpiše, koliko **utežnih delov** posameznih komponent mora vsebovati lepilna mešanica. Posamezne utežne dele najlažje izračunamo po križnih računih oz. sorazmernih deležih posameznih komponent. Pri tem moramo upoštevati čas uporabnosti lepilne mešanice (»pot life«), ki ga predpiše proizvajalec lepila.

Primer:

Proizvajalec predpisuje, da moramo lepilno mešanico pripraviti tako, da lepilo v prahu primešamo vodo in trdilec v razmerju 100:50:10. Potrebujemo 8 kg lepila.

Lepilna mešanica bo sestavljena iz 160 utežnih delov (100 delov prahu, 50 delov vode in 10 delov trdilca).

$$\begin{array}{l} 160 \text{ ----- } 8 \text{ kg} \\ 100 \text{ ----- } x_1 \end{array}$$

$$x_1 = \frac{100 \times 8 \text{ kg}}{160} = 5 \text{ kg}$$

$$\begin{array}{l} 160 \text{ ----- } 8 \text{ kg} \\ 50 \text{ ----- } x_2 \end{array}$$

$$x_2 = \frac{50 \times 8 \text{ kg}}{160} = 2,5 \text{ kg}$$

$$\begin{array}{l} 160 \text{ ----- } 8 \text{ kg} \\ 10 \text{ ----- } x_3 \end{array}$$

$$x_3 = \frac{10 \times 8 \text{ kg}}{160} = 0,5 \text{ kg}$$

Preizkus: $x_1 + x_2 + x_3 = 5 \text{ kg prahu} + 2,5 \text{ kg vode} + 0,5 \text{ kg trdilca} = 8 \text{ kg lepilne mešanice}$

Nanašanje lepila

Lepila lahko nanašamo ročno ali strojno. Ročno smo nanašali belo lepilo pri izdelavi mizne plošče. Zraven čopičev, valjčkov, glavnika in tube lahko uporabljamo tudi pnevmatsko napravo, ki pritiska lepilo skozi cev, in različne nastavke. Uporablja se za nanos lepila v utore, zarezne, čepe, luknje ipd.



Slika 69: Pnevmatika naprava za nanašanje lepila

Poglejmo, kakšne so možnosti strojnega nanašanja lepila:

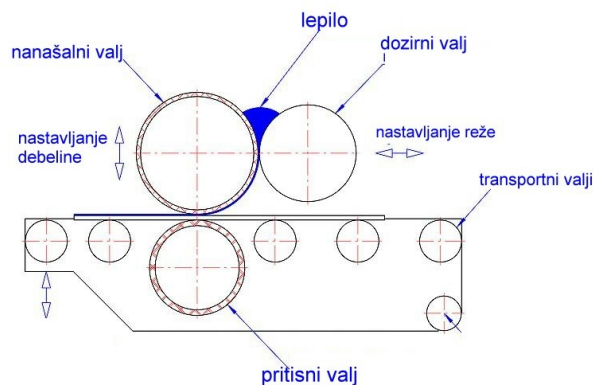
- valjčno nanašanje lepila,
- brizganje,
- polivanje,
- ekstruzijsko nanašanje.

Valjčno nanašanje lepila se uporablja pri nanašanju lepila na ravne plošče, npr. ploskovno furniranje. Omogoča enakomeren nanos na večje površine. Sestavljen je iz nanašalnih in dozirnih valjev.

Nanašalni valji imajo profilirano, gumirano površino, ki zraven nanašanja lepila tudi pomikajo ploščo skozi stroj.

Dozirni valji uravnavajo količino nanosa s tem, koliko so odmaknjeni od nanašalnega valja. So manjšega premera, jekleni, gladki ali gumirani.

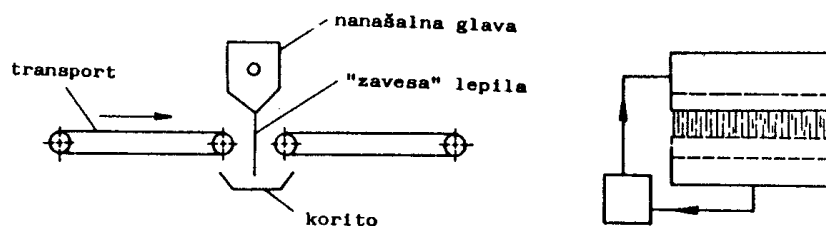
Stroji omogočajo tudi obojestranski nanos lepila.



Slika 70: Stroj za valjčni nanos lepila

Brizganje je tehnika nanašanja lepila na površine, ki so nepravilnih ali reliefnih oblik, npr. v tapetništvu. Pogosto se brizga neoprensko lepilo. Princip nanašanja je podoben kot pri zračnem brizganju lakov. Pri dvokomponentnih lepilih ima pištola dva izhoda, skozi enega izhaja lepilo, skozi drugega pa trdilec, ki se v snopu zmešata.

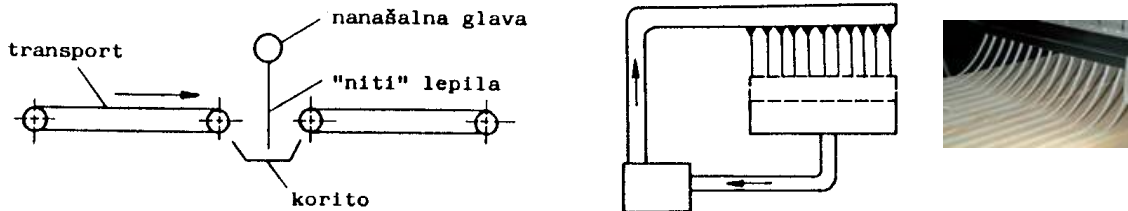
Polivanje je postopek nanosa lepila na ravne ali rahlo valovite površine. Količina nanosa se določa s premerom iztočne šobe na polivalni glavi in hitrostjo pomika transporterja. Odvečno lepilo se zbira v koritu in ga ponovno prečrpavamo v nanašalno glavo.



Slika 71: Nanašanje lepila s polivanjem

Vir: Resnik J. 1989, 61

Ekstruzijsko nanašanje je podoben postopek kot polivanje, razlika pa je v tem, da pri polivanju lepilo pada na ploščo v obliki zavese, pri ekstruzijskem pa v obliki niti. Poraba lepila je ustrezno manjša. Ni toliko težav s trganjem zavese kot pri polivanju.



Slika 72: Ekstruzijsko nanašanje lepila

Vir: Resnik J. 1989, 60

Pri nanašanju lepila moramo izračunati ali določiti količino nanosa. Ta podatek potrebujemo zato, da vemo, koliko lepila moramo pripraviti in kakšni so materialni stroški lepila. Ni smiselno nanašati preveč lepila, ki ga potem iztisnemo iz spoja. Po drugi strani pa premajhen nanos povzroči nekvalitetno lepljenje lesa. Računati moramo tudi na izgube, ker nekaj lepila ostane na stenah posode in nanašalnih sredstvih, nekaj ga izhlapi, nanos je lahko neenakomeren ipd.

Nanos izračunamo po naslednjem obrazcu:

$$m_n = \frac{m}{S}$$

m_n = nanos lepila (g/m^2),
 m = masa lepila (g),
 S = površina lepilnega spoja

Enačba 4: Nanos lepila

Primer:

Proizvajalec UF-lepila je predpisal nanos lepila pri furniranju enostransko $150 \text{ g}/\text{m}^2$. Koliko lepila bomo potrebovali za furniranje ivernih plošč v skupni površini 16 m^2 . Izkoristek lepila je 90 %.

$m_n = 150 \text{ g}/\text{m}^2$

$S = 16 \text{ m}^2$

izkoristek = 90 %

št. nanosov = 2 (obojestransko)

 $m = ?$

$m = ((m_n \times S)/0,9) \times 2 = ((150 \text{ g}/\text{m}^2 \times 16 \text{ m}^2)/0,9) \times 2 = \underline{5330 \text{ g} = 5,3 \text{ kg}}$

Stiskanje lepljencev

Stiskanje lepljencev je potrebno, da se lepilne površine dobro stikajo in da deluje ustrezen tlak na lepilni spoj. Stiskanje temelji na treh postopkih:

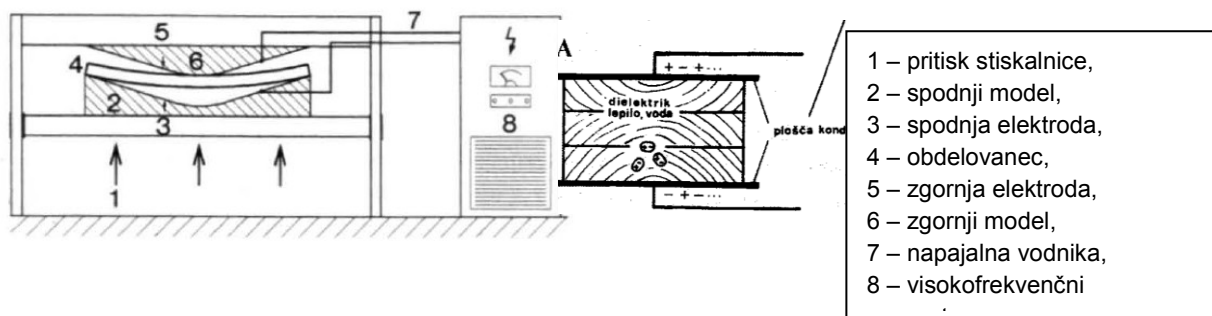
- mehansko stiskanje (svore),
- pnevmatsko stiskanje (stisnjen zrak, montažna lepljenja),
- hidravlično stiskanje (stisnjeno olje).

Stiskanje je lahko hladno ali s segrevanjem lepilnega spoja. Pri segrevanju se lepilo hitreje utrdi. Segrevanje je lahko klasično (elektrika, vroča voda) ali visokofrekvenčno, ki ga bomo posebej obravnavali.

Stiskanje v hidravlični stiskalnici smo že spoznali pri poglavju Strojna obdelava lesa, ko smo furnirali iverne plošče za elemente nizke omarice.

Visokofrekvenčno segrevanje temelji na principu notranjega segrevanja snovi. Lepilo se segreje po principu trenja med polariziranimi molekulami v lepilu (voda).

Visokofrekvenčni generator izmenično (3-30MHz) spreminja naboj zgornje in spodnje elektrode. Molekule vode (+-) se poskušajo orientirati glede na nasprotno polarizacijo elektrode. Ker se polarizacija spreminja, se molekule »vrtijo«, kar ustvarja trenje in posledično segrevanje.



Slika 73: Visokofrekvenčno segrevanje lepilnih spojev

Vir: <http://elib.uni-stuttgart.de/opus/volltexte/2009/4835/pdf/hei129.pdf> (28.5.2010)

Segrevanje v polju visoke frekvence se uporablja pri stiskanju lameliranega lesa in pretočnem lepljenju masivnega lesa. Oprema je precej draga, prav tako je visoka poraba električne energije. Previsoke frekvence lahko motijo radijske valove.

Klasične stiskalnice so različnih izvedb in oblik, kar je pogojeno z načini stiskanja. Tako poznamo:

- eno- ali večetažne stiskalnice za ploskovna lepljenja (npr. furniranje),
- karuselne stiskalnice (zvezdaste),
- okvirne stiskalnice (za stiskanje okvirjev, npr. okna, vrata),
- korpusne stiskalnice (za stiskanje obodov, npr. škatle, omare).



Na internetu poišči slike najbolj pogostih stiskalnic za stiskanje masivnega lesa, kopije nalepi v okvirčke:

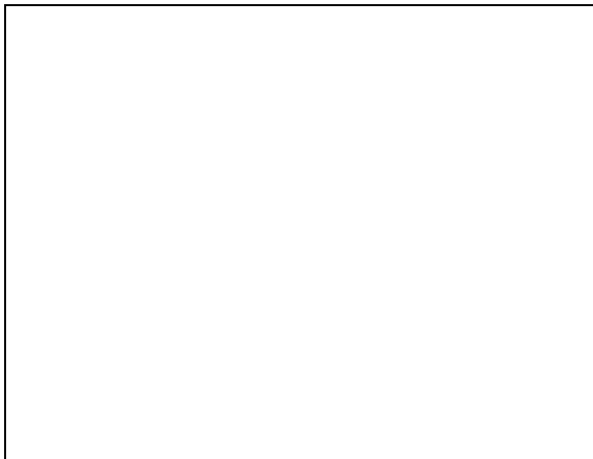
Enoetažna stiskalnica za furniranje:



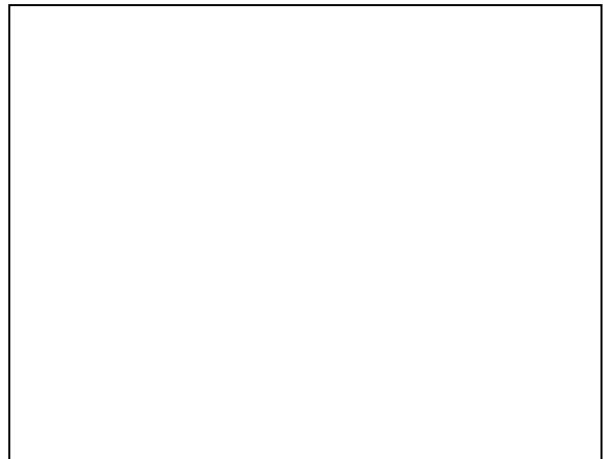
Okvirna stiskalnica:



Korpusna stiskalnica:



Karuselna, zvezdasta stiskalnica:



Pri strojni obdelavi lesa smo že spoznali, kako se določita tlak in čas stiskanja. Kako bi določili ta dva parametra?

Po končanem postopku stiskanja moramo lepljence kondicionirati (umiriti). To poteka tako, da jih pustimo zložene do 24 ur. V tem času se lepilni spoj dokončno utrdi in ohladi, vezivne sile in sile v lesu se uravnajo in izenačijo. Obdelovanci morajo biti

zračeni z obeh strani, da se enakomerno ohladijo z obeh strani. Nato lahko nadaljujemo z mehansko obdelavo lesa.



PONOVIMO

1. Kako vpliva viskoznost lepilne mešanice na tehnologijo lepljenja lesa?
2. Kakšne težave lahko imamo, če ne upoštevamo pH-lepila?
3. Proizvajalec lepila je predpisal, da moramo lepilno mešanico pripraviti tako, da lepilu v prahu primešamo vodo in trdilec v razmerju 100:60:115. Potrebujemo 10 kg lepila. Določi utežne deleže komponent lepila.
4. Za površino lepljenja lesa $4,3 \text{ m}^2$ smo porabili 0,6 kg lepilne mešanice. Kakšen nanos lepila smo dosegli?
5. Zakaj uvajamo toplo stiskanje lesa in na kakšne načine lahko segrevamo lepilne spoje?



LITERATURA IN VIRI

Abram J. (2001). Krivljenje masivnega lesa. Les: revija za lesno gospodarstvo, let 53, št. 11, str. 395-402.

Čermak M. (1998). Tehnologija lesa 1. Železniki: Pami.

Čermak M. Lepila in materiali za površinsko obdelavo in zaščito lesa. Ljubljana: Lesarska založba.

Česnik M. (1995). Nevarnosti lesnega prahu. Les: revija za lesno gospodarstvo, let 47, št. 4, str. 111-112.

Dovžan. H. (1998). Ostrenje žaginih listov s karbidnimi trdinami (vidia). Les: revija za lesno gospodarstvo, let 50, št. 6, str. 177-180.

Geršak M. (1997). Materiali za rezalna orodja. Les: revija za lesno gospodarstvo, let 49, št. 7-8, str. 217-219.

Grošelj A., Kovačič B., Čermak M., Geršak M. (1999). Tehnologija lesa 2. Ljubljana: Lesarska založba.

Katalogi rezalnega orodja Stehle, Leitz, Hapro.

Kovačič B. Čermak M. (1999). Tehnologija lesa 3. Ljubljana: Lesarska založba.

Lapajna D. (2005). Vpliv vlažnosti na postopek krivljenja in kakovost krivljenih elementov. Diplomsko delo: Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo.

Leban I., Jelovčan I. (2007). Lepila in lepljenje. Ljubljana: CPI

Likavec A. (1983). Tehnologija obdelave v lesarstvu. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.

Naglič V. (1999). Diamantno orodje v lesni industriji. Les: revija za lesno gospodarstvo, let 51, št. 1-2, str. 19-22.

Nečemer S. (1995). Fleksibilni brusi v lesni industriji. Les: revija za lesno gospodarstvo, let 47, št. 1-2, str. 21-23.

Peschel P., Nenewitz I., Nutsch W., Sefert G. (2007). Holztechnik Tabellenbuch. Haan-Gruiten: Verlag Europa – Lehrmittel.

Resnik J. (1989). Lepila in lepljenje lesa. Ljubljana: Biotehnična fakulteta VTOZD za lesarstvo.

Samstag K., et al. (1993). Temaco – Katalog. Düsseldorf: Temaco Technische Maschinen Cooperation eG.

Splet Pridobljeno 12. 05. 2010 iz <http://www.felder.at/>

Splet Pridobljeno 21.5.2010 iz www.barke.de

Splet Pridobljeno 20. 04. 2010 iz
www.dlib.si/v2/StreamFile.aspx?URN=URN:NBN:SI:doc...id...

Splet Pridobljeno 22. 06. 2010 iz http://les.bf.uni-lj.si/fileadmin/datoteke_asistentov/mpetric/povrsinska_obdelava_uni/gradiva/MP12_brusenje_PO_06-07_01.pdf

Splet Pridobljeno 20.5.2010 iz www.manager-magazin.de

Splet. Pridobljeno 20.5.2010 iz www.architonic.com

Splet Pridobljeno 10. 05. 2010 iz <http://www.comet.si/proizvodi>

Splet Pridobljeno 28. 05. 2010 iz <http://elib.uni-stuttgart.de/opus/volltexte/2009/4835/pdf/hei129.pdf>

Splet Pridobljeno 28. 05. 2010 iz <http://elib.uni-stuttgart.de/opus/volltexte/2009/4835/pdf/hei129.pdf>

Strah F. (2009). Vpliv tlaka in časa na kvaliteto oplemenitenja iverne plošče s furnirjem. Diplomsko delo: Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo.

Vodopivec J. (1994). Brusi v lesni industriji. Les: revija za lesno gospodarstvo, let 46, št. 10, str. 289-292.

Wilkens C. (1995). Tischler Lexikon. Hannover: Verlag Th. Schaefer.



MINISTRSTVO ZA ŠOLSTVO IN ŠPORT

www.mms.gov.si, e: gm.mms@gov.si
Marsjevska 16, 1000 Ljubljana
t: 01 400 54 00, f: 01 400 53 21



KONZORCIJ ŠOLSKIH CENTROV



Naložba v vašo prihodnost
OPERACIJO DELNO FINANCIRA EVROPSKA UNIJA
Evropski socialni sklad