

Ing. Janez Jerman

Elektrooporovno lepljenje in plastificiranje v lesni industriji

Vsebina: Uvod. — 1. Razvoj uporovnega ogrevanja pri nas in drugod — 2. Osnovna tehnična in ekonomska raziskovanja aplikacije elektroogrevanja pri lepljenju lesa. — a) Splošne misli — b) Osnove elektrooporovnega ogrevanja — c) O lepljenju z elektrooporovnim ogrevanjem — č) Pritiski. — 3. Raziskovanje uporabe elektrooporovnega ogrevanja — a) Razvoj — b) Uporabnost elektrooporovnega ogrevanja — c) Ekonomske prednosti elektrooporovnega ogrevanja — č) Primerjava kalkulacije proizvodnih stroškov med parnim in uporovnim ogrevanjem. — 4. Uporabne možnosti — a) Lepljenje robnih letvic in furniranje robov — b) Lepljenje ravnih površin — c) Lepljenje krivih površin in predmetov — č) Ostale možnosti uporabe uporovnega ogrevanja.

UVOD

Že več let si v naši lesni, zlasti še pohištveni industriji prizadevamo najti primeren postopek, da bi poenostavili ogrevanje lesa pri lepljenju in krivljenju. Namesto dosedanjega pohištva ravnih, pravokotnih oblik zahtevajo namreč potrošniki vse pogosteje oblikovane ali profilirane kose ali posamezne dele kosov pohištva. Tako pohištvo je bilo do nedavnega domena ročnega obrtnega dela in so ga izdelovali le posamezno ali v manjših garniturah po individualnih naročilih potrošnikov. Ti kosi ali garniture so bili razmeroma dragi, saj so bili plod specialnega dela.

Čedalje bolj pa se pojavljajo zahteve po večjem številu teh oblikovanih lesnih proizvodov in je narasla potreba po njihovi serijski izdelavi. Poleg tega je iz pohištvenih izdelkov začelo masivni les v vedno večji meri izpodrivati lesno tvorivo, kot so lesovinske plošče, panelke, iverne in vezane plošče, umetne mase in podobno. To lesno tvorivo pa mora biti obloženo in prekrito z lesom, ki ga lepimo nanj v raznih oblikah in dimenzijah, od ozkih, ravnih trakov in robov pa do valovitih, zamotano upognjenih ter drugače oblikovanih površin.

Oblikovanje lesnih proizvodov in oblaganje lesnih tvoriv pa zahtevata povsem nov tehnološki proizvodni postopek in tudi nove naprave. Dosedanji tradicionalni strojni park in delovni postopki v ta namen niso več uporabni, ker pade njihova zmogljivost daleč pod mejo rentabilnosti. Stari postopek je zahteval na manjših obratih zamudno ročno delo in obsežne delovne prostore, večji obrati pa so morali vlagati občutne devizne in dinarske investicije za nabavo velikih stiskalnic, parnih kotlov, instalacij in napeljav, kurilnih in drugih naprav.

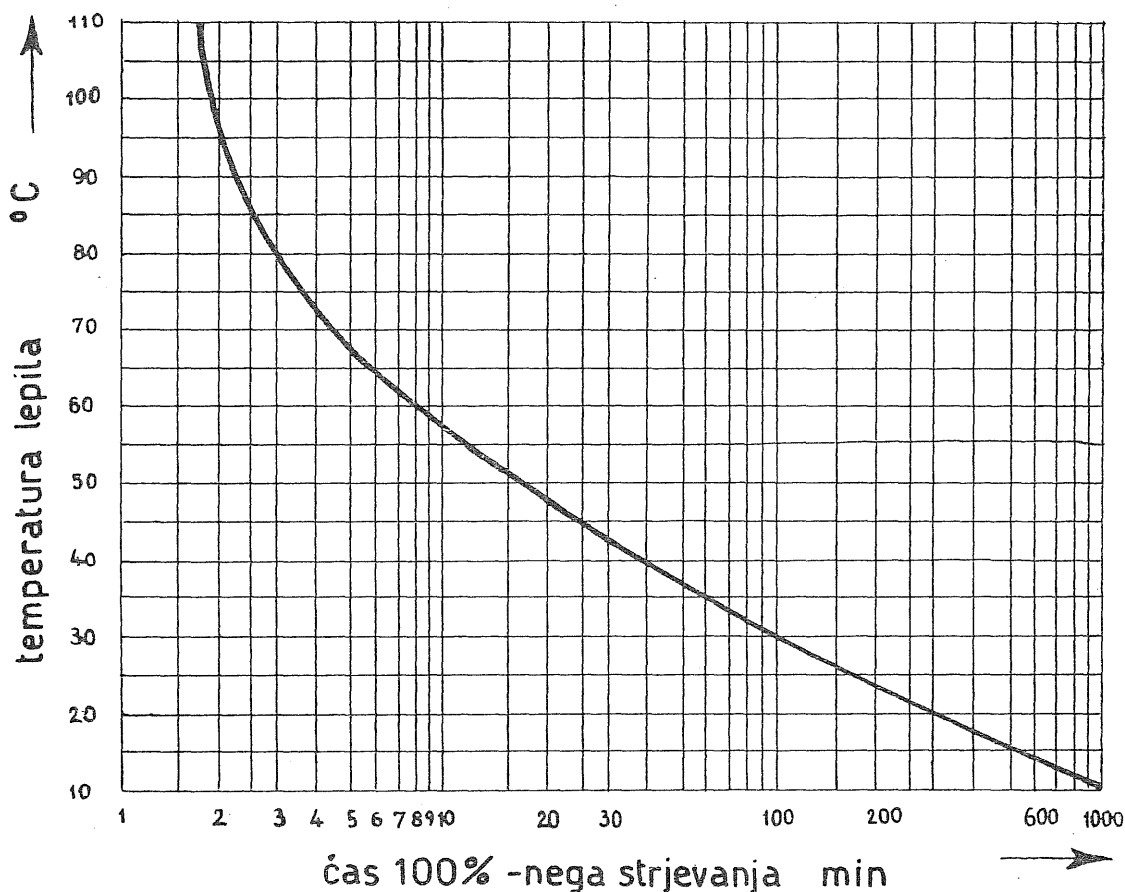
V posebnem elaboratu pa je bil obdelan nov postopek električnega ogrevanja in lepljenja, ki ne zahteva nobenih posebnih investicij ali drugih

naprav. Omejen je na majhen prostor in je uporaben za vsak obrat, od najmanjšega obrtnega do največje tovarne. Vsak obrat si more izdelati sam skoraj vse potrebne pripomočke ali pa si jih za majhna denarna sredstva nabaviti iz domače proizvodnje. Mogoča je serijska izdelava vseh mogočih, različno oblikovanih profilov pohištva in podobnih lesnih proizvodov.

Glavno vodilo pri delu na omenjenem elaboratu (5), izdelanem v Inštitutu za gozdno in lesno gospodarstvo Slovenije, je bilo, da raziskovanja, teoretične poskuse in podatke praktičnih izkušenj o tem postopku čimbolj poenostavimo in jih približamo našim pogojem proizvodnje. Z uvedbo postopka električnega ogrevanja in lepljenja lesa v našo proizvodnjo bo dana možnost povečati proizvodnjo in kakovost proizvodov, občutno pa se bodo zmanjšali proizvodni stroški. Uvesti je mogoče serijsko proizvodnjo profiliranih lesnih proizvodov ter na ta način premestiti težave, ki so nastajale pri prevzemanju inozemskih naročil za te vrste proizvodov, saj je bilo treba taka naročila pogosto odklanjati.

1. RAZVOJ UPOROVNEGA OGREVANJA PRI NAS IN DRUGOD

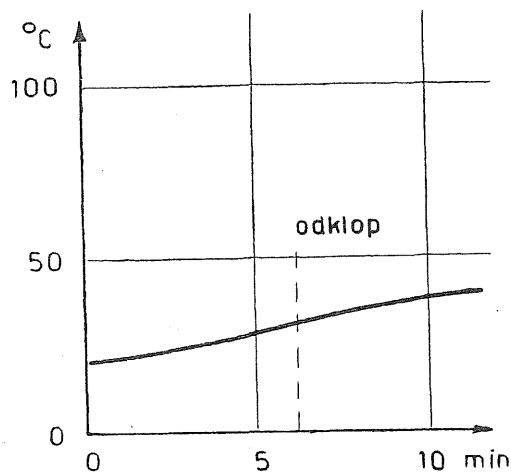
Prve začetke uporabe elektroporovnega ogrevanja v predelavi lesa zasledimo nekako v zadnjih letih druge svetovne vojne, ko je bila oborožitvena industrija v tekmovalni mrzlici prisiljena usvajati nove, naprednejše postopke in si prizadevati za nove iznajdbe. Tako so začeli ta postopek uvajati



Sl. 1. Odnos med temperaturo in časom 100% strjevanja pri običajnem ureaformaldehidnem lepilu

Amerikanci v letalski industriji. Razvijali so ga vzporedno s postopkom visokofrekvenčnega lepljenja za tiste operacije lepljenja, kjer je bil sloj lepila blizu površine in ni bil globlji od 5 mm.

V Angliji se je v tehniki lepljenja elektroporovno ogrevanje začelo uveljavljati šele po letu 1950. Zahodna Nemčija pa je prva v Evropi prevzela ta postopek od Amerikancev in Angležev, in to šele po letu 1953. Od tedaj



Sl. 2. Primer segrevalne krivulje za točko 1,5 mm pod površino. Grelo ima specifično moč 1600 W/m^2

dalje se je ta tehnika krivljenja, zlasti pa lepljenja lesa širila v vse veje lesnopredelovalne industrije, predvsem pa v pohištveno industrijo, industrijo radio ohišij, športnih potrebščin in podobno.

Pri nas so bili že kmalu po letu 1953 napravljeni prvi poskusi elektroporovnega ogrevanja pri lepljenju. Tedanji biro za napredek proizvodnje v lesni industriji je demonstriral ta postopek v Tovarni pohištva v Novi Gorici, kasneje pa še v praktični proizvodnji športnih potrebščin, zlasti smuči, v tovarni »Elan« v Begunjah na Gorenjskem. Vendar so v teh tovarnah opustili začeta dela in postopek je šel v pozabo.

Šele nekaj let kasneje, t. j. nekako pred tremi leti, so v Tovarni pohištva v Novi Gorici zopet poskusili uvesti ta postopek v proizvodnjo. Izdelane so bile prve naprave za lepljenje furnirja na robove, nato še za lepljenje furnirja na razne dele pohištva, kot n. pr. na vrata omar, razne predale, robove miz, psih, posteljnih omaric in podobno. Prej so to delo opravljali na zastareli način s tako imenovanim »zaribavanjem«, ki je zahtevalo veliko delovnega časa in strokovno kvalificirano delovno silo — dobre mizarje.

Za transformiranje električnega toka z omrežne na nizko napetost so uporabljali transformator za taljenje zamrznjenih vodovodnih in odtočnih cevi in zaledenelih strešnih žlebov. Postopek se je v veliki meri izpopolnil, kar je razvidno iz znižanih proizvodnih stroškov in iz precejšnjega povečanja zmogljivosti. Normativ dela in materialnih stroškov lepljenja furnirja se je znižal za 4-krat, čemur je dodati še prihranek v tem, da opravlja sedaj vsa ta dela nekvalificirana ženska delovna sila namesto kvalificiranih mizarjev. Z različnimi izpopolnitvami se je razširilo elektroporovno lepljenje na številna delovna mesta, zlasti na tista, kjer je stiskanje z navadnimi, mrzlimi

ali s paro gretimi šablonami počasno in drago ali kjer bi bile investicije vzporedno s povečanjem proizvodnje za do sedaj poznane naprave predrage.

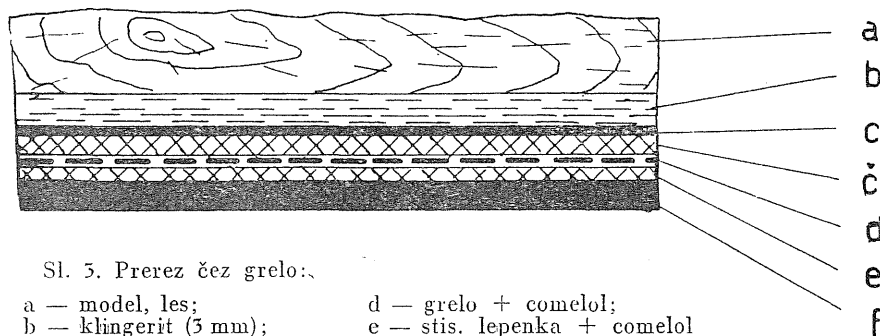
Opravili smo še poskuse, da bi s pomočjo elektroporovnega ogrevanja krivili masiven les v razne oblike. Vendar kasneje poskusov nismo nadaljevali, čeprav so ti privedli do zanimivih ugotovitev. Vsekakor bi bilo priporočljivo nadaljevati s temi poskusi. Tehnična dokumentacija in dragocene izkušnje, ki smo si jih pridobili, bi se mogle koristno uporabiti.

Tehnika elektroporovnega lepljenja se je že začela širiti po Sloveniji, prav zadnji čas pa tudi v drugih republikah. Tako se dandanes uvaja elektroporovno ogrevanje za lepljenje že v tehle tovarnah pohištva v Sloveniji: Tovarna pohištva »Brest« v Čerknici, Lesnoindustrijski kombinat »Javor« v Pivki, Lesnoindustrijsko podjetje »Savinja« v Celju, Tovarna pohištva »Oprema« v Mariboru, Lesni kombinat (za lamelni parket) v Novem mestu in Tovarna pohištva v Brežicah. To uvajanje pa se bori s težavami, ker ni dobre tehnične dokumentacije. Zato je bilo potrebno tehnično obdelati obstoječo izkustveno dokumentacijo, jo spraviti v smotrni okvir, dopolniti z znanstvenimi dosežki, dati strokovno tehnično podlago oziroma orientacijo in ves material prirediti za praktično uporabo. To je Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo storil s pomočjo finansiranja Sklada Borisa Kidriča v omenjenem elaboratu (5).

2. OSNOVNA TEHNIČNA IN EKONOMSKA RAZISKOVANJA APLIKACIJE ELEKTROOGREVANJA PRI LEPLJENJU LESA

a) Splošne misli

Izredno povečanje in močan razvoj proizvodnje v industriji pohištva v zadnjih letih in načrtovanje še večje proizvodnje sili k uvajanju novih tehnoloških postopkov in novih naprav v posameznih delovnih fazah. Tudi vedno večje možnosti izvoza zahtevajo modernizacijo naše proizvodnje pohištva.

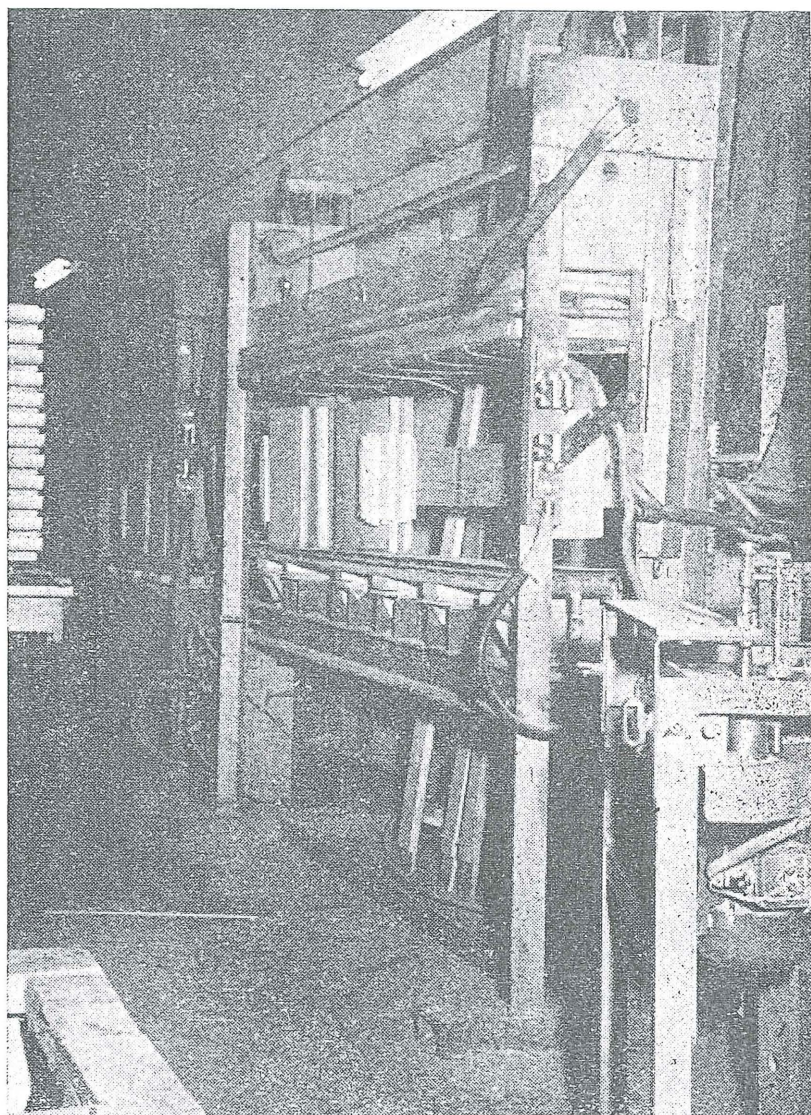


Sl. 5. Prerez čez grelo:

- | | |
|-----------------------------|-----------------------------|
| a — model, les; | d — grelo + comelol; |
| b — klingerit (3 mm); | e — stis. lepenka + comelol |
| c — aluminij (1 mm); | (1 mm); |
| č — stis. lepenka + comelol | f — aluminij (3 mm) |
| (1 mm); | |

Z izgradnjo velikih tovarn in v zadnjem času še z združevanjem obratov v večje proizvodne enote so nastali mnogo ugodnejši pogoji za uporabo sodobnejših tehnoloških postopkov in racionalnejših naprav. Tako so marsikje po obratih ali posameznih delovnih mestih pokazale delovne skupine in posamezniki smisel za povečanje proizvodnje, izboljšanje kakovosti proizvodov, za poenostavljanje postopkov, znižanje stroškov in podobno ter dali iniciativo ali sami izdelali potrebne pripomočke in naprave. Seveda so te novosti

Sl. 4. Stara, na elektro-
uporovno ogrevanje predelana
stiskalnica s transformatorjem
v sredini



po obratih bolj izkustvenega značaja ter so strokovno in ekonomsko slabo obdelane, zaradi česar ne dajejo takih koristi, kot bi jih mogle.

Povečanje produktivnosti z racionalnejšimi proizvodnimi postopki v lesni industriji je pripisati ukrepom, ki jih je ta morala izvesti brez odlaganja, da bi zadostila zahtevam kupcev, predvsem pa izvoza, tako da ne bi bilo treba revolucionarno poseči v dosedanja proizvodnja oziroma tehniko in s tem zavreti njeno kontinuiteto. Okoliščine silijo k uvajanju novih postopkov in naprav v proizvodnjo pohištva, ki omogočajo kvalitetnejšo, pospešeno in cenejšo proizvodnjo.

Furniranje oblikovanih profilov v dosedanjih masivnih, s paro segrevanih stiskalnicah in lepljenje s sintetičnimi lepili imata občutne nedostatke. Naprave so kovinske ali betonske, torej zelo drage, so občutljive pri rokovanju, zahtevajo napeljavo parnih in kondenzacijskih cevi po proizvodnem traku v obratih, so počasne in jim ne moremo uravnjavati toplote, z njimi ni mogoče istočasno lepiti kosov različne debeline in podobno. Zato se je vedno ostreje kazala potreba po preprostejših in drugačnih električno segrevanih lepilnih pripravah, ki bi bile cenejše in izdatnejše po učinku.

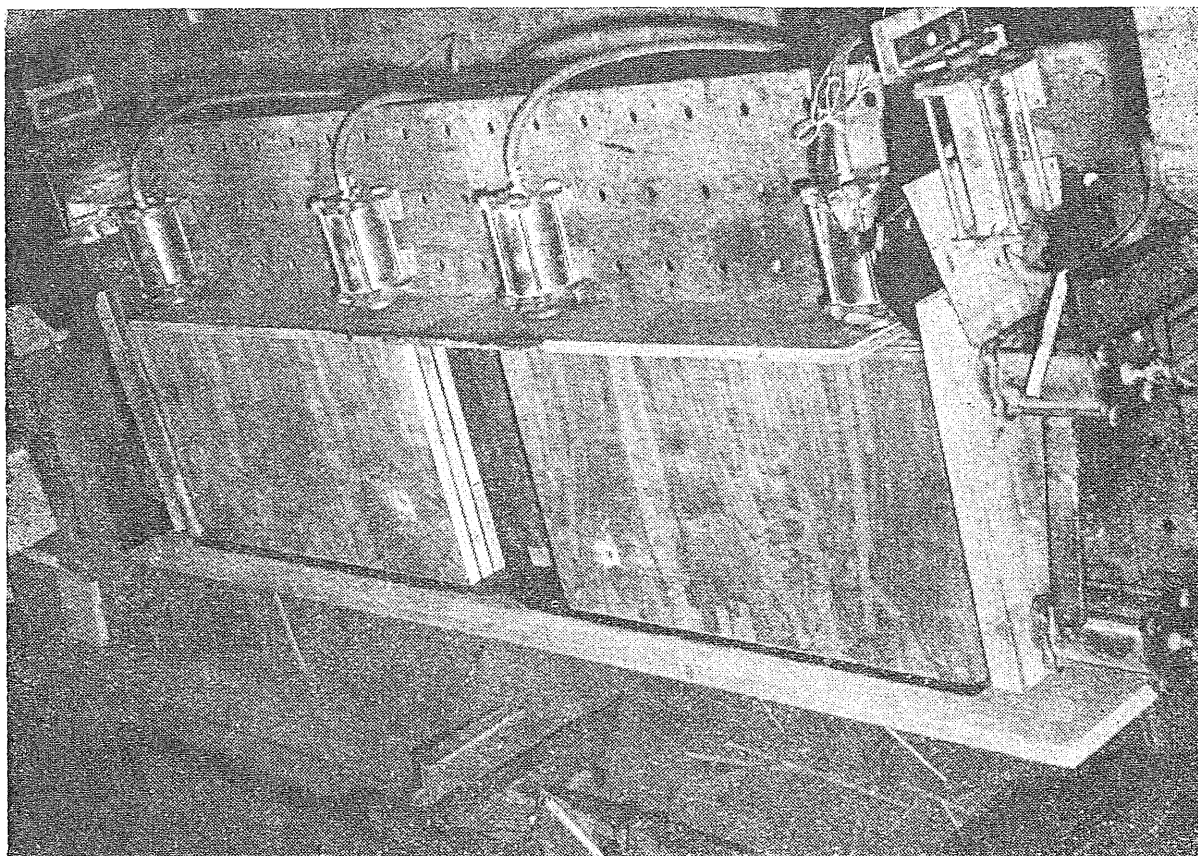
Namesto starega parnega ogrevanja in lepljenja z nizkotlačno ali visokotlačno paro v velikanskih stiskalnicah se poleg uporovnega električnega ogrevanja uveljavlja tudi visokofrekvenčno dielektrično segrevanje, ki pa ima v primerjavi z uporovnim popolnoma drugo področje uporabe. Visokofrekvenčno ogrevanje je globinsko, pri čemer se les segreva od sredine proti površini. To segrevanje je hitro in gospodarno ter je primerno za serijsko proizvodnjo oziroma lepljenje masivnejših lesnih proizvodov, n. pr. stolov, sanuči, upognjenega pohištva itd.

Poznamo še segrevanje z infrardečimi žarki, ki je primerno bolj za površinsko ogrevanje. Vsak od naštetih načinov ima za konkreten primer svoje prednosti in pomanjkljivosti. Zato je za pravilno izbiro enega naštetih načinov potrebno obvladati lastnosti vseh.

Ako smo postavljeni pred vprašanje, katerega od znanih in že omenjenih načinov ogrevanja naj izberemo za segrevanje naprav pri oblaganju oziroma stiskanju furniranih ali oblikovanih površin, moramo pretehtati vse činitelje, na katere je treba v industrijski proizvodnji računati. Poleg individualnih pogojev, odvisnih od posebnih okoliščin vsakega obrata, je potrebno pri izbiri upoštevati predvsem tele važnejše činitelje:

1. Pri globinskem ogrevanju se bomo odločili za visokofrekvenčno, pri bolj površinskem pa za elektrouporovno ogrevanje.

2. Za univerzalne naprave, s katerimi opravljamo razne operacije, n. pr. lepljenje letvic oziroma robov raznih velikosti in oblik, ima prednost elektro-



Sl. 5. Horizontalna stiskalnica za robove s pnevmatičnimi cilindri

uporovno ogrevanje, medtem ko je za specialne naprave za samo eno trajno vrsto operacije potreben premislek.

3. Tudi številne različne operacije oblaganja z lepljenjem, ki se morajo opraviti v kratkem času, t. j. v eni izmeni ali celo v eni uri, govore za uporabo elektroporovnega ogrevanja.

4. Katero temperaturo zahteva vrsta lepila, ki ga uporabljamo?

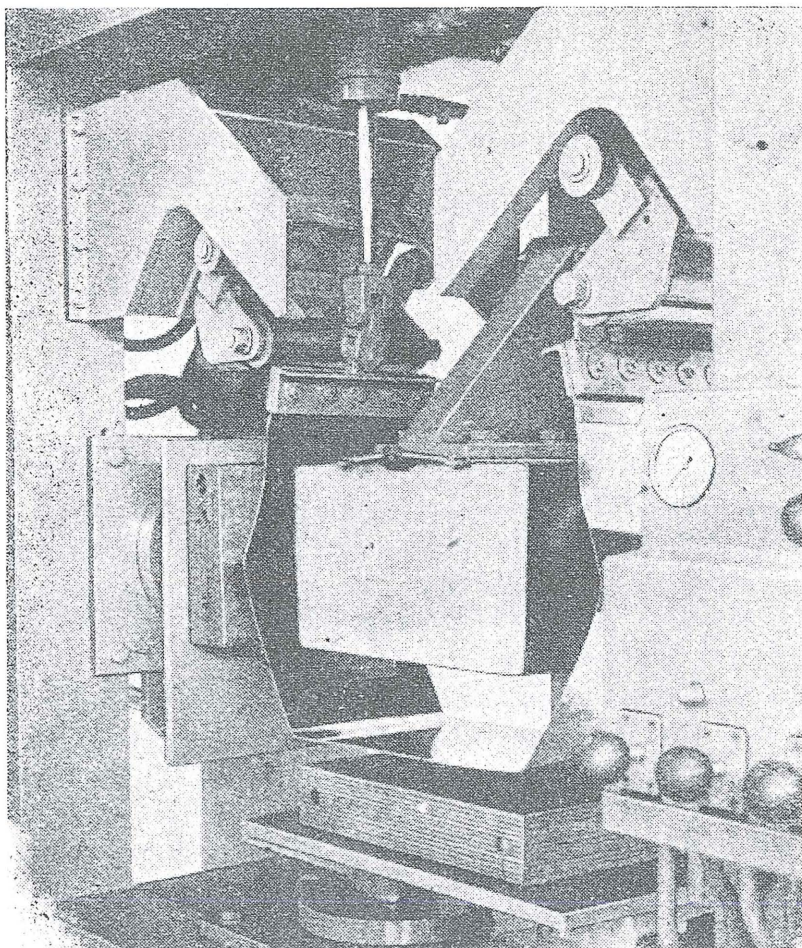
5. Način ogrevanja je odvisen tudi od oblike in velikosti s furnirjem obložene površine.

6. S kakšnimi viri energije razpolagamo in kakšni so stroški za potrošeno energijo ali njeno instalacijo?

7. Ekonomska in tehnična analiza tehnološkega postopka.

b) Osnove elektroporovnega ogrevanja

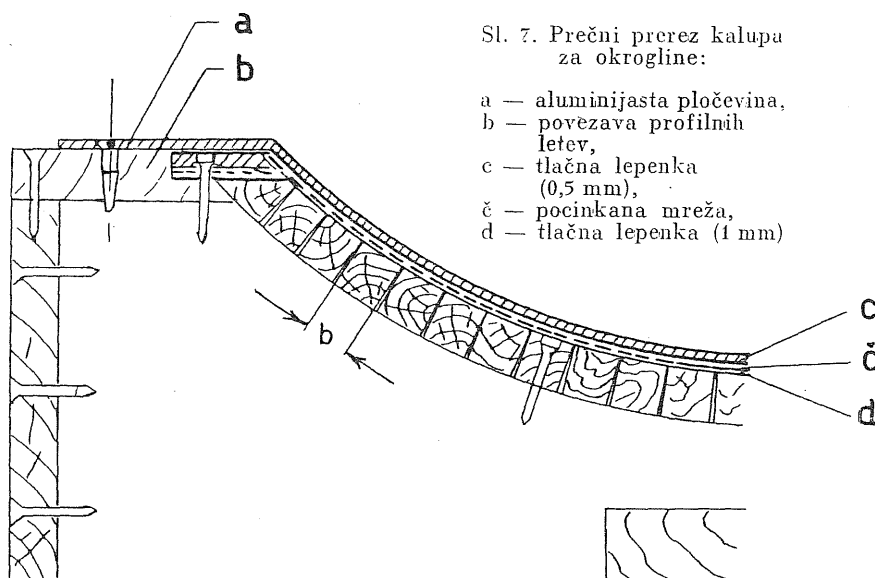
Če hočemo električno energijo spremeniti v toplotno, uporabimo vodnike z veliko upornostjo, kot n. pr. kantal, reotan, železno pločevino in podobno, ali pa povišamo moč električnega toka, podobno kot pri električnem varjenju, kjer tok ustvarja toliko toplote, da se kovina topi na mestu varjenja. Tudi uporovno segrevanje naprav z nizko napetostjo je zasnovano na tem načelu. Pri tem je važno, da so vsi spoji z grelnimi pločevinami popolni, da ne bi povzročali zmanjšanja prereza, kar bi zviševalo upornost in povzročalo ne-



Sl. 6. Elektroporovno ogrevana stiskalnica za izdelavo radijskih in televizijskih ohišij

potrebno pregrevanje kontaktov. Grelna pločevina pa mora imeti čimmanjši prerez, da bi se električna energija zaradi upornosti spreminjala v toploto.

Načelo uporovnega ogrevanja je v transformaciji napetosti 380/220 V na nizko napetost 5 do 42 V, pri kateri dobimo velike toke. Ako ti veliki toki tečejo po kovinskem traku majhnega prereza ali pa visoke upornosti, se ta kovinski trak segreva. Ko to toploto odvajamo na lepljeno površino, doseže-



Sl. 7. Prečni prerez kalupa za okrogline:

- a — aluminijasta pločevina,
- b — povezava profilnih letev,
- c — tlačna lepenka (0,5 mm),
- č — pocinkana mreža,
- d — tlačna lepenka (1 mm)

mo, da se lepilo strdi v prav kratkem času brez kakih posebnih stroškov in naprav. S povezavo več takih naprav moremo lepiti istočasno vrsto izdelkov ali polizdelkov različnih oblik. Zaradi uporov se na kovinskih trakovih izgublja napetost, ne izgublja se pa tok. Pri manjših površinah uporabljamo zaradi tega nižjo napetost s približno 5 do 20 V, pri večjih površinah pa večamo to napetost sorazmerno z večanjem površine do 42 V. Pri tem uporabljamo ustrezní transformator, ki mora biti regulacijski.

Ko na koncih nekega prevodnika elektrike v obliki traku ali kovinske palice, plošče ali žice priključimo določeno napetost, začne teči skozenj tok. Velikost tega toka je odvisna od več činiteljev, n. pr. od površine prečnega preseka prevodnika, od njegove dolžine, od materiala, iz katerega je prevodnik, in od višine priključene napetosti. Pri prehodu toka skozi prevodnik se v njem razvija toplota, a količina te toplote je odvisna od količine toka, ki prehaja skozi prevodnik. Ako količino toka povečamo za dvakrat, se učinek ogrevanja poveča za štirikrat. Če pa količino toka zmanjšamo za polovico, se v prevodniku razvija le četrтина prejšnje količine toplote.

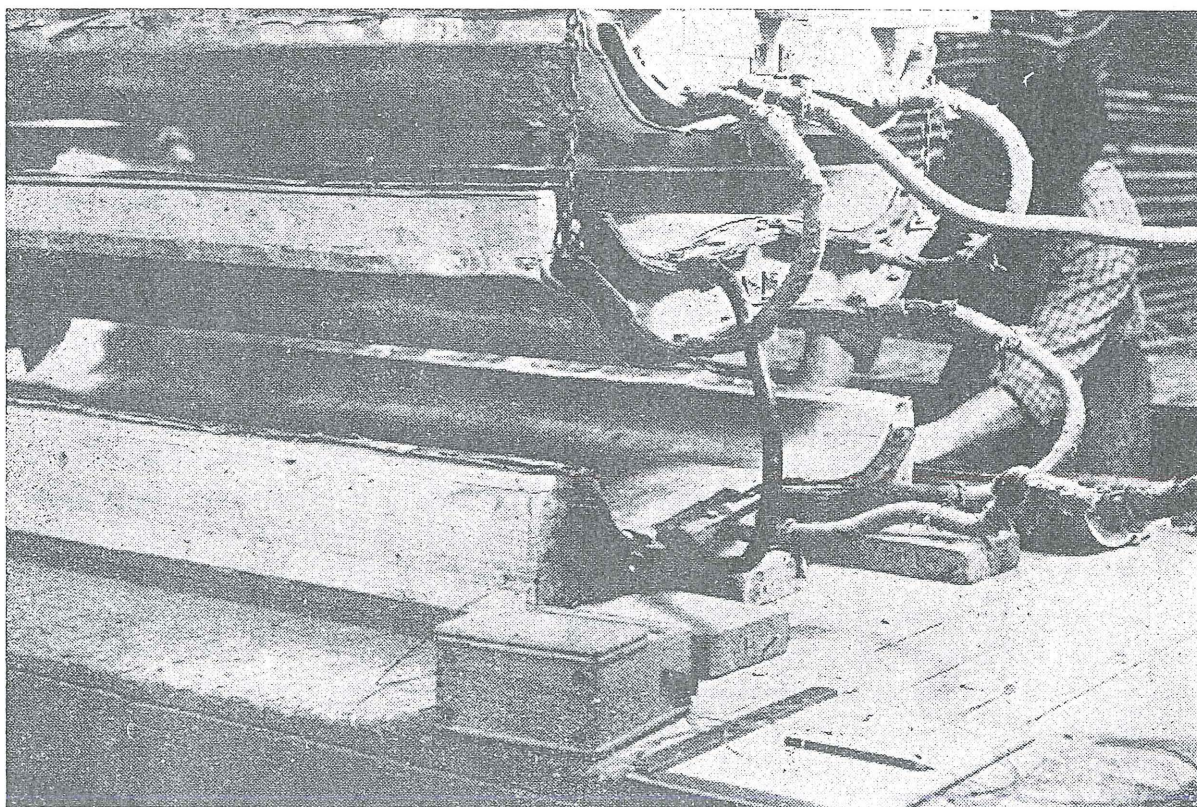
Odpor prevodnika proti električnemu toku odreja količino toplote, ki se razvija pri določeni količini toka. Čim večji je ta odpor, tem višja toplota se razvija. To povečanje toplote je direktno sorazmerno s povečanjem električnega upora prevodnika. Zato je potrebno, da daje prevodnik čimvečji odpor, da na ta način čimbolj omeji tok, ki prehaja skozenj. Mnogo laže je namreč voditi od transformatorja do grelnega traku manjše količine toka, pri katerih nastajajo majhne energije, pri večjih količinah toka pa so te izgube večje.

Količina toka, ki prehaja skozi grelna telo iz določenega materiala z določeno velikostjo prečnega preseka in dolžino, je neposredno odvisna od napetosti na priključkih na obeh koncih grela.

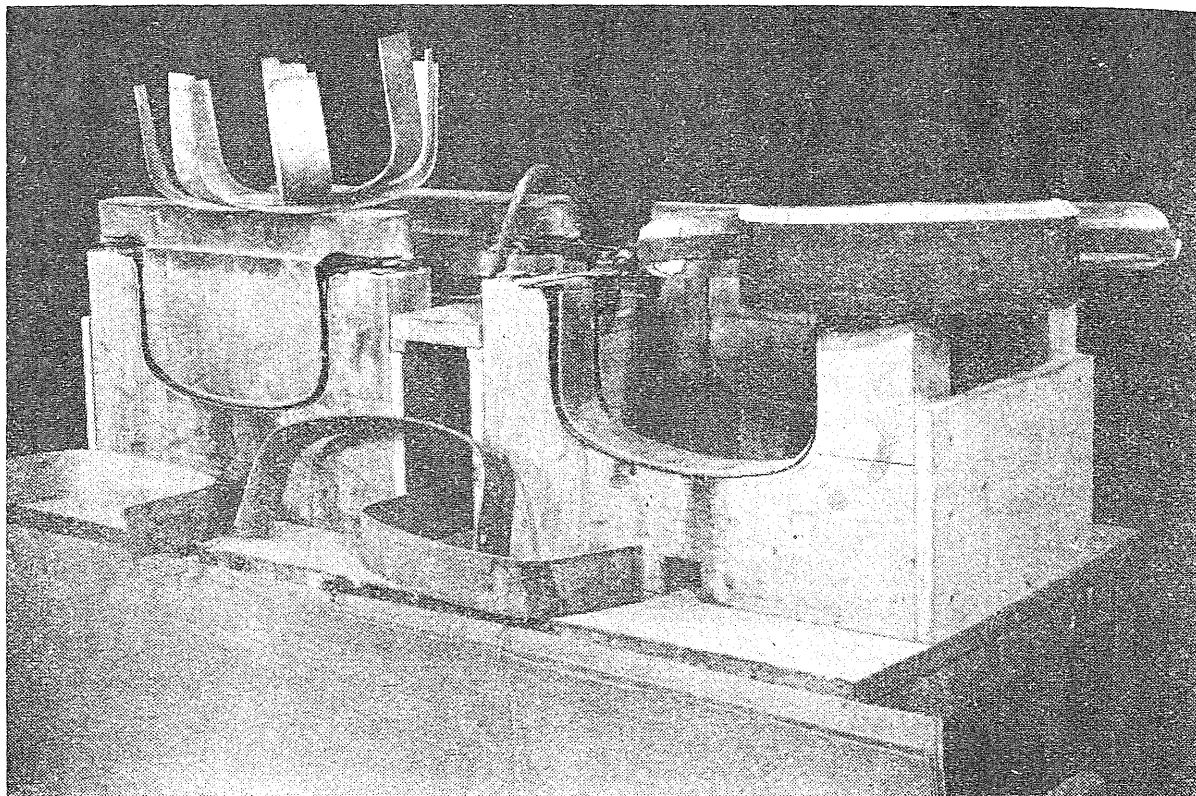
c) O lepljenju z elektroporovnim ogrevanjem

Pri vedno večji uporabi lepil iz sintetičnih smol pri lepljenju lesa igra toplota mnogo večjo vlogo kot kdaj koli prej pri organskih lepilih. Prav ta lepila iz sintetičnih smol se odlikujejo s hitrim in pospešenim vezanjem pri povišani temperaturi. To povišanje temperature lepila moremo doseči na dva načina: ali z razvijanjem toplote v lesu ali v lepilu samem, ali pa s prislanjanjem zalepljenega spoja ob toplo telo ali površino, ki prevaja toploto skozi les do sloja lepila. Toploto v lesu ali v sloju lepila razvijamo z visokofrekvenčnim segrevanjem, ki mu pravimo »notranje« segrevanje. To razvija visoke temperature v sloju lepila, površine lesa pa ostanejo hladne. Z »zunanjim« segrevanjem pa prevajamo toploto od grelnega telesa, n. pr. z vročo stiskalnico, skozi les do sloja lepila. Drugi način takega zunanjšega ogrevanja izvedemo tako, da spojimo sloj lepila s tankim kovinskim trakom ali z žico, skozi katero prehaja električni tok, pri čemer pride do zvišanja temperature.

Med najpomembnejše napredke v razvoju tehnologije izdelave pohištva v zadnjih letih štejemo uvajanje sintetičnih smol termodinamičnega tipa za proizvodnjo lepil. Ta lepila se izredno hitro uveljavljajo in izpodrivajo tradicionalna živilska lepila. Sintetična lepila imajo v primerjavi z živalskimi več pomembnih prednosti. Odporna so proti vodi in proti mikrobiološkim



Sl. 8. Odprta elektroporovna stiskalnica za furniranje valovitih ploskev



Sl. 9. Elektroporovno greta naprava za segrevanje krivin

napadom, čas strjevanja je izredno kratek, sloj lepila je mnogo bolj čvrst in trden idr.

Živalska lepila se strjujejo z ohlajevanjem in z izgubo vlage. Že strjeno tako lepilo moremo ponovno raztopiti z vročo vodo. Proces pri živalskih lepilih je torej reversibilen. Pri strjevanju sintetičnih termotrdnih lepil pa nastopa kemična reakcija ki poteka s hitrostjo, odvisno predvsem od dovajanja toplote. S toploto moremo zavirati ali pospeševati strjevanje, strjenega lepila pa ne moremo več omehčati, torej postopek ni reversibilen. Sintetične smole so tako občutljive na toploto, da more že razlika med toplo in hladno delavnico znatno vplivati na čas strjevanja.

Poskusi z ureaformaldehidnim lepilom so pokazali, da mora biti zalepljen izdelek v stiskalnici tri ure pri temperaturi 18°C , da se lepilo strdi. Pri temperaturi 27°C je dovolj že eno- in polurno stiskanje, pri 66°C samo še tri minute, pri temperaturi 88°C pa je potrebna samo 1 minuta, da se lepilo primerno strdi. Sicer se dandanes proizvajajo že tudi živalska lepila, katerih strjevanje pospešimo z dovajanjem toplote in bi bila do neke mere konkurenčna sintetičnim lepilom, če bi bila odporna proti vlagi.

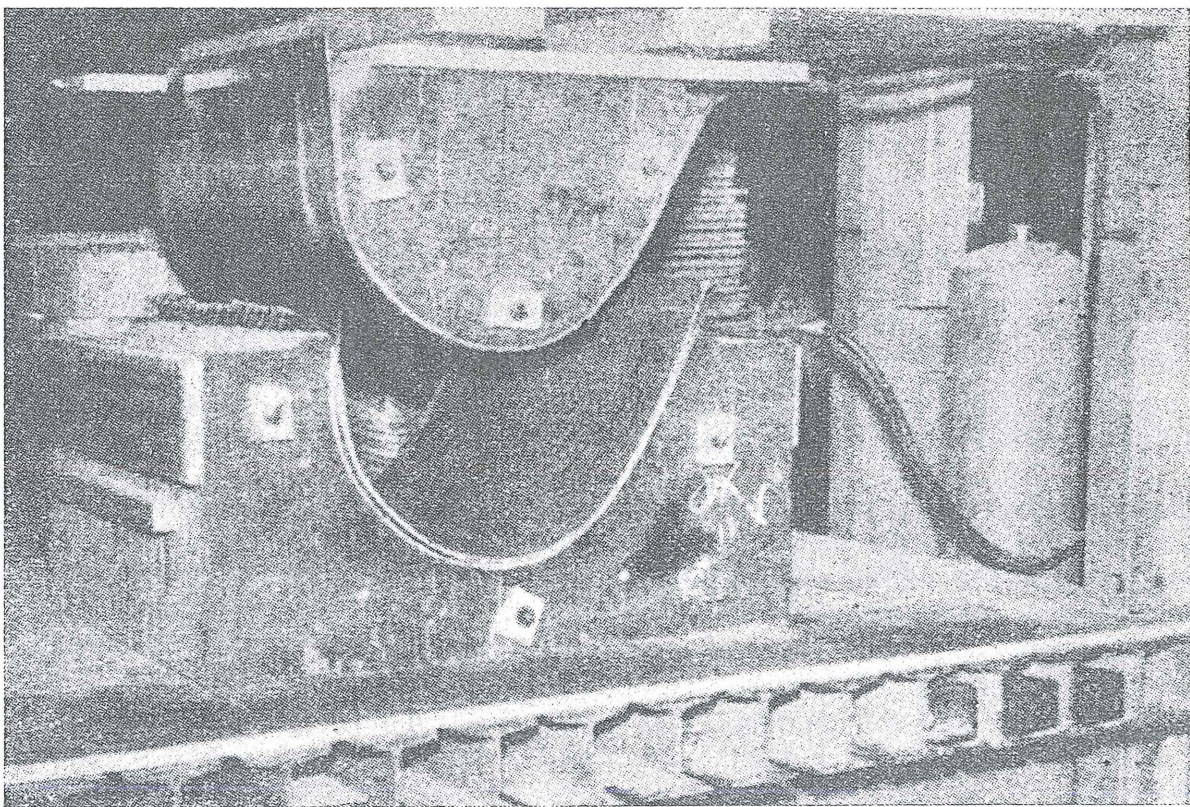
V tem delu se omejujemo samo na prikaz metod, pri katerih se razvija toplota zaradi upora električnega toka v prevodniku. Pri tem bi mogle biti zajete tudi stiskalnice z električno ogrevanimi ploščami, vendar so njihove značilnosti znane, glede njihovega učinka pa so povsem enake stiskalnicam, ogrevanim s paro. Vsi načini elektroporovnega ogrevanja, ki jih v tem delu obravnavamo, pa imajo veliko prednost v tem, da omogočajo proizvodnjo z visokimi temperaturami v navadnih hladnih stiskalnicah. Poleg tega te

načine lahko uporabljamo za ukrivljene in drugače oblikovane izdelke, ne da bi pri tem potrebovali drage jeklene kalupe in modele. Namesto teh moremo uporabiti šablone iz masivnega, lameliranega ali vezanega lesa.

Čim bolj je sloj lepila oddaljen od grelnega elementa, tem več časa bo porabila toplota, da ga doseže. Izkušnje so pokazale, da je za vsak milimeter prehoda toplote proti plasti lepila potrebna približno ena minuta, kar velja do nekako 6 mm debeline. Ako ogrevamo proizvod z obeh strani, pa velja 1 minuta za prehod toplote skozi 1 mm do 12 mm debeline. Pri debelinah nad 6 mm se poveča čas prevajanja toplote na 1,5 minute za vsak milimeter. To velja do 12 mm debeline oziroma do 24 mm pri obojestranskem ogrevanju. Temu času prevajanja toplote je dodati še čas, potreben za strjevanje lepila, ki znaša povprečno pol minute.

Temperatura grela je običajno 110° C, čas za vezanje lepila pa računamo pri 100° C. Za lepljenje 0,6 mm debelega furnirja na robove rabimo za prehod toplote 0,6 minute in za strjevanje pol minute, skupaj 1,1 minute. Pri debelini furnirja 1 mm rabimo za prehod toplote in strjevanje skupaj 1,5 minute. Pri tem upoštevamo, da v celem ogrevanem sloju ni nad 15 % vlage. Pri povečani vsebini vlage je potrebna večja količina toplote za prehod in za vezanje lepila.

Za lepljenje lameliranih kosov, debelih 12 mm, ki so sestavljeni iz 5 furnirjev od 2 mm in obloženi na obeh straneh površine z 1 mm debelim pokrivnim furnirjem, potrebujemo za ves postopek 5,5 minute, če jih grejemo z obeh strani. Če je torej z vsake strani 1 mm pokrivni furnir in 2 plasti furnirja, debeli po 2 mm, to je skupaj 5 mm debeline in je treba 5 minut za prehod toplote, nato še 0,5 minute za strjevanje, dá to skupaj 5,5 minute. Ako bi ta



Sl. 10. Matrica in patrica pri elektrouporovnem lepljenju oblih površin

12 mm debeli proizvod ogrevali samo z ene strani, bi porabili za 1 mm debeli pokrivni furnir 1,5 minute in za 5 slojev po 2 mm debelih furnirjev 15 minut ($5 \times 2 \times 1,5$), skupaj 16,5 minute in še pol minute za strjevanje, torej skupno 17 minut, to je dobrih 3-krat več kot pri segrevanju z obeh strani. Zato je izvajati pri debelejših proizvodih segrevanje z obeh strani, pri čemer je sicer poraba toplote po enoti časa večja, občuten pa je skupen prihranek na času in toploti. Uporabljati je lepila, ki hitro — vendar ne prehitro — vežejo.

Pri lepljenju poševnih spojev pri surovem lesu je dovolj 4 do 5-minutno ogrevanje, ki veže lepilo na ogleh, kjer je les tanjši. Na debelejšem koncu pa bo vezala lepilo akumulirana toplota potem, ko izdelek že vzamemo iz stiskalne naprave.

Pri lepljenju oblikovanih radio in televizijskih ohišij, katerih debeline so od 4 do 8 mm, se menja čas ogrevanja glede na konstrukcijo in položaj slojev lepila. Pri nekaterih 4 mm debelih plaščih je najbolj oddaljen sloj lepila 2 mm od površine, pri drugih pa 1,5 mm. Pri prvih je čas ogrevanja 2,5, pri drugih pa 2 minuti. Šestmilimetrski plašči imajo zadnji sloj lepila 2 do 3 mm oddaljen od površine, 8-milimetrski plašči pa 3 do 4 mm. Za prve traja ogrevanje 2,5 do 3,5 minute, za druge pa 3,5 do 4,5 minute.

Za določevanje časa segrevanja ni mogoče navesti univerzalnih napotkov. Na hitrost strjevanja lepila vplivajo številni dejavniki. Za grela z majhno toplotno kapaciteto velja hitrost dviganja temperature $2,5^{\circ}\text{C}$ na 1000 W/m^2 specifične moči. Tako s pomočjo krivulje ali proizvajalčevih podatkov določimo potreben strjevalni čas za vsako lepilo. Pri debelejših proizvodih je upoštevati, da se toplotni val širi v globino s kvadratom razdalje. Čim globlje mora, tem počasneje prodira.

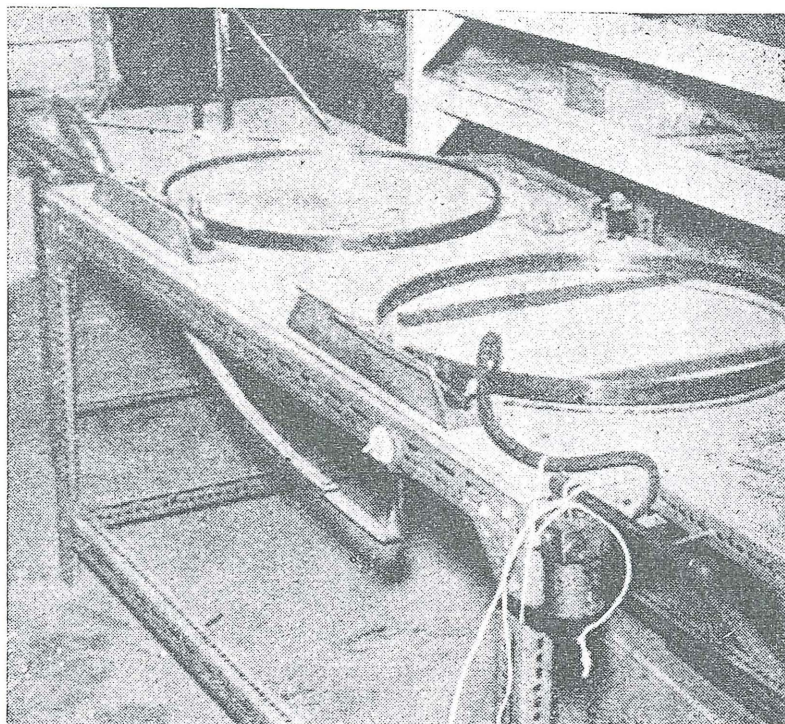
č) Pritiski

Za vezanje sintetičnih lepil je poleg toplote potreben tudi določen pritisk, ki ima dve nalogi: zapira in stiska lepilo med dvema kosoma lesa, s čimer doseže tamenk sloj lepila. Druga njegova naloga pa je, da drži lepilo med ogrevanjem pod zadostnim pritiskom, ki preprečuje penjenje lepila, če začne voda v njem vreti. Čim tanjši sloj lepila naneseemo, tem čvrsteje bo vezal in spoj bo videti lepši in čistejši, zlasti po končani površinski obdelavi. Pri premajhnem pritisku bi začela voda v lepilu vreti, izmetavala bi lepilo iz spoja ali ga kopicila na posameznih mestih. Tako bi bila trdnost vezanja preostalega lepila zmanjšana. Ako pa je lepilo močno stisnjeno, se povišuje njegovo vrelišče in lepilo se strjuje prej, preden doseže točko vrenja. Velikost pritiska ni omejena.

Pri furniranju robov mehkega lesa mora biti minimalni pritisk $1,75\text{ kg/cm}^2$, pri trdem lesu pa se more ta pritisk povečati še za toliko. Najpreprosteje izvedemo pritisk s pnevmatičnimi cilindri, ker dajejo vedno isti pritisk. Dimenzije cilindrov dobimo tako, da ugotovimo lepljeno površino v cm^2 in jo pomnožimo s potrebnim pritiskom v kg/cm^2 . Tako dobimo celotno potrebno moč pritiska. To celotno moč razdelimo na posamezne cilindre in dobimo moč, ki jo mora dati vsak cylinder, iz česar izračunamo njegovo velikost.

Ako je lepljena površina $200 \times 5 = 1000\text{ cm}^2$ in je potreben pritisk 2 kg/cm^2 , torej skupno 2000 kg , uporabimo n. pr. 4 cilindre s pritiskom po 500 kg . Ako je pritisk zraka 6 atmosfer, mora biti premer cilindra po priloženi tabeli 110 mm (sredina 471 kg s 100 mm premera in 736 kg s 125 mm pre-

Sl. 11. Elektroporovno furniranje okroglih robov z ročnim stiskanjem na ekscenter



mera). Alko bi uporabili samo 3 cilindre namesto 4, bi moral vsak dati 667 kg pritiska. V tem primeru bi morali uporabiti cilindri s premerom 125 mm (736,2 kg v tabeli).

Za majhne pritiske uporabljamo ekscentre na ročne vzvode. Njihova slaba stran je, da so odvisni od spremenljive moči delavca in da pri stiskanju radi povzročajo spodmikanje lepljene površine zaradi trenja med lesom in ekscentrom. Zato je treba ekscentre postaviti tako, da se dva sosedna ekscentra obračata v nasprotni smeri.

Na drugi način izvajamo pritiske s pomočjo ročnih steznikov na vzvod, s katerimi dosežemo več sto kilogramov visoke sile. Vendar jih je treba predstavljati in prilagajati, če se velikost proizvoda menja. Bolje je vedno izdelati večje steznike kakor manjše, ker se večji lažje prilagodijo raznim velikostim stiskanih proizvodov in imajo večji hod.

Moč pnevmatskih cilindrov raznih velikosti v kg/cm² pri različnih pritiskih zraka

Premer cilindra mm	Pritisk kg/cm ² pri zračnem pritisku (at.)								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
50	39,2	58,8	78,4	98,0	117,6	137,2	156,8	176,4	196,0
75	88,4	132,6	176,8	221,0	265,2	309,4	353,6	397,8	442,0
100	157,0	235,5	314,0	392,5	471,0	549,5	628,0	706,5	785,0
125	245,4	368,1	490,8	613,5	736,2	858,9	981,6	1104,3	1227,0
150	353,4	530,1	706,8	883,5	1060,2	1236,9	1413,6	1590,3	1767,0
200	628,4	942,6	1256,8	1571,0	1885,2	2199,4	2513,6	2827,8	3042,0
300	1413,8	2120,7	2827,6	3534,5	4241,1	4948,3	5655,2	6362,1	7068,0

Ako uporabljamo več cilindrov, je njihova skupna moč enaka seštevku moči posameznih cilindrov. Pritisk na 1 cm² lepljene površine je enak skupnemu pritisku, deljenemu s stisnjeno površino na 1 cm².

Pritisk je izredno pomemben za doseganje dobrih rezultatov lepljenja. Vedno je boljše delati z večjim pritiskom od predpisanega, kakor pa z manjšim. Premajhen pritisk ima za posledico slab spoj in pogosto se napaka pokaže šele kasneje v obliki bele črte na mestu lepljenja. Predvsem je treba upoštevati, da moramo uporabiti tolikšen pritisk, kolikršnega more spoj prenesti.

5. RAZISKOVANJE UPORABE ELEKTROUPOROVNEGA OGREVANJA

a) Razvoj

Z rastjo življenjskega standarda so rasle tudi zahteve potrošnikov po profiliranem in oblikovno razgibanem pohištvu. Z dosedanjimi napravami, stroji in tehnološkimi postopki ni bilo mogoče serijsko proizvajati takega pohištva. Nastali so problemi dobave prvovrstnega lesa, problem dolgotrajnega sušenja in premajhne zmogljivosti sušilnic, prekomerni odpadki zaradi pokaanja pri sušenju, problem lepljenja okroglih robov in podobno.

Proizvajalci so bili prisiljeni profilirane dele pohištva izdelovati tako, da so tanjše in drobnejše dele slabšega lesa lepili v šablonah v bloke na zahtevano obliko dela pohištva. Na ta način so dosegli tole:

1. Odpadla je potreba po velikih količinah prvovrstne lesne surovine in visoki stroški nabave in transporta teh lesnih mas.

2. Ni bilo treba večati sušilniške kapacitete, pri čemer je odpadla tudi velika potrošnja toplotne energije za sušenje.

3. Teža tako izdelanih lesnih proizvodov se je občutno zmanjšala, ker so bili iz masivnega lesa mnogo težji, kot so iz zlepljenih letvic.

4. Izognili so se velikim količinam odpadkov in uporabili slabši, večkrat celo odpadni les.

Nastal pa je tudi problem, kako izvesti serijsko lepljenje takih profiliranih delov pohištva. Z obstoječimi parnimi stiskalnicami tega ni bilo mogoče rešiti, kajti

1. ni mogoče hitro izdelati točnih, dragih in masivnih odlitkov;

2. gretje s paro je drago in počasno;

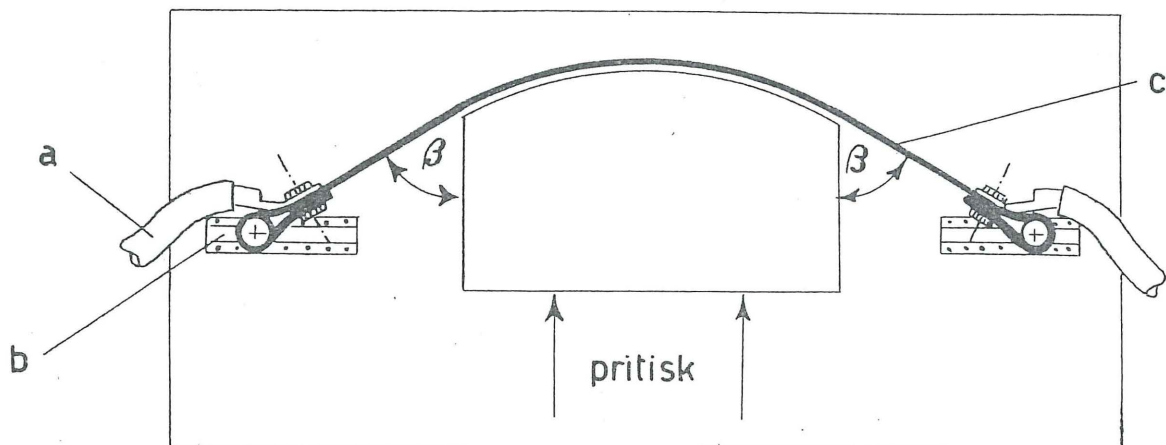
3. neenakomerno debeli profili lesnih proizvodov se neenakomerno pregrevajo; na tanjšem delu bi se že smodili, ko na debelejšem lepilo še ne bi vezalo;

4. nabaviti bi bilo treba nove stiskalnice, ker je parno lepljenje profilov posebno dolgotrajno, zahteva velike obratovalne prostore in kopico raznih naprav.

Po številnih poskusih, raziskavanjih in kalkulacijah so začeli stiskalne naprave ogrevati z električnim tokom nizke napetosti. Pri tem pa se je pojavila ovira, kako izdelati segrevalni transformator z nizko napetostjo. Poskusi izdelave specialnega transformatorja niso uspeli. Problem pa je bil rešen z uporabo običajnega varilnega regulacijskega transformatorja na zračno hlajenje, ki ima široko območje regulacije tokov in napetosti. Tako so z električno ogrevanimi napravami dosegli te prednosti:

1. Odpadli so dragi in težki odlitki, ki so jih nadomestili leseni kalupi, izdelani z rezkarjem po šabloni in obloženi s kovino ali gumo.

2. Z ustrezno regulacijo specifične moči je mogoče regulirati temperaturo



Sl. 12. Priprava za lepljenje majhnih krivih ploskev, ki ne zahteva posebnih kalubov in je prilagodljiva za različne krivine: a — dovodni kabel, b — utor, c — grelni trak

tudi pri neenako debelih profilih in jo povišati celo do 140° pri debelih izdelkih, da bi skrajšali postopek.

3. Zadoščajo obstoječe stiskalne naprave, kar pomeni občuten prihranek na izdatkih za investicije.

4. Omogočeno je tudi čisto in točno delo v vseh prostorih, ker ni napepljana para (odpade odvajanje kondenzata, mazanje tal, polivanje itd.).

5. Za lepljenje vseh profiliranih delov pohištva zadostuje en sam vir nizke napetosti.

b) Uporabnost elektroporovnega ogrevanja

Prvič je bilo ogrevanje z nizko napetostjo uporabljeno za proizvodnjo lameliranih krivim pri letalih. Ta postopek se je nato razvil tudi za lepljenje večjih površin in za izdelavo lameliranih ukrivljenih konstrukcij. Ni pa se ta metoda obnesla za proizvode, pri katerih je sloj lepila zelo globoko (nad 40 mm). Izredno odločilna pri uporabnem ogrevanju je še varnost tega postopka, ker se vseh grel, prevodnikov in zvez od izhoda iz transformatorja lahko brez nevarnosti dotikamo. Nastopajo pa tudi pri tem postopku težave. Prva je, da velike ogrevalne površine zahtevajo zelo močan tok, pri čemer nastajajo problemi dovajanja toka iz transformatorja do elementov grel. Druga pa je, da je pri nekaterih tipih grel ali pri nepravilno izdelanih grelih otežkočeno popolnoma enakomerno ogrevanje velikih površin na vseh točkah.

Postopek elektroporovnega ogrevanja je preprost in ne zahteva posebnih pripomočkov. Potek gretja pri furniranju se razvija v treh stopnjah. Najprej dobi toploto grelo, od njega prodira toplota v les, iz njega v lepilo, ki ga strjuje. Toplota naj bi v celem kosu, ki ga stiskamo pod določenim pritiskom, dosegla enakomerno določeno stopnjo, n. pr. 100°C , in popolno strditvev lepila, preden odnehamo s stiskanjem, ker bi se sicer moglo zgoditi, da bi plast lepila razpokala zaradi v njej nabrane pare. Hitrost dviganja temperature naj bo manjša pri lameliranem lesu kot pri furniranju, ker se tanjši furnir močneje ohlaja ob robih, kar moremo ugotoviti s poizkusi in raziskovanji.

Kot smo že omenili, je uporabnost elektroporovnega ogrevanja v določenih fazah in postopkih lepljenja in ogrevanja skoraj univerzalna. Posebno pa ga priporočamo v tehle primerih:

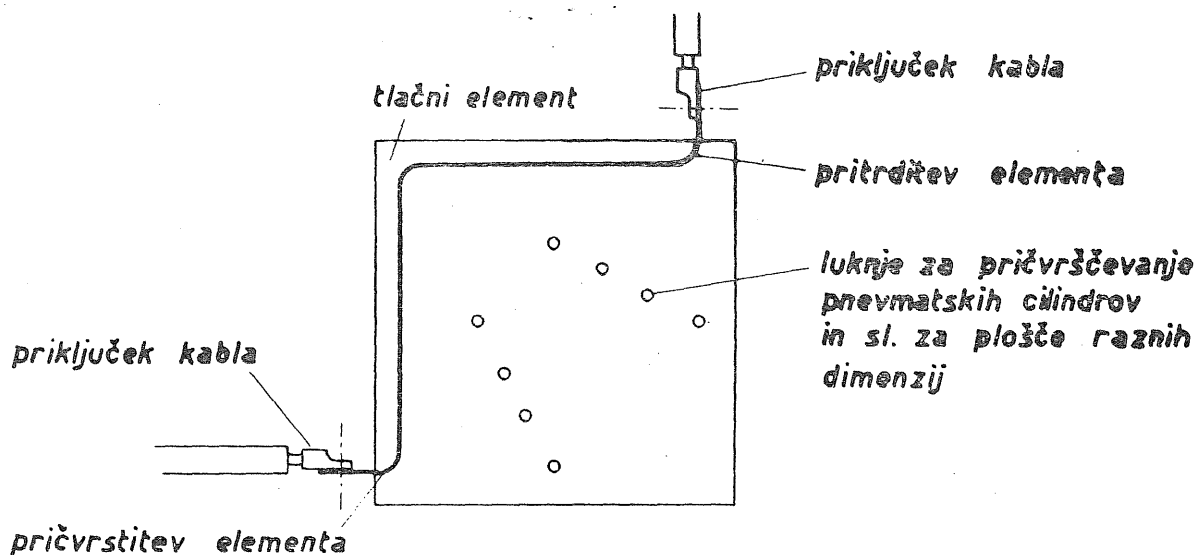
1. v obratih, kjer vlada pomanjkanje pare ali kjer pare sploh ni na razpolago;
2. za take delovne operacije lepljenja in ogrevanja, kjer so potrebne visoke temperature, ki jih ne moremo doseči s parnim ogrevanjem;
3. za oblikovno zamotane izdelke, za katere bi bili kalupi in njih izdelava preveč dragi;
4. pri lepljenju furnirja in bolj tankih plasti lesa tako, da najoddaljenejša plast lepila ni od grela dalj kot 10 mm;
5. pri postopkih, ki zahtevajo v eni napravi različne stopnje temperature;
6. za raziskovalna dela, poizkuse, izdelavo prototipov, za individualno proizvodnjo, za manjše ali večje množine zapletenih ali preprostih operacij.

c) Ekonomske prednosti elektroporovnega ogrevanja

Prednosti transformiranega toka za segrevanje pri stiskanju in lepljenju moremo pravilno oceniti šele po daljšem obratovanju in uporabi. Pred nekako tremi leti smo začeli s poizkusi v večji tovarni pohištva samo na enem izdelku. Z izpopolnitvami in izkušnjami pa smo metodo lepljenja z elektroporovnim ogrevanjem razširili na številna delovna mesta v tovarni, za najrazličnejše operacije in izdelke. Postopek se je razširil tudi v nekatere druge tovarne.

Z raziskovanji in praktičnimi izkušnjami smo prišli do zaključkov, da je uporaba elektroporovnega ogrevanja v finalni obdelavi zelo ekonomična in ima v primerjavi z dosedanjimi postopki tele prednosti:

1. Gospodarno izkorišča energijo, ker so količine toplote, ki uhaja v okolico, izredno majhne. Toplota, ki se razvija v napravah, se izkoristi skoraj neposredno, na mestu njenega nastanka.
2. Obratovanje je zelo poceni, saj se porabi za segretje in zalepljenje 1 m² površine izdelka pri temperaturi do 100° C le 0,2 do 0,3 kWh, pri nespretnih konstrukcijah pa do 1,2 kWh električne energije. Ceno električne energije primerjamo s ceno industrijsko proizvedene ali kupljene pare v primerjalni kalkulaciji med parnim in elektroporovnim ogrevanjem pozneje.



Sl. 15. Priprava za istočasno furniranje dveh robov plošč različnih dimenzij

3. Vse obratne naprave in pripomočki za uvedbo tega postopka so lahke, majhnih dimenzij in poceni. Skoraj vse more izdelati uporabnik sam iz lesa in iz drugih domačih materialov, ki so na razpolago.

4. Možno je uravnavanje različnih temperatur v določenem območju celotne obratne naprave ali pa tudi v njenih posameznih delih.

5. Posebno uspešno se ta postopek uveljavlja v obratih, kjer iz ekonomskih ali tehničnih razlogov ni mogoče uporabiti parnega ogrevanja.

6. Omogoča vzdrževanje neprimerno večje čistoče in varnosti pri delu, kakor pa parno segrevanje. Nizka napetost teh naprav, 5 do 42 V, človeškemu organizmu v suhih prostorih ni nevarna.

7. Obravnavanje transformatorja in vseh stiskalnih naprav je povsem zanesljivo, če so vestno izdelane, kar dokazujejo že večletne izkušnje v nekaj obratih.

8. Rokovanje z napravo in njeno vzdrževanje je preprosto in ceneno.

9. Uvedba tega postopka ne zahteva posebnih investicijskih stroškov.

č) Primerjava kalkulacije proizvodnih stroškov med parnim in uporovnim ogrevanjem

A. Elektroporovno ogrevanje

Za osnovo pri izdelavi te primerjalne kalkulacije proizvodnih stroškov smo vzeli enoetažno pnevmatično stiskalnico, urejeno na elektroporovno ogrevanje; proizvodne stroške le-te primerjamo s stroški parno ogrevane stiskalnice tipa Fritz.

Za uporovno ogrevanje navajamo primer iz naše prakse, ki pa nikakor ni zgleden, saj mu manjka še vrsta izpopolnitev in strokovne obdelave. Obravnavana pnevmatična stiskalnica zlepi z uporovnim ogrevanjem v 1 uri $6,7 \text{ m}^2$ po eni strani. Ker lepi površine z obeh strani, izdelata torej obojestransko $13,4 \text{ m}^2/\text{uro}$. To številkko upoštevamo v naši kalkulaciji. V kalkulaciji stroškov za porabljeni električni tok smo ugotovili, da stane električna energija za zalepljenje 1 m^2 površine izdelka 8,50 din, v čemer je upoštevana tokovina in prispevek.

Razčlenjena kalkulacija proizvodnih stroškov lepljenja z uporovnim ogrevanjem je takale:

1. Uporovno ogrevanje stiskalnice v 1 uri:

$13 \text{ m}^2/\text{h} \cdot 8,50 \text{ din} \dots \dots \dots \text{ din/h } 110,50$

2. Poraba toka za pogon pnevmatične stiskalnice:

$3 \text{ kW} \cdot \frac{8}{60} \cdot 12 \text{ din/kWh} \dots \dots \dots \text{ din/h } 4,80$

Porabo električne energije za pogon pnevmatične stiskalnice izračunamo tako, da pomnožimo moč elektromotorja stiskalnice $P = 3 \text{ kW}$ z obratovnim časom $t = 8 \text{ minut}$ v teku 1 ure (= 60 minut) in z zmogljivostjo stiskalnice v 1 uri, ki je 13 m^2 zalepljene površine.

Upoštevati je treba še obračun konice ali mesečnega prispevka po 1400 din/kW mesec = 4200 din/mesec ali na uro pri 250 delovnih urah na mesec:

$4200 \text{ din}/250 \text{ ur} \dots \dots \dots \text{ din/h } 16,70$

5. Amortizacija obstoječih pnevmatičnih stiskalnic za dobo 10 let pri obrestni meri 6 odstotkov, katere knjižna vrednost je 1.500.000 din:

$$A = K \frac{r^n (r - 1)}{r^n - 1} = 1.500.000 \cdot \frac{1,06^{10} (1,06 - 1)}{1,06^{10} - 1} = 1.500.000 \times 0,1359 = 203.850 \text{ din/leto.}$$

Če računamo na leto 300 delovnih dni z 10-urnim delovnim časom na dan, znesse amortizacija stiskalnice na uro:

$$A = \frac{203.850}{300 \times 10} \text{ din/h } 68.—$$

4. Šablone in modeli stanejo za 1 m² površine stiskalnice, kar je 2 m² obojestransko lepljene površine, okoli 12.000 din. Z eno šablono zafurniramo obojestransko najmanj 4000 m². — Tako torej ugotovimo, da stanejo šablone za enourno delo pri zmogljivosti 13 m²/uro:

$$\frac{12.000 \text{ din}}{4.000 \text{ m}^2} \times 13 \text{ m}^2/\text{h} \text{ din/h } 39.—$$

5. Delo pri pripravi, lepljenju in stiskanju opravljata dva delavca, katerih bruto delovno uro z vsemi datjavami vred zaračunamo povprečno z 80 dinarjev. To torej znesse v 1 uri: 2 × 80 din/h din/h 160.—

REKAPITULACIJA

stroškov lepljenja z uporabnim ogrevanjem v pnevmatični stiskalnici v eni delovni uri:

1. električna energija za ogrevanje	din/h 110.50
2. tok za pogon stiskalnice	din/h 4.80
prispevek (konice)	din/h 16.70
3. amortizacija stiskalnice	din/h 68.—
4. šablone — modeli	din/h 39.—
5. delovna sila	din/h 160.—
skupaj stroški na uro	din/h 399.—

Stroški za 1 m² zafurnirane površine znašajo:

$$\frac{399 \text{ din/h}}{13 \text{ m}^2/\text{h}} = 30,7 \text{ din/m}^2$$

Ta cena velja za 1 m² zafurnirane površine, če jo lepimo istočasno na obeh straneh. Pri enem stisku zalepimo hkrati zgornjo in spodnjo površino. Pri tem se v primeri z lepljenjem ene same površine izdelka povečajo le stroški pod točkami 1 in 4 rekapitulacije, vsi ostali stroški pa ostanejo isti. Zato je razumljivo, da je istočasno obojestransko furniranje po enoti površine

skoraj za polovico cenejše od enostranskega. Če pa bi furnirali samo eno stran, kot je to pri parnem ogrevanju v stiskalnici znamke Fritz, bi znašali ti proizvodni stroški 57,3 din/m². V tej kalkulaciji niso zajeti stroški za lepilo, furnir in les, ki so v obeh primerih enaki in kalkulacije ne menjajo.

B. Parno ogrevanje

Za primerjavo obravnavamo parno ogrevano novo avtomatično Fritzovo stiskalnico, s katero je moč lepiti obravnavane velike, neravne proizvode samo z ene strani in ne z obeh, kot pri obračunanem uporovnem ogrevanju. Ta formatna stiskalnica je uvožena in jo imajo nekatera naša večja podjetja. Stane okoli 30.000 DM. Če upoštevamo nakup te stiskalnice z lastnimi devizami in s faktorjem, je njena dinarska vrednost 13.000.000 dinarjev.

1. Električni tok, potreben za pogon stiskalnice, in sicer štirih motorjev: 7,5 kW + 1,1 kW + 0,8 kW + 0,8 kW = 10,2 kW.

Stiskalnica deluje v eni delovni uri le 10 minut, pri čemer porabi v 1 uri električnega toka:

$$10,2 \text{ kW} \times 12 \text{ din} \times \frac{10}{60} \dots \text{din/h} \quad 20,40$$

Klonica (prispevek):

10,2 kW × 1400 din/kW in mesec = 14.300 din/mesec. Pri 250 delovnih urah na mesec pa znese prispevek na uro:

$$14.300 \text{ din}/250 \text{ ur} \dots \text{din/h} \quad 57,20$$

2. Potrošnja pare v 1 uri:

$$120 \text{ kg/h} \cdot 0,82 \text{ din/kg} \dots \text{din/h} \quad 98,40$$

3. Amortizacija stiskalnice v vrednosti nabavne cene 13.000.000 pri obrestni meri 6% in v amortizacijski dobi 10 let znaša v 1 uri proizvodnje:

$$A = K \cdot \frac{r^n (r - 1)}{r^n - 1} = 13.000.000 \cdot \frac{1,06^{10} (1,06 - 1)}{1,06^{10} - 1} = \\ = 13.000.000 \cdot 0,1359 = 1.766.700 \text{ din/leto.}$$

Pri 300 delovnih dneh na leto in 10-urnem delovniku znaša amortizacija stiskalnice za uro:

$$A = \frac{1.766.700}{300 \cdot 10} \dots \text{din/h} \quad 589,--$$

4. Nabava in vzdrževalnina gum na leto. Gume stanejo 813 DM po 140 din/DM in faktor 3. Letni stroški so torej: 813 · 140 · 3 = 341.040 din. Pri 300 delovnih dneh na leto in 10-urnem delovniku znesejo stroški za gume v 1 uri proizvodnje:

$$\frac{341.040}{300 \cdot 10} \dots \text{din/h} \quad 114,--$$

5. Modeli za 1 m² stiskalnice stanejo 6000 din. Z enim modelom zlepiimo enostransko 2000 m². V eni uri zlepi stiskalnica enostransko 4,5 m². Stroški za modele v 1-urni proizvodnji (torej za zlepljenje 4,5 m²) so:

$\frac{6000 \text{ din}}{2000 \text{ m}^2} \cdot 4,5 \text{ m}^2/\text{h}$	din/h	13.5
--	-------	------

6. Stiskalnici strežeta dva delavca z bruto urno plačo 80 din.

Tako znesejo stroški za delovno silo v 1 uri:

$2 \cdot 80 \text{ din/h}$	din/h	160.—
----------------------------	-------	-------

Celotni proizvodni stroški/uro	din/h	1052.50
--------------------------------	-------	---------

Ker zafurniramo v 1 uri enostransko 4,5 m², znašajo stroški za zlepljenje 1 m²:

$$\frac{1.052,50 \text{ din/h}}{4,5 \text{ m}^2/\text{h}} = 234,5 \text{ din/m}^2$$

Pri tem je treba upoštevati, da je zmogljivost formatne stiskalnice Fritz za tretjino manjša kot stiskalnice za uporovno ogrevanje, če ta lepi enostransko.

Letni prihranek z uporovnim ogrevanjem:

1 m² s paro zalepljene površine v parni stiskalnici

Fritz stane	din	234.50
-------------	-----	--------

z elektroporovnim ogrevanjem pa:

— pri enostranskem lepljenju	din	57.30
------------------------------	-----	-------

— pri dvostranskem lepljenju	din	30.70
------------------------------	-----	-------

Prihranek:

— pri enostranskem lepljenju	din/m ²	177.20
------------------------------	--------------------	--------

— pri dvostranskem lepljenju	din/m ²	203.80
------------------------------	--------------------	--------

Pri stiskalnici na elektroporovno ogrevanje znaša torej letni prihranek, računajoč z letno zmogljivostjo:

18.000 m ² pri enostranskem lepljenju	din	3,169.960.—
--	-----	-------------

36.000 m ² pri dvostranskem lepljenju	din	7,342.800.—
--	-----	-------------

Elektroporovno ogrevanje je torej v primerjavi s parnim ogrevanjem cenejše

— pri enostranskem lepljenju za	4,1-krat,
---------------------------------	-----------

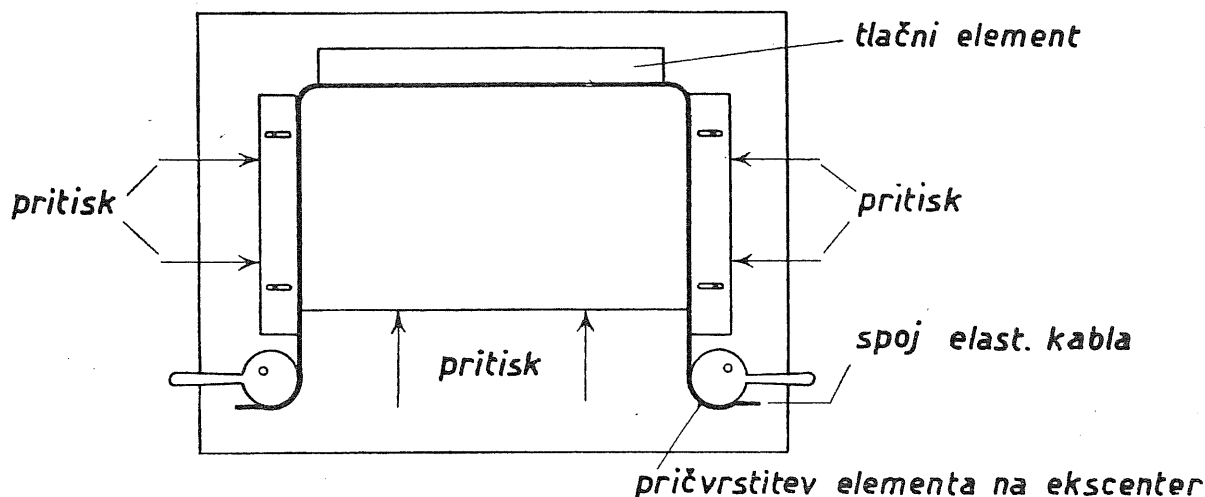
— pri dvostranskem lepljenju za	7,6-krat.
---------------------------------	-----------

4. UPORABNE MOŽNOSTI

a) Lepljenje robnih letvic in furniranje robov

Robove mizarskih, t. j. pohištvenih izdelkov oblagamo z letvicami in furnirjem še vedno ročno, na primitiven način. Ročno nanašamo lepilo in ročno stiskamo obrobene proizvode v ročnih lesenih okvirih oziroma kalupih, kjer

ostanejo ves čas, dokler se lepilo ne strdi. Z elektroporovnim ogrevanjem pospešimo sušenje, pri čemer uporabljamo sintetična lepila, ki se pri povišani temperaturi hitro strjujejo. Obenem si izdelamo preproste lesene ali kovinske stiskalne naprave, v katere vpnemo proizvode. Pritisk opravljamo s pnevmatičnimi cilindri, hidravličnimi vzvodi ali z ekscentri, ki morajo pritiskati vsaj z 2 kg/cm^2 . Pri lepljenju dolgih robov podložimo tlačni element še z lesenim ali jeklenim ojačevalnim vložkom, da se pri pritisku robovi ne bi krivili in da bi dobili povsod enakomeren pritisk.



Sl. 14. Model za istočasno furniranje treh robov

Pri furniranju plošč z zaobljenimi robovi ima pritiska stena namesto ostrih oglov okrogle ogle ali pa jih sploh nima, pri čemer pritiska na te ogle samo grelo oziroma grelni trak z natezanjem. Grelni trak je pričvrščen na dva ekscentrična vzvoda, s katerima pritiskujemo trak ob ogle. S strani pritisknejo nato še tlačni elementi, ki pomagajo traku vzdrževati pritisk na ogleh.

Na robove okroglih plošč ali glasbenih instrumentov je zelo težko lepiti furnir ali trakove iz plastičnih mas, ker jih moramo po vsej dolžini pritiskati ob rob, dokler se lepilo ne strdi. Do sedaj smo take robove povijali ali stiskali v številne obroče ali kalupe, kjer so morali izdelki ostati dalj časa. Z uporovnim ogrevanjem grejemo obroč, ki je po potrebi montiran v kalup. Tako je rob zalepljen v eni do dveh minutah, nato pa gre takoj že zalepljen in suh v nadaljnjo predelavo.

Pri furniranju manjših količin upognjenih robov z različnimi krivinami ni potrebno izdelati posebnih šablon za vsako krivino. Vsako obliko loka objamemo z jeklenim grelnim trakom, katerega konci so pritrjeni na pomične svornike. Da bi bil pritisk na vsej dolžini loka enakomeren, mora trak zapuščati konce proizvoda v tangenti, kar dosežemo z menjanjem razdalje obeh koncev s svornikom v reži. Ako je kot premajhen, je pritisk traku mnogo večji na koncih roba izdelka kot na sredini roba. Če pa je kot prevelik, dobita oba omenjena konca premajhen pritisk. Naprava je na močni leseni mizi z režami, obloženimi s kovino. Da bi se kabel čimmanj upogibal, ga spojimo neposredno na svornika. Grelni trak je iz jekla visoke kakovosti in moramo zanj upor posebej ugotoviti. Pritisk opravimo z zračnimi cilindri.

Letvice lepimo uporovno z grelnim trakom, širokim 25 mm, ki je pričvrščen na zgornji tlačni element iznad masivnega okvira. Čas ogrevanja je v tem primeru nekoliko daljši, ker mora toplota prodreti skozi les letvic do lepila. Kalkovost takega izdelka je mnogo boljša, zmogljivost proizvodnje pa večja kakor pri postopku pribijanja letvic z žebli.

Zanimivo področje uporabe ozkih grelnih trakov je še pri lepljenju poševnih spojev masivnega lesa na ogljih. Čas ogrevanja za vezanje lepila je kratek, ker je les odžagan poševno.

b) Lepljenje ravnih površin

Uporaba uporovnega ogrevanja za lepljenje furnirja, plastičnih mas, plošč in podobno na velike površine je pomembna predvsem za obrate, ki nimajo velikih vročih stiskalnic ali je njihova zmogljivost premajhna ali pa imajo premajhne obstoječe stiskalne površine. Tlačni element deluje s pomočjo pnevmatičnih ali hidravličnih cilindrov ali s pomočjo ekscentričnih vzvodov. Tako lepimo na primer zgornje plošče na komode, psihe in podobno. Čas gretja more biti zelo različen in je odvisen od debeline te zgornje plošče ter od specifične moči grel. Normalno traja 8 do 9 minut.

Postopek uporovnega lepljenja teh plošč ima to prednost, da se ne poznajo robovi in znaki od žebeljev ali klinov (zagozd), ki jih težko skrijemo s kitanjem in se poznajo po površinski obdelavi proizvoda. Poudarjamo, da moremo v te namene uporabiti stare hladne stiskalnice na vijake ali hidravlične, opremljene le s šablonami, greli, oblogami in transformatorjem.

Parketne plošče zložimo v serpentinsko zavito grelo iz enega kosa, ki ima samo dva priključka. Ta sklad nato obložimo spodaj in zgoraj z močnimi kovinskimi ploščami, opremljenimi ob straneh z vijaki. Te do kraja pritegnemo, ko je sklad že stisnjen v stiskalnici. Ta sklad potisnemo po valjih v enoetažno stiskalnico, ga stiskamo 4 minute in segrevamo do 80° C. Nato ga potisnemo iz stiskalnice na valjke, kjer ostane še okoli 18 minut vpet in stisnjen z vijaki. V tem času se lepilo strdi iz akumulirane toplote in parketne plošče se počasi ohlajajo.

c) Lepljenje krivih površin in predmetov

Uporaba grel je tu podobna tisti pri oblaganju ravnih površin, pri čemer uporabimo izrezane plošče ali trakove. Matrica in patrica se morata natančno prilegati in enakomerno reagirati na spremembe toplote in pritiska.

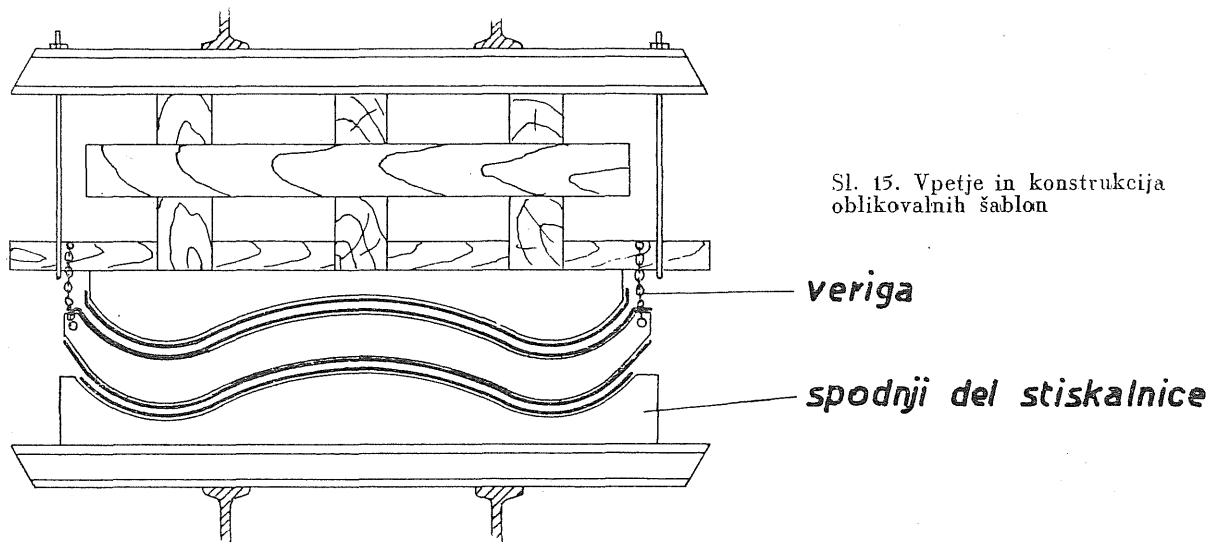
Pri furniranju približno okroglih oblik izdelamo najprej notranji (sredinski) del šablone iz enega kosa, na katerega je pričvrščeno grelo. Zunanji del šablone je iz dveh polovic, ki se spajata z zapiranjem in sta v notranjosti obloženi z gumo. Ko z zunanjim delom pokrijemo notranji del šablone, izvajamo nanj pritisk, potreben za lepljenje.

č) Ostale možnosti uporabe uporovnega ogrevanja

Za krivljenje in upogibanje kosov masivnega lesa s paro so potrebni posebno urejeni in obsežni sušilni prostori in številne sponje ter šablone, ki zadoštujejo vsaj za dve sušilni dobi. Poskusi, da z elektrooporovnim ogrevanjem odstranimo vodo iz parjenega lesa in mu s tem damo obliko, so pokazali, da

zadošča le 15-minutno parjenje za 20 mm debel kos lesa, ki naj se po možnosti pari le na tistih mestih, kjer ga nameravamo upogibati.

Za krivljenje izdelamo šablono ustrežajoče oblike, jo obložimo z negorljivo plastjo, na katero nastavimo grelo. Vpenjanje in odpenjanje lesa v šablono mora biti hitro, s pomočjo ročnega pritiska na gibljiv zglob. Čas ogrevanja za 20 mm debel masivni les znaša do 12 minut. Za ostre krivine, kot jih imajo n. pr. naslonjala na foteljih, se čas ogrevanja podaljša največ na 20 minut. Pri upogibanju tanjših izdelkov, t. j. debelih do 10 mm in širših od 50 mm, ogrevamo izdelke z obeh strani, s čimer skrajšamo čas sušenja oziroma ogre-



Sl. 15. Vpetje in konstrukcija oblikovalnih šablon

vanja za $\frac{1}{3}$ in preprečimo upogibanje ali valovanje izdelka po širini. Pri tem je treba paziti, da grelo ne prekorači temperature, ki jo les še prenese. Vezone plošče, debele do 10 mm, moremo v blagih krivinah kriviti brez prejšnjega parjenja.

Uporovno ogrevanje uporabljamo s pridom tudi za skrajšanje sušenja lesa, česar s posrednim ogrevanjem ni mogoče doseči. Naprava sestoji iz manjšega ventilatorja z vgrajenimi elektroporovnimi grelci, ki so nameščeni v dovodni cevi za zrak. Naprava je preprosta in obratuje z minimalnimi stroški. Pri kosih za krivljenje zarezemo na njihovi vbočeni strani utore, da med krivljenjem ne pokajo in se laže ter pravilneje krivijo. V te utore usmerimo strujo ogretega zraka, pri čemer ni treba ogrevati vsega sušilnega prostora. Tudi sicer usmerjamo uporovno segreti zrak neposredno na izdelek ali na mesto krivljenja.

WOOD- AND PLASTICS GLUING UNDER LOW-VOLTAGE ELECTRICAL RESISTANCE HEATING IN WOOD-USING INDUSTRY

Summary

In this study the author is treating the introduction actuality of low-voltage electrical resistance heating in gluing in furniture industry especially for veneering and bending purposes. Several furniture factories in Slovenia have been under new conditions in industry and at new market requirements compelled to introduce this method though it had not yet theoretically and technically treated.

In the first part of the study the author deals with the beginnings and development of low-voltage electrical resistance heating in foreign countries, with its application in wood-using and particularly furniture industry and with introduction trials of this method in furniture factories in Slovenia. The author cites also difficulties and imperfections caused by only practical treatment with this technological methods.

In the second part the writer analyses application possibilities of low-voltage electrical resistance heating in various enterprises under their different conditions and capacities. Simultaneously the author gives general directions about source of energy and conditions for introduction of this method. He mentions also principles of modern glues and gluing, particularly their hardening-time advantages obtained by means of low-voltage electrical resistance heating. The writer refers also to presses, their methods and to their most convenient mood of achievement.

Application experiments of low-voltage electrical resistance heating are mentioned only briefly, in general outlines. With more detailed calculation are treated the economical priorities of this method.

At the conclusion the author quotes various possibilities of low-voltage electrical resistance heating application in furniture industry as for instance slats gluings, edge-bandings and gluings on flared curved surfaces and other using possibilities of this method.

Literatura :

1. Jones, I., B. Sc.: Electrical Resistance Heating for Setting Adhesives. Furniture Development Council-Technical Information Service, Information Report No. 8.
2. Kopřiva, J.: Elektrické vyhřívání obkládacích přípravku malým napětím. *Dřevo*, 5/1955, Praha.
3. Kopřiva, J.: Nove zkušenosti s elektrickým odporovým klížením malým napětím. *Dřevo*, 6/1955, Praha.
4. Lacey, P. M. G., and Howe, H. A.: Electrically-heated cauls for veneering.
5. Perme, L., and Jerman, J.: Lepljenje in plastificiranje lesa s pomočjo elektro-uporovnega ogrevanja. Elaborat, izdelan za Sklad Borisa Kidriča, l. 1959.
6. Pound, J.: Practical low voltage heating. *Wood*, 22/1957, No. 4, 5, 6.