

ANDERS O. NYRUD

**LIM, LIMING OG FREM-
STILLING AV LAMINERTE
TREKONSTRUKSJONER**

Av

REIDAR-OTTO ULLEVÅLSETER



**NORGES LANDBRUKSHØGSKOLE
INSTITUTT FOR TRETEKNOLOGI
VOLLEBEKK**

NORGES LANDBRUKSHØGSKOLE
INSTITUTT FOR TRETEKNOLOGI

**LIM, LIMING OG FREMSTILLING AV
LAMINERTE TREKONSTRUKSJONER**

Av

REIDAR-OTTO ULLEVÅLSETER

VOLLEBEKK

1966

I N N H O L D S F O R T E G N E L S E

	Side
TREFOREDNINGEN GÅR OVER TIL FINER, LIM OG LAMINATER	1
HISTORIKK	2
DEFINISJONER	3
LIMING AV TRE	6
<u>KOHESJON OG ADHESJONSKREFTER</u>	6
Innledning 6. Typer av adhesjon ved liming av tre 7.	
Mekanisk adhesjon 7. Spesifikk adhesjon 8.	
Limets evne til å fukte treet 9.	
Limfugens fem lenker 10. Dannelsen av limfugen 11.	
Limfugens tykkelse 13.	
<u>ANIMALSK LIM</u>	14
Resymé over limets egenskaper 15.	
<u>KASEIN-LIM</u>	16
Framstilling 16.	
Fordeler og ulemper ved kaseinlim 17.	
<u>EN DEL LIMTYPER SOM ER LITE BRUKT I NORGE</u>	18
Blodalbuminlim 18. Fiskelim 19.	
Vegetabilsk lim (stivelseslim) 19.	
Proteinlim 20.	
<u>EN OVERSIKT OVER KUNSTHARPIKSLIMENES KJEMI</u>	21
Funksjonelle grupper 21.	
Egentlig polymerisasjon 24. Ko-polymerisasjon 25.	
Poly-metatese 25. Poly-kondensasjon 26.	
Herding 26. Varmeherdende lim 27.	
Termoplastiske stoff 27. Katalysator 27.	
pH-verdien 27. Limets oppløsninger 28.	
<u>DE INDIVIDUELLE LIM</u>	28
<u>KARBAMIDLIM</u> (Urea-formaldehyd)	28
Varmherdende UF-lim 31. Kaldherdende UF-lim 32.	
"Separatpåstrykingsmetoden" 33. Drøyde UF-lim 33.	
Fyllende UF-lim 34. Modifiserte UF-lim 34.	
UF-limets egenskaper 34.	
Anvendelse av UF-lim 35.	
<u>MELAMINLIM</u> (Melamin - formaldehyd)	36

<u>FENOL-FORMALDEHYD LIM</u>	38
pH-innvirkning 40. Temperatur 40.	
Forholdet mellom reaksjonskomponentene 41.	
Varmherdende fenol-formaldehyd-lim 41.	
Kaldherdende fenollim 43.	
Fenollimenes egenskaper og anvendelse 43.	
<u>RESORCINLIM</u> (Resorcinol-formaldehyd)	44
Temperatur, trykk og pressetid 45.	
Egenskaper og anvendelse 46.	
TERMOPLASTISKE KUNSTHARPIKSLIM	46
POLYVINYLACETAT	46
P.V.A. -limene (emulsjonslimene)	48
KONTAKTLIM	49
HVILKET LIM SKAL MAN VELGE?	50
NAVN PÅ DE FORSKJELLIGE LIM	51
PRØVING AV LIM OG LIMFUGER	52
Prøving av limfuger 52.	
Blokkprøven tørr 52.	
Kryssfinérprøven 53.	
Beregning av fuktighetsinnholdet 54.	
LAMINERTE TREKONSTRUKSJONER	55
Fordeler og begrensning ved laminerte buer og bjelker	55
Anvendelsesområder 57.	
Laminerte trekonstruksjoners styrke	57
Krav til trevirke som skal limes	60
Vanninnhold 61.	
Valg av materialer etter krymping og svelling 62.	
Sideskjøting 63.	
Endeskjøting 64.	
Lamellenes tykkelse 65.	
Laminering av trykkimpregnerte materialer	65
Standardkvaliteter for laminerte trekonstruksjoner	68
Industriell kvalitet 68.	
Arkitektonisk kvalitet 68.	
Spesialkvalitet 69.	

En oversikt over utstyr og hjelpemidler ved en lamineringsfabrikk	69
Kunstige tørker 70.	
Lagerbygninger 71.	
Sagutstyr 71.	
Tilskjæremaskin for skjøter 71.	
Høvelutstyr 71.	
Limlagring, blanding og limspredere 71.	
Pressutstyr 72.	
Forklaring på bruken av pressutstyr for laminerte trekonstruksjoner med henvisning til fig. 13, 14, 15, 16, 17. 73.	
To hovedlimtyper som brukes i laminerte trekonstruksjoner	75
Tre fremstillingsmetoder for bjelker ved liming	77
Bjelkebroer med laminerte bjelker	78
Litteratur	80

TREFOREDNINGEN GÅR OVER TIL FINER, LIM OG LAMINATER.

I løpet av de siste 30 år og spesielt i de siste 10 årene, har det vært et stadig økende forbruk av lim og limstoffer i fabrikkasjonen av treprodukter. Finér står her som et typisk eksempel. Den muliggjør fabrikkasjon av store trepaneler, lette i vekt men likevel stive og i besittelse av en dimensjonal stabilitet som er uoppnåelig i konvensjonelt skårne materialer. Imidlertid er dette produkt med sin mangfoldige anvendelse bare begynnelsen til en rekke oppbygde produkter som har tre som utgangsmateriale.

Utviklingen med laminerte bjelker er en videreføring av finér. Denne spesielle bygningsartikkel av tre kan lages i en mangfoldighet av typer. Den har stor stivhet og styrke i forhold til vekten, og få konkurrenter når det gjelder motstand mot varme.

Men finér og laminerte bjelker ser ut til å være bare begynnelsen av en rekke nye limte treprodukter.

I Amerika er de nå i full gang med produksjonen av laminerte hus-tak og ferdig laminerte gulv. Det produseres også større enheter av ferdigpanel for hus og byggkonstruksjoner. Her er igjen kombinasjonen av tre og lim en viktig del. Brede kvistfrie bord blir nå laget ved hjelp av sideskjøting fra smalere bord, lengre bord blir laget ved å endeskjømte korte. I løpet av de siste 10 år har man fått sponplater som er laget av lim og spon. Med utviklingen av nytt og bedre lim kan man nå lage vannfaste limfuger med en styrke som er lik eller bedre enn den i selve treet. Og det kan nå gjøres betydelig raskere og billigere enn før.

Hva er så grunnen til denne utviklingen innen laminatindustrien? Noen påstår at råmaterialets høye pris har animert fabrikantene til en bedre utnyttelse av treet. Andre har pekt på at når tre-dimensjonene for sagtømmer reduseres, er laminat-fabrikkasjonen av større enheter nødvendig. Utvilsomt er begge forklaringer og flere andre riktige.

Vi vil sikkert etter hvert få flere limte produkter av tre i variert utforming, og alle av en høyere kvalitet, og med en mere allsidig anvendbarhet enn det skårne bord.

H I S T O R I K K

Limets opprinnelse, når og hvor det først ble tatt i bruk, er ikke kjent. Hvorvidt lim for å sammenbinde trestykker ble tatt i bruk før metallsammenbindere som spiker etc., er det heller ingen som vet. Men at liming er et relativt gammelt håndverk har man sikre beviser på. Under utgravningene i Egypt ble det bl.a. funnet et relieff som viser liming av tre med lim som ble oppvarmet, sannsynligvis animalsk lim. Dette er fra ca. 1500 f.Kr. Egypterne kunne også kunsten å finére, og da deres limte arbeider har holdt seg meget godt helt opp til våre dager, må de tydeligvis ha hatt lim av meget god kvalitet.

I vår tidsregning var det først i 1690 den første fabrikk for framstilling av lim ble bygget i Holland. Amerika fikk sin i 1808. Noen virkelig økonomisk betydning fikk metoden først i 1875 da man begynte å lime tynnere treenheter, finér. Kryss-finérfabrikasjonen hadde nå sin start, og man fant fram til mange nye limtyper etter hvert som nye behov meldte seg. Lim som kasein, kassava, soyamel, og blodalbumin kom nå på markedet.

Vi må igjen gjøre et langt sprang fram i tiden til utviklingen av de moderne kunstharpikslimene. Først i begynnelsen av 30 - årene fikk framstillingen av fenollim, og litt senere karbamidlim (urea), sin store betydning. Dette var et stort framskritt, idet kunstharpikslimene gir en limfuge som er meget vannfast og motstandsdyktig mot mikroorganismer. Senere har det foregått en rivende utvikling av kunstharpikslim, særlig under den siste verdenskrig med dens mange krav om økt produksjonshastighet og bedre kvalitet. Denne utvikling har ført til at det nå finnes kunstharpikslim for ethvert formål, og disse limtyper er uten tvil de beste som kan fås til liming av tre.

DEFINISJONER.

Innen limingens område - som innen ethvert annet fagfelt - har det etterhvert dannet seg en egen terminologi, og nedenfor er det ført opp alfabetisk noen av de ord og uttrykk man oftest kommer bort i.

- Adhesjon - binding, tiltrekning, her brukt om limets evne til å binde seg til arbeidsstykket.
- Albumin - eggehvitestoff, blodalbumin - lim fra blodavfall.
- Animalske lim - lim fra ben, hud og hornavfall fra dyr.
- Blåser - ved finéring: En flekk eller et område der limet ikke har festet. Dette forårsaker en blåse i finéret. Årsaken kan være for lite lim, dårlig trykk eller uriktig fuktighetsinnhold i arbeidsstykkene. Ved varmpressing kan de forårsakes av damp, særlig dersom presseplatene er litt ujevne og temperaturen er over 100°C.
- Brukstid - tiden fra limet er tillaget til det på grunn av kondensasjon eller polymerisasjon ikke lenger er brukbart.
- "Compreg" - refererer seg til finér som er impregnert med kunstharpiks og presset under høyt trykk.
- Delaminering - betegnelse for at trestykker som er limt sammen, går fra hverandre i limfugen.
- Drøymiddel - som regel mel, som tilsettes limet for å drøye det. Det har som regel selv en viss limeffekt.
- Finér - tynne ark av tre - framstilles enten som skrellet eller knivskåret finér.
- Fyllstoff - tilsettes limet for å forandre konsistensen og for å senke prisen på limet uten å endre holdbarheten. Eks. tremel.
- F.P.L. - Forest Products Laboratory, Madison, Wisc, USA.

- Gjennomslag - opptrer ved finéring. Limet trenger gjennom finéret og ut på dets overflate. Dette kan forårsake misfarging, og beis og lakk vil ha vanskelig for å bite på de steder der man har gjennomslag.
- Herder
(katalysator) - et stoff som tilsettes limet for å få igang herding eller polymerisasjon, og derved bevirke at limet stivner.
- Herdetid - den tid det tar for et lim å herde eller "tørke".
- Herding - en kjemisk prosess som bevirker at limet overføres fra flytende til fast form.
- "Impreg" - finér impregnert med kunstharpikser uten at det er presset.
- Kaldherdende
lim - lim som herder under 30°C.
- Kondisjonering - lagring av trematerialer - limte eller ulimte - for å oppnå fuktighetsutjevning, evt. for å oppnå en bestemt fuktighet i treet.
- Lagringstid - den tid et lim (ikke blandet med herder) kan lagres uten å ta skade.
- Laminering - sammenliming av mindre enheter til større produkter, f.eks. sammenliming av bord til bjelker og buer.
- Likevekts-
fuktighet - den likevektstilstand som tre innstiller seg på etter tilstrekkelig lang lagring i luft av konstant temperatur og fuktighet (engelsk: Equilibrium moisture content eller E.M.C.).
- Limfilm - et tynt papir som er dekket med lim på begge sider, mest brukt er fenollim, men man har også animalsk lim i filmform. Disse lim brukes ved varmpressing, da smelter de, og får på denne måte evne til å fukte og lime treet.
- Lukket tid - den tid som medgår fra arbeidsstykkene legges sammen etter limpåstrykingen, til fullt trykk er nådd.

- Lukningstid - den tid som medgår fra arbeidsstykkene legges inn i pressen og til fullt trykk er nådd.
- Påstrykningsmengde - den mengde lim som går med pr. flateenhet, oppgis som regel i gram pr. m². Mest vanlig er 150 - 250 gr. pr. m².
- Presstid - den tid arbeidsstykkene ligger i press under limingen. Når presset tas av, må limfugen ha oppnådd en viss styrke (hvor stor avhenger av om arbeidsstykkene skal bearbeides umiddelbart etterpå eller ei), men limet vil vanligvis ikke være ferdig utherdet når presset tas av.
- Sperret konstruksjon - eks.: Kryssfinér, der finérene er limt sammen slik at fiberretningen i et finérark er loddrett på fiberretningen i naboarkene.
- Temperlim - lim som herder ved 30 - 100°C.
- Tørr styrke - den styrke en limfuge har ved prøving når prøvebitene er tørre og hele tiden har vært lagret tørt.
- Vannresistens - refererer seg til en limfuges motstandsdyktighet mot vann. Er en limfuge neddykket i vann i lengre tid og likevel beholder det meste av sin opprinnelige styrke, har limet god vannresistens.
- Vedbrudd - belaster man en limforbindelse til brudd, og dette skjer i veden, har man vedbrudd. Skjer bruddet dels i veden, dels i limfugen, taler man om prosent vedbrudd. Dette er den prosent av bruddflaten som består av trefibre.
- Våt styrke - den styrke man oppnår ved prøving av en limfuge, når prøvebitene er våte (har vært neddykket i vann).
- Åpen tid - den tid arbeidsstykkene er adskilt etter limpåstrykingen. (FEHN 1954, og RAKNES).

Balsam?

Tyngre treslag	vauskeljen a liene een	lette.
Isotte	_____	barte
Kjerneved	_____	yteved.

LIMING AV TRE.

Moderne lim, og limeteknikken varierer like meget som de forskjellige produkter som blir laget. De senere års raske utvikling har også gitt oss mange nye forbedringer på limingens område.

Som en regel kan en si at kvaliteten av en limskjõt er avhengig av:

- 1) det treslag som skal limes og den grundighet som er lagt i forarbeidelsen av materialet,
- 2) limtypen og dens kvalitet,
- 3) detaljene i selve limingsprosessen,
- 4) skjõtetypen,
- 5) bearbeidelsen av skjõtene.

Om det er lett eller vanskelig å oppnå en tilfredsstillende skjõt beror på treets tørrvolumvekt, vedens struktur, om det er ekstraksjonsstoffer eller andre forurensninger i veden, og limtypen. Vanligvis kan en si at tyngre treslag er vanskeligere å lime enn lette, løvtre er vanskeligere å lime enn bartre, og kjerneved vanskeligere enn yteved. Flere treslag varierer sterkt i deres limingsegenskaper med forskjellige lim. (WOOD HANDBOOK 1955).

KOHESJON OG ADHESJONSKREFTER.

Innledning.

Fase-tilstand
Når et stoff er flytende eller det forekommer i fast form, er grunnen til differensieringen de tiltrekningskrefter som råder mellom stoffets molekyler og atomer, og som går under betegnelsen kohesjonskrefter. Typen og størrelsen på disse kohesjonskrefter bestemmer både et stoffs fysiske og mekaniske egenskaper.

De forhold som er tilstede på et stoffs overflate er imidlertid ikke de samme som i dets indre.

I stoffer og væskers indre er hver partikkelenhet (molekyl og atom) omgitt av andre partikler og er derfor utsatt for kohesjonskrefter fra alle kanter. Dette forhold vil være noe endret på overflaten,

hvor partiklene bare vil være påvirket på den ene side, nemlig den som vender innover. På yttersiden vil de ikke være påvirket i det hele tatt. Overflatepartiklene har derfor ikke tilfredsstilt alle sine tiltrekningskrefter. Den frie energi som på denne måten utvikler seg på overflaten, er grunnen til at et fast stoff eller en væske vil tiltrekke partikler (molekyler og atomer) fra visse andre stoffer som de kommer i kontakt med. Denne tiltrekningen mellom molekyler og atomer fra to forskjellige stoffer blir definert som adhesjonskrefter.

Typer av adhesjon ved liming av tre.

Liming av tre med et vanlig lim er et adhesjonsfenomen som gjelder foreningen av to forskjellige slags stoffer. I denne prosessen er det to typer adhesjon som forekommer:

- 1) Mekanisk adhesjon (sammenbinding til treet som er et resultat av stivnede fangarmer fra limet som fyller de ytterste porene av treet).
- 2) Spesifikk adhesjon (sammenbinding på grunnlag av adhesjonskrefter mellom partiklene (molekyler og atomer) i treet og i limet).

Spesifikk adhesjon kan også spille en viss rolle ved mekanisk adhesjon.

13 Det er i fagkretser nå generell enighet om at spesifikk adhesjon er årsaken til mesteparten av den styrke som blir oppnådd ved liming av tre. Den mekaniske adhesjon utgjør bare en liten del av styrken.

1. Mekanisk adhesjon:

Mekanisk adhesjon blir forklart på den måte at limet, mens det ennå er flytende og lett bevegelig, trenger inn i treet's ytterste porer og således danner en fast masse med treet når det stivner. En kan si at ved at limet fyller den ytre del av treet's porer dannes tusenvis av små fingre som, når limet herder, stivner og holder treet fast i sitt grep inntil fingrene blir løst opp igjen på en eller annen måte. Det herdede limet som har trengt inn i vedens porer med varierende dybde fra overflaten, kan lett påvises i mikroskopiske snitt, tatt av treet i limfugen.

2. Spesifikk adhesjon:

Spesifik adhesjon blir forklart med den tiltrekningskraft som finner sted mellom molekyllene eller atomene i limet og de på treets overflate. En slik adhesjon krever ingen bestemt inntrengningsdybde av limet inn i treet.

Størrelsen på den felles tiltrekningsevne mellom treets overflate og limet blir bestemt av limets fuktningsevne overfor treet.

Denne størrelse skal omtales nærmere senere.

Den spesifikke og mekaniske adhesjons betydning ved liming av tre.

Browne, Brouse, Truax og andre forskere ved Forest Products Laboratory har slått fast at mekanisk adhesjon alene ville være helt utilstrekkelig for å få en tilfredsstillende limskjøl.

De samme forskere har også påvist den spesifikke adhesjon som finner sted mellom limet og celleveggene i treet.

De fleste lim som blir brukt til liming av tre, inneholder store mengder vann eller andre oppløsningsmidler. Idet skjølten krymper og tørker, trekker også limet seg sammen. Hvis ikke limets fangarmer i treets porer var sterkt bundet til celleveggene, ville de vært tilbøyelige til å slippe taket i celleveggene, idet de tørket og skrumpet inn. Fotomikroskopiske seksjoner viser imidlertid at limet forblir bundet til celleveggene og isteden lager en hul sylinder, idet de trekker seg sammen fra sentrum.

De kjemiske og fysiske fenomener som finner sted ved overflateadsorpsjon gjennom spesifikk adhesjon kan være mangeartet. En antagelse er at noe av overflatetiltrekningen er en følge av elektrostatisk (polare) fenomener fra felles tiltrekning mellom motsatte ioner av overflatematerialets atomer.

Det blir også hevdet at ved liming av tre er limabsorberingen på overflaten et resultat av en kjemisk binding av vannstoffet, enten direkte mellom treets overflatelag og limet, eller ved et mellomliggende vannlag som er bundet til treets vannstoffgrupper på den ene side og limfilmens på den andre.

Ikke alle væsker som fukter treets overflate, gir sterke skjøter. Dette skyldes utilstrekkelig innvendig kohesjon mellom molekylene. Vann for eksempel binder seg lett til tre, men har ikke tilstrekkelig kohesjon til å motstå et strekk. Som is gir vann en sterk sammenbinding så lenge det forblir frosset, og grunnen er her økt innvendig kohesjon.

En ser av dette at for at et stoff skal kunne brukes som lim, må det være istand til å fukte den flate som den blir pålagt og senere danne en fast sammenbinding ved hjelp av varme, avkjøling, fordamping eller ved en kjemisk reaksjon (BROWN 1950).

Limets evne til å fukte treet.

Som nevnt må det lim som skal brukes, ha evnen til å fukte de flater som skal limes sammen. En væskes fuktningsevne bestemmes av dens viskositet og adhesjonskrefter. Den evne den har til å fukte et materiales overflate blir målt med fuktighetsvinkelen. Det er den kontaktvinkel som blir dannet mellom væsken og overflaten. Idet væskens affinitet til overflaten øker, minsker kontaktvinkelen til det punkt blir nådd hvor væskens adhesjonskrefter til overflaten er lik væskens kohesjonskrefter, og kontaktvinkelen forsvinner. (Se fig. I.)

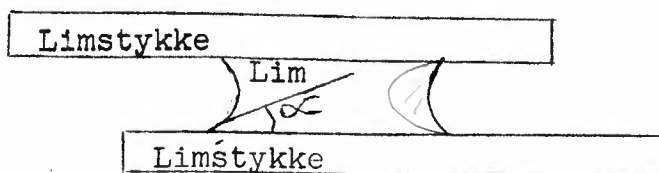


fig. I.

Ved et enkelt eksperiment kan en lett illustrere fuktningens betydning. En glassplate blir på den ene siden belagt med parafinvoks, den andre siden blir vasket ren med vann. Et fuktet gummi-limbånd blir lagt på og presset på hver side av glassplaten. Noen minutter etter at det har hatt tid til å tørke, forsøker man å ta båndet av. Båndet har klebet seg fast til glassflaten som var vasket ren med vann, men ikke til parafinvoksen.

Vann og hydrofile stoff som gummi sprer seg lett utover som et jevnt lag over en ren glassflate, men danner bare dråper på en voksoverflate.

Ifølge Thomas Youngs finner fuktning sted når adhesjonskreftene mellom lim og limflate er lik eller større enn limets kohesjonskrefter. I samsvar med dette vil dannelsen av dråper indikere at adhesjonskreftene er mindre enn kohesjonskreftene. Hvis god klebrighet er et direkte resultat av sterke molekylære adhesjonskrefter, kan vi gå ut fra at det er forbundet med fuktning, og omvendt, dårlig klebrighet (liming) med dannelsen av dråper. Kontaktvinkelen som blir dannet av det festende lim og dens betydning, er demonstrert i et arbeide gjort av Dr. C. Mylonas ved Aero Research Ltd. En av de skjøtetyper som han undersøkte, er avtegnet i fig. I. Han brukte limstykker som var harde i forhold til limet.

Han sier at hvis vinkelen er mindre enn omkring 50° - er det ingen merkbar trykkonsentrasjon, og punktet for maximum trykk i limet er på sirkelbuen borte fra hjørnene. Idet vinkelen blir større, øker trykkonsentrasjonens størrelse og dens posisjon flytter til hjørnene. Brudd kan derfor ventes å finne sted ved en lav belastning i overgangen lim/limstykke. (de BRUYNE 1951).

Limfugens fem lenker.

En herdet limfuge kan tenkes å bestå av fem forskjellige lenker, som hver for seg spiller en viktig rolle i en limfuges egenskaper. (fig. II.)

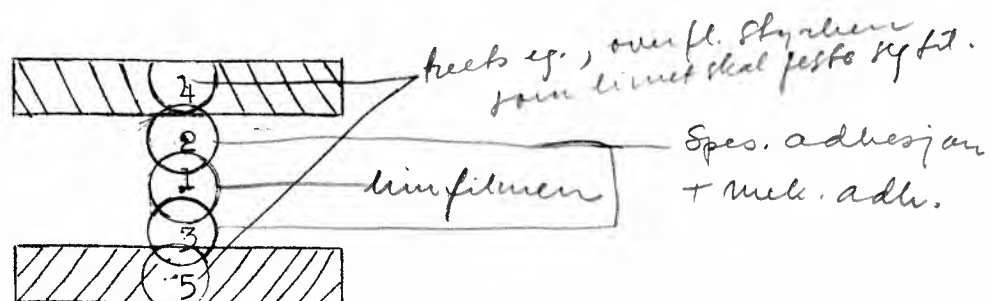


fig. 2.

Lenke nr. 1 representerer limfilmen. Dette ledts styrke er bestemt av den kohesjonsstyrken som blir dannet i det herdede lim. Denne styrken er først og fremst avhengig av limets kjemiske

sammensetning. Den kan få en betydelig svekkelse om det tilføres for store mengder fyllstoffer. Likeledes vil limfugen få en svekkelse hvis det er for mye innestengt luft eller damp i den. Ved bruk av varmpresse kan det fort danne seg luftbobler hvis det er for hurtig stigning i temperaturen og limet herder før all luften er sluppet ut.

Lenke 2 og 3 representerer det bånd som blir dannet mellom limet og de to treflater som blir limt sammen. Her er det at mekanisk og spesifikk adhesjon gjør seg gjeldende, og styrken er her sterkt berørt av de forhold som er tilstede på treets overflate.

Lenke 4 og 5 beror mest på selve treets egenskaper og spesielt på overflatestyrken som limet skal feste seg til.

Det er umulig å maskinbearbeide tre uten at det blir gjort skade på overflatefibrene. Den svekkelse som her kan finne sted, er i mange tilfelle avgjørende for en limskjøts styrke.

2. Dannelsen av limfugen.

Etter at limet er smurt på treet og de to limflatene er kommet i kontakt, må limet gjennom flere stadier før det danner en sterk og fast skjøt.

1) Det må flyte utover i et jevnt og ubrutt lag.

Bev. 2) Det må fordele seg fra den påsmurte flate over på den andre flate.

3) Det må trenge inn i veden på begge flatene.

mob. + kjem. 4) Det må fukte vedsubstansen.

5) Det må gå over til en fast og sterk masse. - *Herdingen.*

De tre første fasene behandler bevegelse og er derfor sterkt influert av de faktorer som bestemmer limets mobilitet.

Fase nummer 4 vil være en kombinasjon av limets mobilitet og dets kjemiske natur sammen med det forhold som er tilstede på treets overflate.

Den siste fase, eller herdingen, er bestemt av limets fremstilling og dets kjemiske sammensetning.

Disse trinn i dannelsen av limfugen kommer således i rekkefølge, begynnende med flyt og ender med herding.

Når trykket blir tilført en montering med flytende lim, begynner limet å flyte til sidene og fordeler deg over lave og høye ujevnheter på treets overflate. Omtrent samtidig vil limet overføres til den annen limflate. Ofte kan forholdene være slik at en utflytning og overføring av limet ikke vil være tilfredsstillende. Dette kan for eksempel hende hvis en stryker animalsk lim over kalde materialer. Selv om trykket kan spre limet som en ubrutt film, kan avkjølingen av limet forårsake at det ikke vil feste seg på den andre limflaten.

Flyte- og overføringsstadiene blir etterfulgt av limets inntrengning i de åpne cellene på treets overflate. En slik inntrengning vil ikke være tilfredsstillende hvis ikke begge limflatene er godt dekket med lim. En slik inntrengning er nødvendig for å få en god mekanisk adhesjon.

For å få en skjõt som er sterk også i spenn og ikke bare i skjærstyrke, er det nødvendig at limet fukter treflatene og at det blir en sammenbinding mellom limets "fangarmer" og celleveggene hvor limet har trengt inn. Som nevnt, er væskers evne til å fukte et fast stoff avhengig av kjemisk og elektronisk tiltrekning mellom overflatemolekylene i de to substansene. Forurensning av treflaten, og også limkvaliteten, kan ha den motsatte virkning på fuktningen og kan derfor innvirke sterkt på den endelige styrke i limskjøten.

Herdingen av limet er den siste fase. Trelimet herdner enten ved avkjøling, tap² av vann, kjemiske virkninger³, eller ved en kombinasjon av to eller flere av disse.

Å ha kjennskap til hvordan de forskjellige lim herder er meget viktig. Et varmt materiale vil for eksempel sinke herdingen av et lim som herder ved avkjøling, mens bruk av kalde materialer med samme lim kan gi et annet resultat.

En riktig fuktighet i materialene er meget viktig ved bruk av lim som herder ved tap av vann. Materialer som er for tørre, kan ta opp vann fra limfugen altfor fort, og materialer med for

høyt fuktighetsinnhold kan hindre fuktigheten fra limet å trenge inn slik at herdetiden tar mye lengere tid.

Kontroll av temperatur og tid er meget viktig når en har lim som herder under kjemisk virkning.

En for tidlig herding av limet kan forstyrre utviklingen i limfugen fordi hver enkelt fase trenger en viss bevegelighet for å gi det beste resultat. Hvis herding for eksempel finner sted før limspredningen er fullstendig, vil dette forhindre inntrengning av limet i veden og fukting av limflaten.

3. Limfugens tykkelse:

Når det gjelder limfugens tykkelse og dens innvirkning på skjøtstyrken, er det delte meninger. Truax konkluderer på grunnlag av mange tusen prøver som er gjort med animalske lim og stivelseslim ved Forest Products Laboratory med at det ikke eksisterer noe bestemt forhold mellom limfugetykkelsen og skjøtens styrke. Ikke desto mindre gir overdrevent tykke limfuger ofte svake skjøter, for eksempel i tilfelle hvor det har vært forherding, d.v.s. limets viskositet har forandret seg før de to limflatene er kommet i kontakt. En tykk limfuge kan også skyldes for dårlig press, eller dårlig passform i skjøten. Begge disse forhold innvirker på styrken og herdingen av limfilmen, og også på den dybde som limet vil trenge inn i veden og forankre seg med. På den annen side vil for lite lim på et porøst materiale som tre føre til en svak skjøt. En vil her ikke få en ubrutt limfuge (starved joint).

I motsetning til Truax har McBain og Lee ved hjelp av polerte metallflater kommet fram til data som viser at styrken i limskjøten er omvendt proporsjonal med limfugetykkelsen. Deres utledninger er senere blitt bekreftet for kunstharpikslim ved eksperimenter utført av Maxwell, Poletika og andre.

Påstanden om at styrken i en limskjøt øker ved tynnere limfuge gjelder naturligvis bare når den er ubrutt, når de mest fordelaktige limforhold er tilstede og det er tilstrekkelig lim til å dekke begge limflatene fullstendig. Det å få tilstrekkelig limmengde er naturligvis lett for materialer som ikke er porøse. Studier av seksjoner av en limskjøt i mikroskop viser at limet

trenger lett inn i de cellene som er blitt avdekket under bearbeidelsen av treet. Inntrengningen er igjen avhengig av den vinkel som vedstrukturen har med limfugen. Den er videre avhengig av størrelsen og antall avdekkede celler, treflatens generelle tilstand, limets viskositet, pH-verdien, og endelig temperaturen og presset som blir brukt. Av de grunner som her er fastslått og med spesielle hensyn til den rolle som mekanisk adhesjon har ved liming av tre, er det nødvendig å bruke en limmengde som kan erstatte det som blir borte fra limflaten ved inntrengning i veden. Hvis ikke dette blir gjort, vil en få en "starved" skjøt.

Det blir sagt at limet ikke vil passere gjennom celleveggene p.g.a. molekylstørrelsen, men dette spørsmål er ennå ikke avklart.

I et hvert fall kan limet bare trenge inn i de cellene som ligger mot limfugen. Inntrengningsdybden i veden blir derfor avhengig av cellenes dybde. Inntrengningen foregår lettest i slike cellestrukturer som i løvtreets kar, trakeidene i bartreet og i harpikskanalene.

Som en konklusjon kan det sies at de krav som er tilstede for både mekanisk og spesifikk adhesjon, best blir imøtekommet ved liming av tre når limet og limingsteknikken er slik lagt an at man er sikret en rask inntrengning i veden ved limfugen, samtidig som en kan beholde en tynn, jevn og ubrutt limfuge. (BROWN 1950).

ANIMALSK LIM.

Animalsk lim, i Norge kjent som hornlim, er vel det mest kjente og eldste av alle lim. Særlig benyttes dette lim meget av snekkere og snekkeribedrifter.

Råmaterialene til animalsk lim deles i to hovedgrupper, nemlig hud- og benavfall.

Av disse er hudlim det sterkeste, og betinger den høyeste pris.

Animalske lim graderes bl.a. etter viskositeten, som øker proporsjonalt med kvaliteten.

En annen prøve, som blant annet brukes meget i U.S.A. er gelatineringsstyrken. Dette er en meget pålitelig prøve og gir et godt bilde av kvaliteten. Prøven består i at man i en standard løsning av limet trykker ned en 4 mm høy, rund jernbit (12,7 mm diameter). Det trykk i gram som skal til, gir et uttrykk for kvaliteten, jo større trykk dess bedre kvalitet. Denne metode brukes også i Norge.

En tabell for dette system inndeler limet i 18 kvaliteter med nr. fra 1 til 18, og med bedre kvalitet jo høyere nummer. Lim for de fleste behov innen treliming ligger mellom kvalitet 7 til 15, og utføres limingen riktig, skal limfugen være sterkere enn tre.

Resymé over limets egenskaper.

Animalske lim omfatter hud- og benlim. Animalske lim brukes helst som varmlim, men kan også brukes som kaldlim.

Hudlim er av bedre kvalitet enn benlim. Animalske lim med høy kvalitet gir både større styrke i limfugen og har kortere herdetid enn lim med lavere kvalitet.

Hudlim brukes til liming av løvtre. Lim av lavere kvalitet brukes til liming av bløttere treslag.

Hudlim av meget høy kvalitet og benlim av meget lav kvalitet egner seg ikke for liming av tre. Lim i pulverform eller krystallform og mindre flak egner seg bedre for bløtlegging enn plater. Limet bløtes alltid i kaldt vann.

Limet må ikke oppvarmes over 60°C, da limets bindeevne hurtig nedsettes ved høyere temperaturer.

Animalske lim blir relativt bestandige mot kaldt vann ved tilsetting av formalin. (FEHN 1954).

K A S E I N - L I M .

Bruken av kasein som lim menes å være meget gammel.

Håndverkere i det gamle Kina, i middelhavslandene og ellers i Europa har alle etterlatt sikre bevis på at rå-kasein ble brukt som bindemiddel for tre.

I det 19. århundre ble kasein framstilt fabrikkmessig i Sveits og Tyskland. Men det var først under den første verdenskrig at kasein-limet fikk industriell betydning, da det ble behov for et lim som var resistent mot kaldt vann, til flyfabrikasjonen.

Framstilling.

Kasein er den kjemiske betegnelse for ostestoffet i melken og framstilles av skummet melk. Melken surnes, som regel ved tilsetting av en fortynnet syre, og oppvarmes til ca. 40°C. Herved utfelles kaseinet og separeres fra den øvrige væske. Kaseinet vaskes, tørkes ved pressing, knuses og males til et fint pulver. Dette pulver er den ferdige handelsvare kasein, som skal være finmalt, ha en hvit til gulaktig farge og mild smak og lukt.

Kaseinlim blandes som regel med andre kjemikalier, bl.a. kalsiumforbindelser, for å gjøre limet mer motstandsdyktig mot vann. Det tilsettes også andre alkaliske forbindelser alt etter hvilke fordringer man setter til det ferdige limte produkt.

Faktorer som spiller inn ved tilsettingen av kjemikalier er bl.a.: brukstid, vannresistens, viskositet, herdetid, åpen og lukket tid, limfarging av tre.

Alle disse faktorer kan reguleres mer eller mindre ved tilsetting av forskjellige kjemikalier og er gjerne patenter eller fabrikkasjonshemmeligheter. Videre tilsettes ofte et middel mot sopp- eller bakterieangrep, da kaseinlim er lite resistent mot mikroorganismer.

Tilberedning av kaseinlim.

Vanlig forhold mellom kasein og vann er 1:2 vektdeler. Vannet helles først i blanderen, hvoretter kaseinet siktes langsomt i

for å unngå klumper. Røring av løsningen fortsettes 3-5 minutter etter at alt pulveret er helt i. Deretter står løsningen og trekker i 15 minutter, og til slutt røres 2-3 minutter. Varme må ikke tilføres under tilberedningen. Brukstiden for limløsningen er fra 4 timer til over natten, alt etter kalktilsettingen i kaseinet. Hvis limet under brukstiden blir merkbart tynnere eller tykkere, bør det kasseres.

Mekaniske limspredere for kaseinlim er vanligvis av jern. Spreders hastighet er som regel 20-27 løpende meter pr. minutt. Påstrykingsmengden varierer fra 290-300 gr/m². Den åpne og lukkede tid sammenlagt, fra påstryking av limet til trykket settes på, bør ikke overstige 20 minutter. Treets fuktighetsinnhold bør være fra 0 til 5 % for tynn finér. For tykkere finér og vanlige konstruksjoner kan man oppnå god liming med et fuktighetsinnhold fra 2-15 %, men det beste er 5-8 %.

Trykket bør være fra 5-7 kg/cm², og dette bør tilføres hurtigst mulig etter påstrykingen. Presstiden er 4-6 timer for koldlim, eller natten over.

I spesielle tilfelle hender det også at kaseinlim blandes med andre lim enten for å senke prisen eller til spesielle behov.

Fordeler og ulemper ved kaseinlim.

Kaseinlim brukes innen kryssfinérproduksjon hvor det er behov for et vannbestandig lim. Videre benyttes kaseinlim meget av snekkere og snekkeribedrifter som ikke har varmpresser og som trenger et lim som er resistent mot kaldt vann.

Presstiden kan imidlertid reduseres vesentlig ved tilføring av moderat varme, som f.eks. ved oppvarming av arbeidsrommet. Også til limte konstruksjoner brukes kaseinlim meget.

Grunnen til dette er at det er lite følsomt overfor svingninger i temperaturen. Det er ikke termoplastisk og det har god varmebestandighet. Kaseinlim gir også god limfuge der arbeidsstykkene er ujevne. Det fyller åpninger, og selv med unormalt tykk limfuge binder det godt - det er hva man kaller et godt fyllingslim. Det kan brukes under nesten alle temperaturer over 0°C.

Kaseinlimets alkaliske natur gjør at det egner seg godt til liming av "fete" tresorter som teak, barlind, osv., idet et alkalisk lim bryter ned oljefilmen på overflaten og gir et godt "bit". Kaseinlimet svekkes ved gjentatte neddykkinger i vann og egner seg derfor ikke til båtbygging og ting som har stadig kontakt med vann.

Da kasein er en proteinforbindelse, kan det som nevnt lett angripes av mikroorganismer. For å rette på dette tilsettes konserverende kjemikalier som vanligvis oppveier denne mangel.

Da kalk er et stoff som øker kaseinlimets vannresistens, vil selvfølgelig en økning i kalktilsettingen øke limets vannresistens. Dette nedsetter limets brukstid. Den forbindelse som inngås mellom kaseinet og kalken, er uoppløselig i vann. En ting man skal være oppmerksom på ved økt kalktilsetting, er at slitasjen på de skjærende verktøy i trebearbeidingsmaskinene blir stor. (FEHN 1954).

EN DEL LIMTYPER SOM ER LITE BRUKT I NORGE.

Blodalbuminlim.

Blodalbumin, eller mer korrekt: tørket blod, tror man har vært brukt som bindemiddel for tre i flere hundre år. Det som kjenner tegner blodlim, er i første rekke at det ved varme koagulerer og således ikke er reversibelt ved ny oppvarming eller tilsetting av kjemikalier.

Blodalbuminet fås ved inndamping av dyreblod under vacuum og forholdsvis lav temperatur. Før bruken blandes det med vann og som oftest også andre kjemikalier, som f.eks. ammonium-hydroksyd og calcium-hydroksyd.

Limet påstrykes mekanisk, og den åpne tid bør være så kort som mulig. Trykket varierer fra 5-7 kg/cm². Blodalbuminet koagulerer ved en temperatur på ca. 100°C i varmpresse, og presstiden varierer med tykkelsen av arbeidsstykkene. Blodalbuminlim kan også nyttes kaldt, og tilsettes da formaldehyd i pulverform. Blodalbuminlim har god resistens mot varmt og kaldt vann, og det har bra varmebestandighet. Ulempene ved limet er at det har en vemmelig lukt og er omstendelig å tilberede. Det hevdes også at limfugen mister en del av sin styrke med tiden. (FEHN 1954).

Fiskelim.

Dette lim framstilles av fiskeavfall, hvorfra limet som en gelatinaktig masse ekstraheres med vann. Massen inndampes i vacuum, og når limet har fått den ønskede konsentrasjon, tilsettes det konserveringsmidler og luktstoffer for å unngå den ofte ubehagelige lukt fiskelim kan ha.

Fiskelim er alltid ferdig til bruk, og det gir en ganske sterk fuge ved liming av tre. Limet har imidlertid dårlig vannresistens, og tørketiden er så lang at det fortrinsvis egner seg til hobbyvirksomhet. (RAKNES).

Vegetabilsk lim (stivelseslim).

Dette lim framstilles av melet fra stivelsesholdige røtter, fortrinsvis kassavarøtter. Melet blandes med en alkalisk løsning, f.eks. 3 % kaustisk soda-oppløsning. Denne blanding oppvarmes under stadig omrøring til ca. 70°C og holdes der til en gulaktig masse er dannet. Viskositeten er meget høy, og limet må påstrykes mekanisk.

Den åpne tiden må være så kort som mulig, aldri mer en 15 minutter. Finér må ha et fuktighetsinnhold fra 3-6 %, da det med høyere fuktighet lett dannes blåser. Arbeidsstykkene bør ved påstryking ha vanlig romtemperatur.

Stivelseslim kan limes ved meget lavt trykk, ned til 1 kg/cm², det vanlige er 5-7 kg/cm². Det herdes kaldt og herdetiden er ca. 12 timer, men det bør etterherde noen tid, helst et par dager, før det tas under videre maskinell bearbeiding. Etterherding vil si at det ferdige produkt kloss-stables og ligger i ro et par dager

Stivelseslim har en brukstid på mange dager. Dette er en meget vesentlig fordel. Det er f.eks. unødvendig å gjøre ren limsprederen hver dag. Likeledes er lagringstiden nesten ubegrenset når limet oppbevares tørt og tillukket.

Limet anvendes hovedsakelig til kryssfinérfabrikasjon. Vannresistensen for stivelseslim er meget liten og limet egner seg derfor bare for liming av produkter til innvendig bruk. Stivelseslim er meget billig. Disse lim anvendes lite i de Skandinaviske land, men brukes i Amerika ganske meget til kryssfinér.

Proteinlim.

Proteinlim fra soyabønner fås fra det som er igjen når fettene i bønnene er ekstrahert. Denne rest er meget verdifull i seg selv, den er råstoff til lim, dyrefór, gjødningsstoffer, plastics m.m.

Etter at oljen er fjernet, blir det resterende malt til et fint pulver som er grunnlaget for limet. Dette pulver blandes som regel med kjemikalier som kaustisk soda, natriumsilikat, kalk o.a. som øker limets vannresistens.

En normal påstrykningsmengde for kaldpressing er 290-340 gr/m² pr. enkel limfuge. Limet påstrykes vanligvis med en mekanisk limspreader med metallruller. Ved varmpressing er påstrykningsmengden ca. 200 gr/m², og limet tilføres arbeidsstykkene med en limspreader med gummivalser.

Ved kaldpressing er den åpne tid fra 15-25 minutter. Ved varmpressing er denne tid fra 5-15 minutter.

Trykket varierer med forskjellige treslags volumvekt og tetthet, men vanligvis anvendes fra 7-10 kg/cm². Herdetiden ved kaldpressing er vanligvis fra 4-12 timer.

Soyalim er det billigste vannresistente lim på markedet. Det leveres i en rekke forskjellige kvaliteter, fra et meget billig lim av relativt lav kvalitet for emballasjeindustrien, til høykvalitetslim med god bindeevne for kryssfinérfabrikasjon. Soyalim kan med godt resultat brukes til liming av finér som har opptil 15 % fuktighetsinnhold, i motsetning til de fleste andre lim som krever en fuktighet på ca. 5 %. Dette er en stor fordel da tørkekapasiteten blir større og brekkasjen ved behandling av tørrere finér mindre. Den relativt høye prosent av alkalier i soyalim gjør at det har tendens til å misfarge tynnere finér, og det anbefales ikke til bruk for dekorative formål som f.eks. innen møbelindustrien. (FEHN 1954).

EN OVERSIKT OVER KUNSTHARPIKSLIMETS KJEMI.

En viktig anvendelsesform for en gruppe stoffer, kjent som kunstharpiks, er deres bruk i kunstlim. En gjennomgåelse av kunstlimene vil derfor bli en gjennomgåelse av kunstharpiksenes kjemi.

Med kunstharpiks mener man kvaeaktige stoffer som framstilles fra enklere forbindelser ved hjelp av kjemiske reaksjoner. Så vidt en vet, har ingen av kunstharpiksene noe motstykke i naturen. Det lages mange forskjellige kunstharpikser som egner seg til framstilling av lim. Et lim kan bestå av en bestemt harpikstype, eller det kan være en blanding av flere typer.

Noen av de mest alminnelige uttrykkene som blir brukt i forbindelse med kunstharpikslimene, skal først defineres.

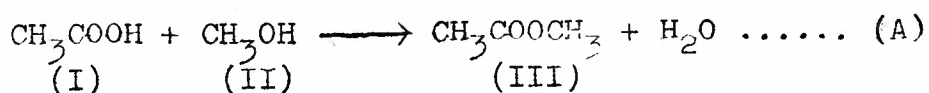
Man regner med flere grupper av kunstharpikser, noen er lette å destillere eller krystallisere, mens det motsatte kan være tilfelle med andre.

Den første gruppen er bygd opp av molekyler som består av få atomer, mens molekylene i den andre gruppen stoffer inneholder store mengder atomer. Det viktigste krav for en kjemisk reaksjon som skal frambringe harpiksaktige stoffer, er at den er i stand til å lage store molekyler. Dette nødvendiggjør en viss reaktivitet hos de samvirkende stoffer, - molekylene må ha et visst antall reaktive grupper. Og dette fører oss til den første definisjon.

Funksjonelle grupper.

Det mest fundamentale i kunstharpiksenes kjemi er kanskje kjennskapet til deres funksjonelle grupper. Om en molekylvekst er mulig eller ikke, avhenger av antall funksjonelle grupper i molekylene til de opprinnelige stoffene. En funksjonell gruppe i et molekyl er en gruppe som er reaktiv under de forhold som prøven blir foretatt.

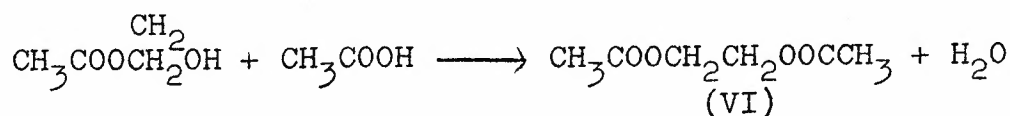
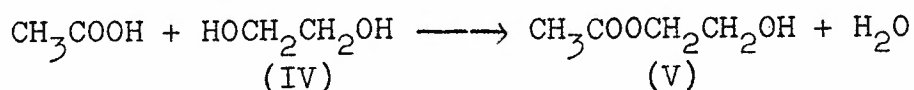
For eksempel reagerer eddiksyre (I) med metylalkohol (II) og danner metylacetat (III).



Her er de funksjonelle gruppene hydroksyl (-OH), som det fins en av hos metylalkohol, og karboksyl (- COOH), som eddiksyren har en av.

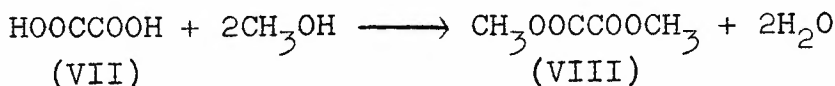
Produktet, metylacetat (III), har ingen av disse funksjonelle grupper og slutter følgelig å reagere.

Om en nå ser på en reaksjon mellom eddiksyre og en alkohol med to funksjonelle grupper, f.eks. etylenglykol (IV), en toverdige alkohol.

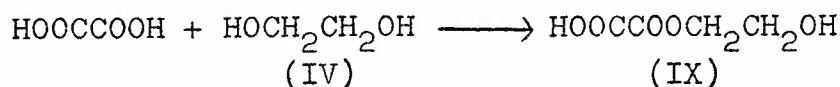


Den første reaksjon fører til glykol-monoacetat (V) som fremdeles har en funksjonell hydroksylgruppe. Den kan derfor reagere med enda et eddiksyre-molekyl og gi glykol-diacetat (VI), og her stopper reaksjonen.

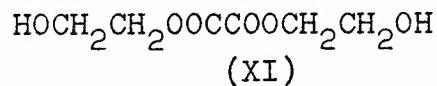
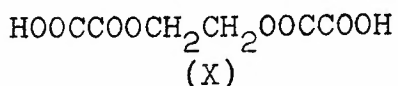
På samme måte har vi reaksjonen mellom oksalsyre (VII) (med to funksjonelle grupper) og metylalkohol (med en) som vil stoppe med dannelsen når dimetyloksalat(VIII) er dannet.



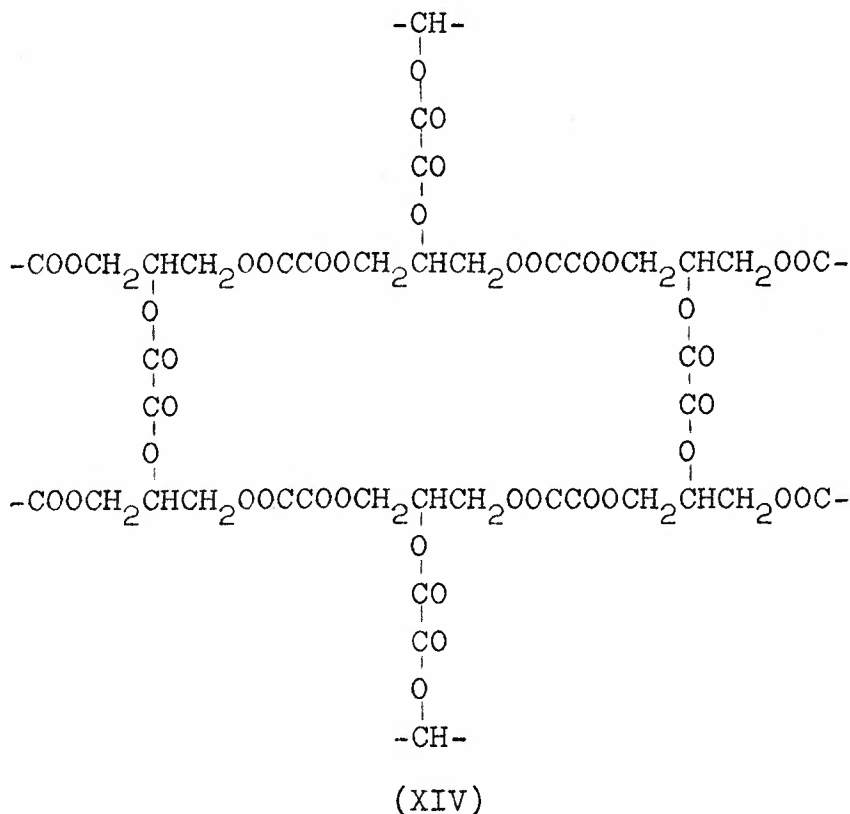
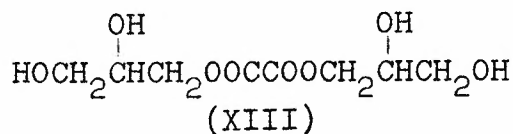
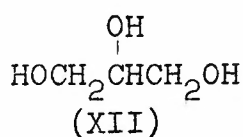
Tar vi imidlertid oksalsyre og etylenglykol (IV), inneholder det første reaksjonsproduktet (IX) to funksjonelle grupper, karboksyl - COOH og hydroksyl -OH, og disse kan reagere videre i hver ende av molekylet med henholdsvis alkohol og syre.



Produktene, (X) og (XI), vil fremdeles inneholde to funksjonelle grupper, enten karboksyl (COOH) som i (X) eller hydroksyl (-OH) som i (XI) og kan derfor fortsette å reagere i det uendelige.



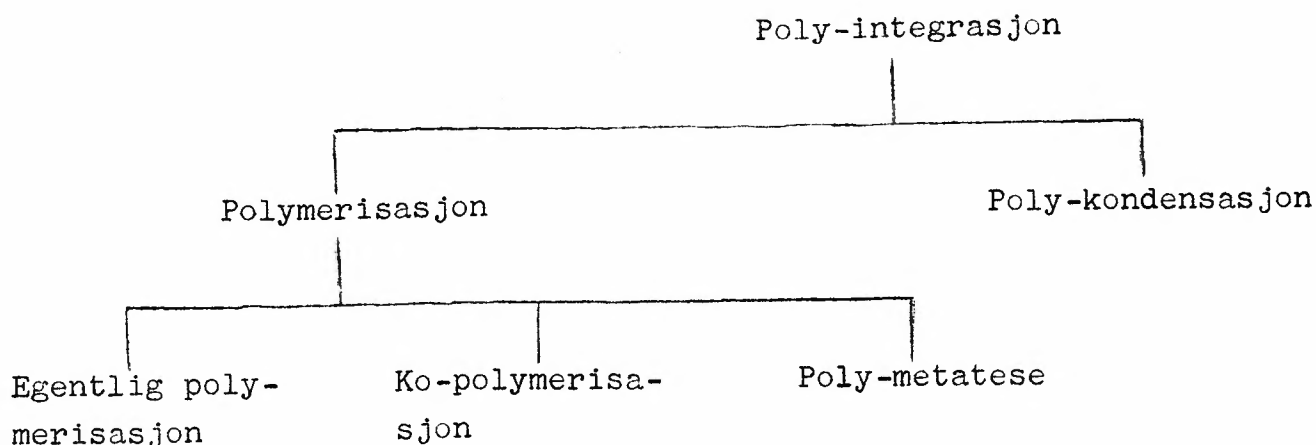
Det endelige resultat vil gi et linjeformet molekyl, et slikt stoff vil smelte ved oppvarming. Når en bruker et utgangsstoff som er trifunksjonelt, f.eks. glycerol (XII), og lar det reagere med oksalsyre, vil mellomproduktet (XIII) ha fire funksjonelle hydroksyl-grupper og derved kunne vokse i mer enn to retninger. Det endelige produkt (XIV) er derfor tre-dimensjonelt og vil ikke smelte, men vil destrueres ved tilstrekkelig sterk oppvarming.



For å kunne lage kunstharpiks må hvert av molekylene i utgangsstoffene innholde minst to funksjonelle grupper. Hvis begge utgangsstoffene har to funksjonelle grupper, får vi et smeltelig harpiks, men hvis molekylene i det ene eller begge har mere enn to funksjonelle grupper, får vi et usmeltelig harpiks.

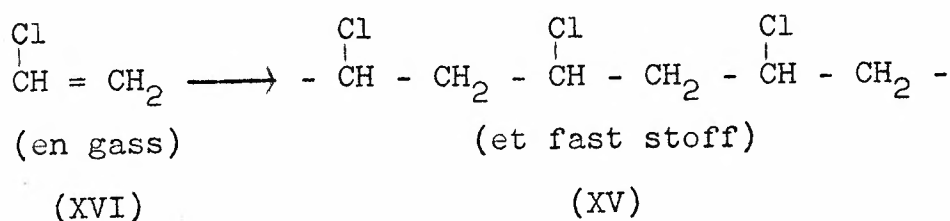
Det er mulig å skjelne mellom fire forskjellige måter som komplekse harpiksmolekyler kan bli bygd opp på fra enklere innledende stoffer, - en generell prosess som kan bli kalt poly-integrasjon. Tre av disse omfatter prosesser med direkte addisjon uten eliminering av noe biprodukt, og de kan derfor generelt bli beskrevet som polymerisasjonsreaksjoner.

Den fjerde type resulterer i eliminering av biprodukter, for eksempel vann, og kan derfor mest korrekt kalles poly-kondensasjon. Deres innbyrdes forbindelse kan sees i tabellen nedenfor.



Egentlig polymerisasjon.

Egentlig polymerisasjon er en prosess som binder sammen like molekyler som polymerer lett, og en får derfor ingen dannelses av biprodukter. Et eksempel er dannelsen av polymer vinylklorid (XV) fra vinylklorid (XVI).



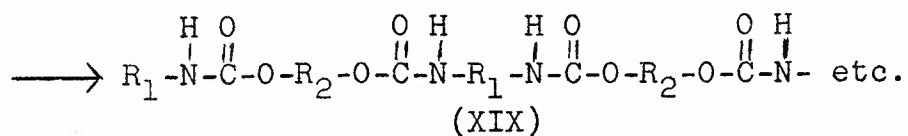
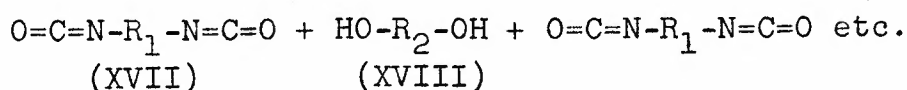
For enkelte av disse polymerisasjonsprodukter gjelder at like så lett som de vil polymere, vil de kunne depolymeres og vende tilbake til monomere former. En høyere temperatur enn det stoffet vanligvis vil bli utsatt for, vil ofte føre til en slik reversering. Av dette kan vi slutte at den ustabilitet som en vanligvis finner i forbindelse med dobbeltbindinger, til en viss grad er avhengig av temperaturen.

Ko-polymerisasjon.

Enkelte stoffer som er i stand til å polymerisere hver for seg, kan også polymerisere sammen. Denne prosess som blir kalt ko-polymerisasjon, er meget viktig da den ofte resulterer i produkter hvis egenskaper er de enkle polymerers overlegne. Et godt eksempel er ko-polymerisasjon av vinylklorid og vinylacetat.

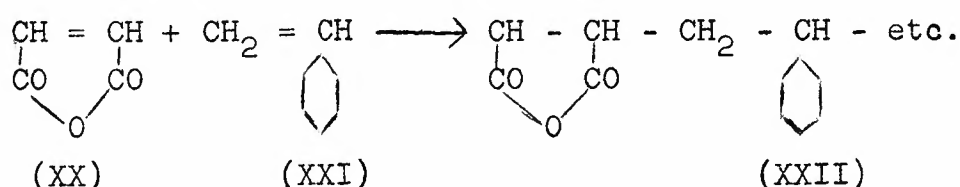
Poly-metatese.

Den tredje type polymerisasjon kan kalles poly-metatese. Et eksempel på denne type molekylvekst kan best bli gitt med en harpikstype, kjent som polyuretaner. For å fremstille disse lar en et di-(eller poly-) isocyanat (XVII) reagere med en to-(eller fler-) verdig alkohol (XVIII).



Denne reaksjon likner poly-kondensasjon i det at to forskjellige molekyler vekselvis slår seg sammen for å danne lengre rekker, men det er imidlertid den forskjellen fra polykondensasjon at det ikke blir dannet noe biprodukt. Den likner også egentlig polymerisasjon, idet prosessen er additiv, - men med den forskjell at de separate stoffene ikke individuelt lar seg polymerisere.

En liknende reaksjon som virkelig er en mellomting av poly-metatese og ko-polymerisasjon, er den mellom maleinsyreanhydrid (XX) og styren (XXI) som gir et harpiksaktig stoff (XXIX). Denne reaksjon er noen ganger kalt en hetero-polymerisasjon.



Poly-kondensasjon.

I bestemte kjemiske reaksjoner mellom to eller flere organiske molekyler vil en få spaltet fra vann eller et liknende enkelt stoff av lav molekylær vekt. Dette er en kondensasjonsreaksjon som likning A er et godt eksempel på. Hvor dette fører til dannelsen av en makro-molekylær struktur, blir det kalt poly-kondensasjon.

Poly-kondensasjon kan produsere to-dimensjonale strukturer som ved de smeltelige alkydene og poly-amidene (nylon), eller tre-dimensjonale strukturer som ved herdede fenol- og urealim. Alle disse reaksjoner som fører til molekylær vekst, kan bli startet ved varme, lys, trykk eller ved hjelp av katalysatorer - ofte ved to eller flere.

Herding.

Under framstillingen av kunstige harpikslim stoppes reaksjonen ofte under kontroll før den er ferdig. Dette er spesielt nødvendig i tilfelle med usmeltelige harpikser, og avslutningen av reaksjonen foregår under limingen ved hjelp av varme, tilsetting av herder (katalysator) eller begge deler.

Noen lim blir brukt i form av oppløsninger, noen som emulsjoner og andre blir brukt i form av tørr limfilm.

Herdingen består i alminnelighet i at limet går over fra væske til fast form.

Varmeherdende lim.

Et varmeherdende lim blir hardt under påvirkning av varme, et resultat av en irreversibel kjemisk reaksjon. Limet vil deretter vanligvis forbli usmeltelig.

Termoplastiske stoff.

Et termoplastisk lim kan innen visse grenser, mykne ved oppvarming og hardne ved kjøling, uten å ha noen skadelig virkning på materialet som limes. Vanligvis er grensen satt ved den temperatur hvor det enten er en begynnende dekomposisjon eller tilløp til en reversibel kjemisk reaksjon, dvs. de-polymerisasjon. Skillet mellom varmherdende og termoplastiske lim er vanligvis skarp, men det er noen grensetilfelle. Enkelte lim er varmeherdende, men likevel mykner de igjen ved meget høye temperaturer; de er altså varmeherdende, men ikke usmeltelige.

Katalysator.

En katalysator influerer på reaksjonshastigheten i en kjemisk reaksjon. Den kan aksellerere eller sinke en reaksjon, men blir vanligvis brukt som en aksellerator. Ordet katalysator blir ikke brukt så mye i forbindelse med lim, en bruker heller navnet herder.

pH-verdien.

Det er med sikkerhet fastslått at høy surhet eller høy basiditet svekker styrken i limfugen, spesielt hvis de også har en skadelig virkning på de materialer som skal limes sammen. Celluloseoppbygde masser som tre, papir etc. er mere ømtålelige enn ikkeporøse, organiske plastikker eller metaller.

De vanlige spesifikasjoner angir en pH-verdi som ikke må være mindre enn 2,5. Problemet er mest merkbart i forbindelse med de varmherdende lim da disse er avhengig av en viss pH for herdingskvaliteten.

De nøytrale resorcinol-formaldehydlim kunne derfor gis en fordel over fenol-formaldehydlim og karbamidlim som er avhengig av syrekatalysatorer for sin herding eller polymerisasjon. Når katalysatoren ikke er for sterk, skader den ikke cellulosestrukturen

- 1) Karbamidlin (Urea-Formaldehyd) U-F
- 2) Melaminlin (Melamin-Formaldehyd)
- 3) Fenol-formaldehydlin
- 4) Resorcinlin (Resorcinol-Formaldehyd).

og fenol-formaldehydlim og karbamidlim vil gi et like godt resultat som et resorcinollim.

Limets oppløsninger.

Kolloidal oppløsning: Partiklene i mange kunstlim er forholdsvis store, så de danner kolloidale oppløsninger. Alle brukbare lim er kolloider, og i virkeligheten kommer ordet fra gresk "kolla" som betyr lim.

Emulsjon: I forbindelse med termoplastiske kunstharpikslim kan en ofte høre snakk om emulsjonslim. Disse lim er en emulsjon av finfordelt polyvinylharpiks i vann og er melkeaktig hvite eller lyse brune av farge.

"Plasticiser". En plasticiser er vanligvis en organisk væske med et lavt damptrykk. En bruker en plasticiser fordi den plast man har, ikke har de ønskede egenskaper. De gir verdifulle egenskaper slike som mykhet og smidighet. Mykheten kan i mange tilfeller være uønskelig, men det er ikke vanlig å oppnå tøyelighet uten den. Men en plasticiser vil ikke alltid bli beholdt permanent i lim, og det er også en av svakhetene ved dets bruk.

DE INDIVIDUELLE LIM.

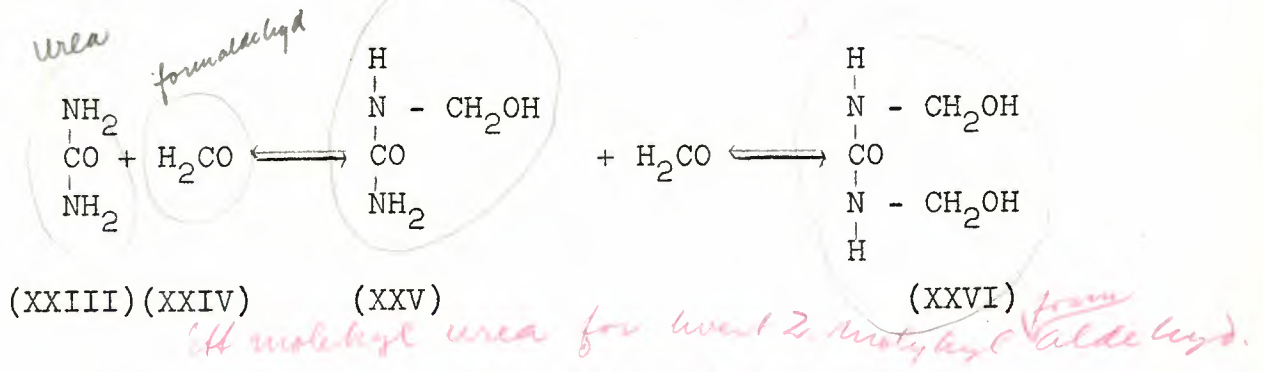
Vi vil nå gå videre å se på de individuelle lim. Hvor det ikke foreligger enighet om de polymere stoffers kjemiske struktur, er disse strukturer utelatt.

KARBAMIDLIM (Urea - Formaldehyd). *UF-lim.*

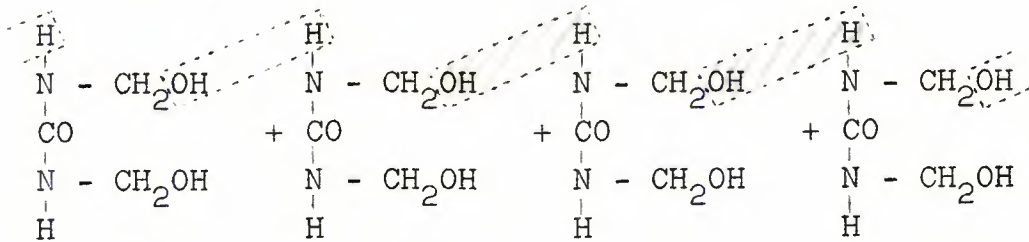
Urea-formaldehydlim har i de senere år vært et av de mest brukte kunstharpikslim. Limet framstilles ved å kondensere urinstoff og formaldehyd. Begge blir framstilt syntetisk.

Formaldehyd blir vanligvis brukt oppløst i vann, men den blir også ofte brukt i fast polymer form. Urea (XXIII) og formaldehyd (XXIV) reagerer med hverandre under forskjellige forhold og gir produkter som enten er krystallinske eller amorfe, og som danner enten fullstendige eller kolloidale oppløsninger. Det er den

siste som har mest interesse i forbindelse med lim. Under nøytrale eller svakt basiske betingelser er de første reaksjonsprodukter vesentlig metylol-urea (XXV) og (XXVI). Reaksjonen er reversibel.



I forbindelse med svake syrer forbinder metylol-urea seg sammen under eliminering av vann, et nytt eksempel på en kondensasjonsreaksjon.



Den reaksjon som foregår mellom urea og formaldehyd, har vært mye gransket, og forskjellige strukturer har vært framsatt for det endelige polykondensat. Den generelle oppfatning er imidlertid at ingen uforanderlig struktur av molekylene kan bli gitt, for det er helt klart at strukturen varierer med reaksjonsforholdene, som f.eks. pH, temperatur etc. Det beste UF-limet får en ved å varme et molekyl urea for hvert to molekyl formaldehyd i et svakt surt miljø. Ved å bruke en flytende oppløsning av formaldehyd vil en få et produkt i væskeform som så igjen blir konsentrert til en klebrig masse ved å dampe bort noe av vannet. Hvis en fortsetter fordampingen, får en et vannfritt lim som blir solgt i pulverform.

Den molekyl-vekst som foregår under reaksjonen av urea og formaldehyd, arter seg som en progressiv økning av viskositeten i reaksjonsmixturen og resulterer i stivning av stoffet hvis reaksjonen ikke blir stoppet. Dette kan gjøres ved å kjøle av produktet og

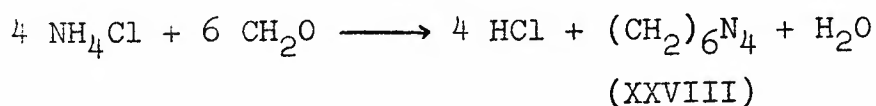
heve pH til 7 - 8. Limopløsningen har da en tilstrekkelig stabilitet til å være brukbar i et bestemt tidsrom som vanligvis går under benevnelsen lagrings- eller hylletiden. Lagringstiden kan være en periode på dager eller måneder; den kan også være opp til et år eller to, men det er tekniske grunner som gjør dette uønskelig for flytende UF-lim som har et høgt innhold av faste stoffer. Lim i pulverform er mere stabile og kan ha en lagringstid på mere enn et år.

Når limet blir tatt i bruk, blir molekylveksten igjen satt igang ved tilføring av en syre, - katalysatoren eller herderen. Under dette sure miljø fortsetter herdingen av limet til det er blitt en hard masse.

Likesom andre usmeltelige lim er UF-limet meget ømtålelig overfor pH-forhold, spesielt under pH 6.

Dette nødvendiggjør en nøyaktig kontroll under produksjonen for å kunne lage produkter med faste egenskaper. Denne ømtålelighet er meget verdifull idet at det til spesielle formål kan lages katalysatorer som ikke trenger varme til å herde limet. En viss variasjon i valg av syrer er ønskelig, men i det store og hele er herdetiden en funksjon av pH - jo lavere pH desto raskere er herdingen.

I stedenfor å bruke syrer direkte som herdere, kan det ofte være en fordel å bruke stoffer som utskiller en syre når de blir blandet i limet, for eksempel ammoniumsalter. Disse forbinder seg med de frie og løst bundne formaldehydene, og frigjør likeverdig syre. For eksempel frigjør ammoniumklorid hydrogenklorid samtidig med dannelsen av vann og hexametylen-tetramin (XXVIII).



Denne frigjøring av syre kan iakttas når en setter et ammoniumsalt til et lim som inneholder en indikator.

I de vanlige UF-lim vil det ved en slik tilsetning av salt først være et brått fall i pH som skyldes sammenbindingen av saltet med det frie formaldehyd. Dette blir igjen fulgt av et mer gradvis fall i pH, idet det mer løslig bundne formaldehydet reagerer med saltet. Ved bruk av ammoniumsalt som herder, er det nødvendig med en viss minimumsmengde (avhengig av limets egenskaper) for å oppnå en tilfredsstillende herdeeffekt.

Dette kan imidlertid føre til en uheldig innkorting av limets brukstid på grunn av at pH blir senket for hurtig eller for mye. For å hindre dette er det nødvendig å tilsette et forsinkende middel (retardasjonsmiddel), og ammoniakk eller hexametylen-tetramin blir vanligvis brukt. Herderens sammensetning og den mengde som blir tilsatt limet, har en merkbar innflytelse på limets brukstid og herding.

Det herdede UF-lim er uløselig i alle vanlige organiske oppløsninger. Det har god motstandsevne mot syrer og baser, skjønt det kan bli angrepet av noen ved høge konsentrasjoner. En kan si at stoffer som vil skade limet også vil skade treverket.

Varmemotstandsevnen for UF-limet er ikke så høy som for noen av de andre usmeltelige limene. De nyeste UF-lim tåler vann opp til en temperatur av ca. 80°C, men deretter synker motstandsevnen raskt, og ved 100°C har det liten eller ingen styrke i limfugen.

UF-lim blir ofte forsterket med enten melamin eller resorcinol for å gi det større motstandsevne mot kokende vann. (RAYNER 1951)

Varmeherdende UF-lim.

Disse lim brukes fortrinsvis til finéring i varmpresse, til kryss finérproduksjon og til framstilling av sponplater. Brukstiden er vanligvis minimum 1 dag. Åpen og lukket tid varierer med mengden av herder og med temperaturen i lokalet. Til påstrykingen på finér brukes helst en mekanisk limspreder med gummivalser. Limet strykes som regel bare på den ene av de to sider som skal legges sammen. Vanlig påstrykingsmengde er fra 130 - 200 gr. pr. m².

Presstemperaturen varierer noe med mengden av herder, men temperaturer fra 90 - 125°C er meget brukt. Hver øking i temperaturen på 5,5°C over 40°C forkorter presstiden til det halve.

Limet herder bedre jo høyere temperaturen er, men temperaturer vesentlig over 100°C medfører visse ulemper. Det blir lett tendens til blåsedannelser når trykket tas bort, sterk uttørking på overflaten av arbeidsstykkene og derfor fare for at disse kan slå seg. Derfor bør man heller gå litt opp med presstiden, slik at temperaturen høyst blir litt over 100°C.

Trykket for UF-lim varierer liksom for fenollimene også med treslagets hardhet og tykkelsen av arbeidsstykkene; vanlig er 5 - 15 kg/cm². Presstiden er også avhengig av ovennevnte faktorer. Vanlig tid i pressen er 3 - 5 minutter + 1 minutt for hver millimeter av arbeidsstykkenes tykkelse. Treets fuktighetsinnhold bør være 8 - 9 % før pressingen. Bruker man pressetemperaturer vesentlig over 100°C, bør treet være tørrere, ca. 5 - 6 %. Etter pressingen bør det ferdige produkt kondisjoneres en tid, slik at det kan foregå en fuktighetsutjevning.

Kaldherdende UF-lim:

Kaldherdende UF-lim er sammensatt slik at de herder i løpet av et rimelig tidsrom ved en temperatur på ca. 20°C, men herdings-tiden blir også her betraktelig nedsatt ved oppvarming. Selve limet leveres enten som væske eller som pulver, med eller uten tilsatt herder. Herderne leveres som oppløsning, eller som pulver for oppblanding med vann. Brukstiden varierer med type og mengde av herder, men også vesentlig med temperaturen i arbeidslokalene. Hvis f.eks. brukstiden for et lim ved 21°C er 6 timer, reduseres den til 3 timer ved 27°C og til 1½ time ved 33°C. Det kan derfor ofte være formålstjenlig å avkjøle limbeholderen og holde temperaturen ved ca. 20°C for å øke brukstiden.

Kaldherdende UF-lim kan påstrykes enten manuelt eller med mekanisk limspreader. Den vanlige påstrykingsmengde varierer fra 150 - 250 gr/m². Limet påstrykes også her som regel bare på den ene av de to sider som skal limes. Åpen og lukket tid er av meget større viktighet for disse lim enn for de varmherdende. Maksimum åpen

Presstid oftast kortere enn
total herdetid.

tid er som regel 10 min., og maksimum lukket tid 20 min. Hvis treet er meget tørt og temperaturen i arbeidslokalene vesentlig over 23°C, må den åpne og lukkede tid reduseres.

Presstiden eller herdetiden avhenger i høy grad av temperaturen under pressingen. Ved 23°C er presstiden for tynnere enheter som finér o.l. ca. 4 timer og for tykkere enheter 5 - 7 timer. Trykket må under ingen omstendighet tas bort før det lim som er trykket ut på sidene, er hardt. De kaldherdende UF-lim er langt mer ømfintlige overfor fuktighet i treet enn de varmherdende UF-lim og fenol-limene. For å oppnå et godt resultat bør fuktighetsinnholdet i treet være fra 7 - 12 %, mens fuktigheter lavere enn 6 % gir dårlig limfuge. Dette er et forhold man bør være oppmerksom på, fordi det ofte har forekommet at de kaldherdende lim har gitt dårlige resultater og dermed fått ord på seg for ikke å være så gode, nettopp av den grunn at det har vært anvendt for tørre materialer.

"Separatpåstrykingsmetoden".

Dette er en metode for påstryking av lim, vesentlig UF-lim, som egner seg spesielt for snekkerverksteder o.a. hvor man ikke bruker meget lim om gangen.

Framgangsmåten er at man stryker lim på den ene og herder på den andre av de to flatene som skal limes sammen, og disse legges som vanlig under press etter en anbefalt åpen tid. Denne metoden innebærer at brukstiden ofte blir like lang som lagringstiden, og man får ingen rester å kaste. Videre slipper man oppveiling og blanding og sparer tid og utstyr til dette. En annen fordel er at det anvendes meget hurtige herdere, hvorved man får presstiden redusert betraktelig, ofte bare til en brøkdel av den for vanlige kaldherdende UF-lim.

Drøyde UF-lim.

UF-lim som tilsettes større mengder drøyemidler, som rug- og hvetemel (opptil 200 %), kalles drøyde lim. Dette gjelder både varm- og kaldherdende UF-lim. Mel har i seg selv en viss limings-evne, men den primære oppgave ved drøyingen er å senke prisen på limet, forandre konsistensen og motvirke limgjennomslag. Mengden

av drøyemiddel varierer ikke så meget etter limtypen som etter hvor det ferdige produkt skal brukes. Tilsetter man mer enn 25 % mel, blir limet lett angrepet av mikroorganismer, men dette kan rettes på ved tilsats av konserveringsmidler.

Den vanligste tilsetningsmengde er fra 25 - 100 % mel, basert på tørrvekten av limet. Større mengder mel har også vært brukt, helt opp til 200 %, og har gitt ganske gode limfuger. Styrken av limet synker noe ved drøyde lim, men hverken tørr- eller våtstyrken forandres noe vesentlig ved tilsetning på opp til 100 %. Drøyde UF-lim inneholder som regel mer vann enn de vanlige UF-lim. Det er derfor nødvendig med større påstrykingsmengder, men forøvrig brukes disse lim som de andre UF-lim. (FEHN 1954).

Fyllende UF-lim.

En ulempe ved UF-lim er at dersom limfugen blir tykk, vil den ha en tendens til å sprekke og smuldre opp med tiden. For å råde bot på dette har man uteksperimentert de såkalte fyllende UF-lim, som ikke smuldrer opp selv ved ganske tykke limfuger. Det kan derfor brukes når man er henvist til å lime sammen ujevne flater. For å få lim med fyllende egenskaper brukes visse tilsatzmidler som blandes enten i limet eller i herderen (såkalt fyllnadsherder).

Modifiserte UF-lim.

Modifiserte UF-lim kalles de varmherdende UF-lim som tilsettes andre lim, som melamin - og resorcinlim, for å øke UF-limets resistens mot vann og høye temperaturer. Ved tilsetning av 40 - 50 % av melamin - eller resorcinlim får UF-limet bortimot de samme egenskaper som disse lim. Modifiserte kaldherdende UF-lim har såvidt en vet ennå ikke vært framstilt.

UF-limets egenskaper.

UF-limenes limfuge har en meget god tørrstyrke, limfugene er gjerne sterkere enn treet. Disse lim er, som før nevnt, også meget resistente mot kaldt vann, men tåler ikke vann med temperaturer over 65°C. Limene angripes ikke av mikroorganismer, med mindre de er tilsatt over 25 % drøyemiddel.

NB Limene står relativt godt mot tørr varme, men en kombinasjon av høy temperatur og høy luftfuktighet vil nedbryte limfugen. Ved ild vil kryssfinér delaminere før det brenner opp, i motsetning til hva som er tilfelle med fenollimene. For UF-limene kan settes opp følgende prioritetsliste med hensyn til kvaliteten:

1. Modifiserte lim. — *tilsatt uelastisk, resorcinlim*
2. Varmherdende lim.
3. Kaldherdende lim.
4. Drøyde lim. *Fyllende lim = tykke limfuger.*

Kryssfinér limt med forskjellige lim er ved F.P.L. i Madison utsatt for utendørsprøver, hvor delamineringen avleses regelmessig. Slike prøver limt med kald- og varmhærdende karbamidlim har vist en god del delaminering i løpet av 2 - 3 år, mens modifisert UF-lim ikke viste noe særlig tegn til ødeleggelse. Samme prøver med fenollim har gitt over 8 års utendørstjeneste uten å delaminere, og prøvene står fremdeles ute til fortsatt kontroll. Når man limer med karbamidlim, får man en forholdsvis stiv og uelastisk limfuge. Følgen av dette er, som nevnt ovenfor, at tykke limfuger vil ha en tendens til å sprekke og smuldre opp, til en viss grad også selv om limet er såkalt fyllende. Man bør derfor ha så jevne flater som mulig, slik at man får en tynn og jevn limfuge.

UF-lim reagerer sent og bør derfor oppbevares og blandes i kar av glass, porselen, plastic eller stentøy. Bronse, kopper og messing må aldri brukes, men visse UF-lim kan behandles i jern- og tinnkar. Rengjøringen går lettest med kaldt eller lunkent vann. Varmt vann er ikke bra, da det framskynder herdingen av limet og bare vanskeliggjør rengjøringen.

Anvendelse av UF-lim.

UF-lim er vel det lim som brukes mest innen møbelindustrien i dag. De fleste møbelfabrikker har nå varmpresse, og til finéring bruker de da så og si utelukkende UF-lim. Disse lim er også meget vel egnet til fugeliming, påliming av papir-plastlaminat etc.

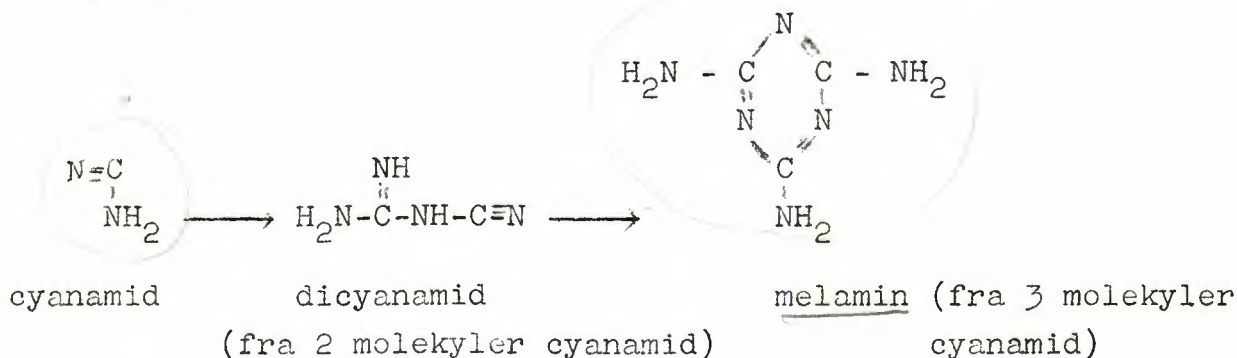
Sponplater er en ny artikkel som er kommet på markedet i de senere år, og til framstilling av disse brukes så og si utelukkende UF-lim. Et annet anvendelsesområde for UF-lim er laminerte konstruksjoner som skal stå innendørs.

1) Årsaken til UF-limets store utbredelse er at de er billige, lette å bruke, og at de gir en meget sterk og pålitelig limfuge.

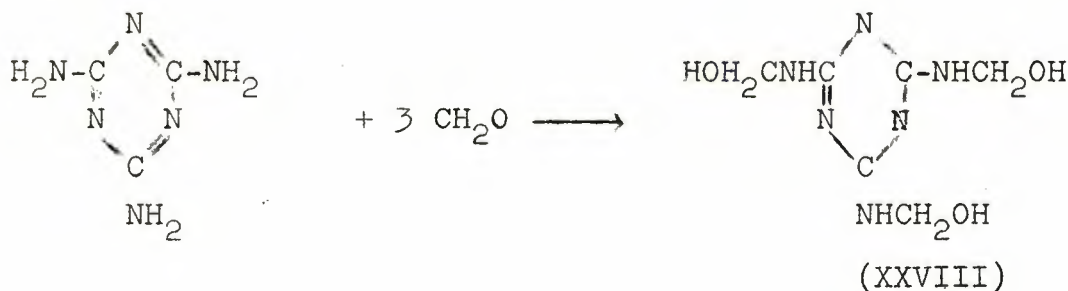
Forbrukeren kan kjøpe et eneste lim, og ved å sette til passende herder m.m. kan han når som helst få akkurat den limmengde han har bruk for i øyeblikket. (RAKNES).

2) MELAMINLIM (melamin - formaldehyd).

Melamin framstilles ved å kondensere melamin og formaldehyd. Dette lim er kjemisk sett nær beslektet med UF-limet. Framstillingen av melamin fra cyanamid er et nytt eksempel på polymerisasjon:



Melamin reagerer med formaldehyd og gir et lim under liknende forhold som de som må være tilstede for framstilling av urea-formaldehydlim. Likesom tilfellet er med urea, er dannelsen av en metylolforbindelse (XXVIII) trolig det første stadium i reaksjonen.



Som i UF-limene reagerer methylol-melamin med rent melamin, idet vannet elimineres, og det dannes en høyst komplisert molekylkjede (cross linked).

De vanlige melamin-formaldehyd-limene har et molekylforhold på 1 : 3. MF-limene er heller mindre følsomme for pH enn UF-limene, men de er mere følsomme overfor høyere temperaturer. De kan derfor lettet herdes ved hjelp av varme uten tilføring av syreherdere. Av MF-limene finnes 3 typer, nemlig kaldherdende-, varmherdende- og temperlim. Temperlimet skiller seg fra det varmherdende ved at det er oppblandet med et surt salt som virker som katalysator og framskynder herdingen.

NB MF-limene er vanligvis fysisk ustadige i væskeoppløsninger, så de blir oftest solgt i pulverform. De skiller seg vesentlig ut fra UF-limene på to områder: For det første kan de ikke brukes på tilfredsstillende måte som kaldherdende lim. De blir best brukt ved temperaturer som ligger over 60°C og helst i forbindelse med varmpressing. For det andre er det helt holdbart overfor kokende vann, på høyde med fenol-lim. Denne siste egenskap blir i mange tilfelle tillagt litt for stor vekt. Det har vært antatt at motstandsevnen mot kokende vann er et mål for limets holdbarhet når det blir brukt til finér for utvendig bruk. Dette er imidlertid på ingen måte bevist. MF-limene er mere varmetålende enn UF-limene, men denne egenskap har mere interesse i forbindelse med plastiske støpninger enn ved liming av tre. Både dets kjemiske og fysiske egenskaper er meget bedre enn UF-limets, men den tørre limstyrken er imidlertid ikke større. (RAYNER 1951).

Tørrstoffinnholdet i limet ferdig blandet til bruk er 60 - 75 % av vekten. Melamin-lim er i ren form helt hvitt, men får ofte en svak brunfarge ved tilsetting av herdere. De kaldherdende MF-lim har en brukstid på 4 - 8 timer, og de varmherdende opp til 200 timer ved 20°C. Ved de kaldherdende lim kan herderen blandes i limet, eller man kan bruke separatpåstrykingsmetoden som ved UF-lim. Fuktigheten i treet bør være under 12 %.

De varmherdende lim har ganske lang åpen og lukket tid, mens temper-limene har en maksimal lukket tid på 1 time og åpen tid på $\frac{1}{2}$ time.

Det varmherdende melaminlim herder vanligvis ved 110 - 150°C, presstid ca. 3 - 5 minutter.

UF
MF
FF
RF

Fenol + formaldehyd =

- 1) Kaldherdende lim
Syre katalysator
Permanent smeltelig
- 2) Varmherdende lim
Overskudd av formaldehyd
Usmeltelig etter herding.

Enkelte lim lar seg herde ved 65°C hvis de ligger under presse i flere timer. Temperlimet herder ved omtrent samme temperatur som temperfenollimene, nemlig ved 50 - 100°C. (FEHN 1954).

Melaminlimene byr på større vanskeligheter m.h.t. rengjøring av apparatur enn de andre kunstharpikslim. Vann egner seg lite til rengjøring. Følgende er anbefalt: Sterkt såpevann, 30 % eddiksyre og 30 % kalsiumkloridopløsning.

Foruten til liming av trematerialer anvendes melaminlim også til framstilling av de såkalte papir-plastlaminater, som Respatex, Norlite, Formica, Perstorp o.a. (RAKNES).

3) FENOL-FORMALDEHYD LIM.

I gruppen av stoffer som er kjent som fenoler, er fenol (XXIX) eller karbolsyre den enkleste og også den viktigste. I reaksjonen med formaldehyd er fenol tri-funksjonell og reaktiv i alle stillinger som er merket X.



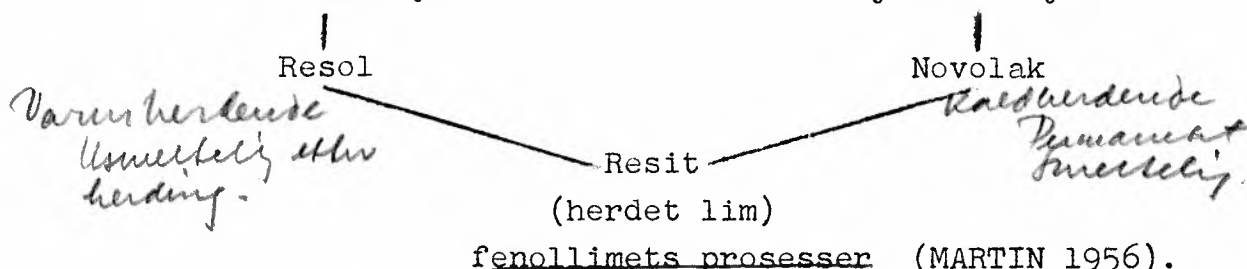
fenol
(XXIX)

Formaldehyd:
 H_2CO

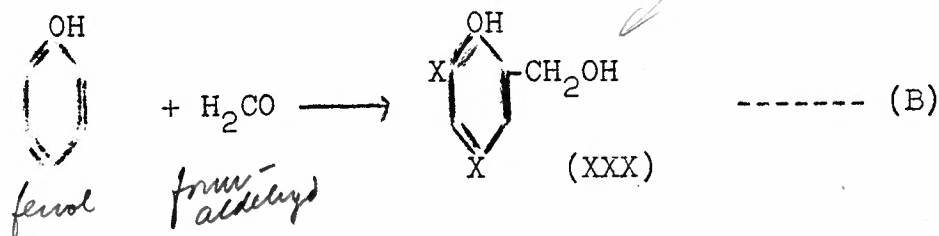
Reaksjonen av fenol med formaldehyd kan føre til dannelsen av to helt forskjellige lim, begge er opprinnelig smeltelige og oppløselige i organiske oppløsningsmidler. Forskjellen er at det ene, (en Novolak), et kaldherdende lim, blir laget med en syrekatalysator og kan være permanent smeltelig. Det andre, (en Resol), blir laget med et overskudd av formaldehyd og en basisk katalysator. Det siste er et varmherdende lim og usmelte- lig når herdingsprosessen er ferdig (en Resit). (RAYNER 1951).

Fenol + formaldehyd (overskudd)
+ basisk katalysator

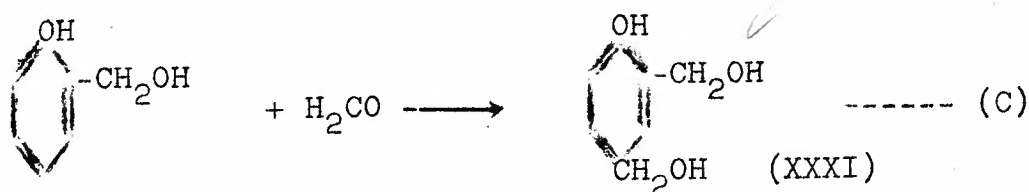
Fenol (overskudd) + formaldehyd
+ syre-katalysator



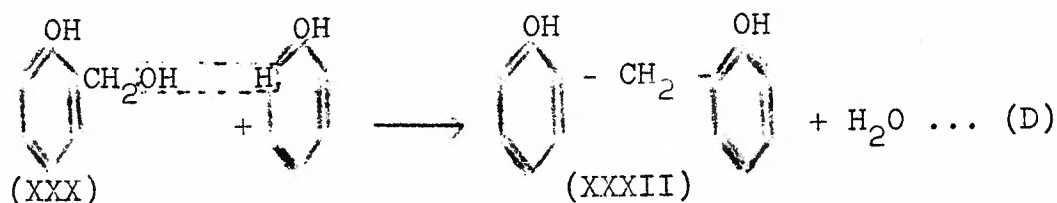
Den første reaksjon mellom fenol og formaldehyd er dannelsen av en monometylol-fenol, for eksempel saligenin (XXX) som kan bli isolert under spesielle forhold.



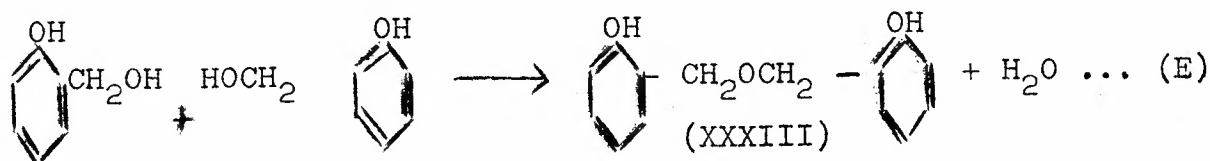
Saligenin har fremdeles to reaktive posisjoner (X) og kan derved reagere med mer formaldehyd og danne en dimetylol-fenol (XXXI) eller til og med en tri-metylol-fenol, skjønt ingen er blitt isolert fra reaksjonen.



De etterfølgende reaksjoner kan være av to typer. Først kan en metylol-fenol (XXX) reagere med fri fenol, eliminere vann og danne en dihydroksydifenylmetan (XXXII):



For det andre kan to molekyler av metylol-fenol reagere og danne en eter-forbindelse (XXXIII), med eliminering av vann:

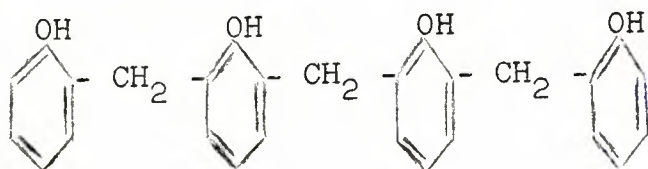


De gunstigste forhold for ovennevnte reaksjoner B, C, D og E er avhengig av pH, temperatur og forholdet mellom mengdene av reaksjonskomponentene.

pH-innvirkning.

Under sure betingelser er dannelsen av metylolforbindelsen (reaksjon B og C) noe sen, mens forvandlingen av metylolforbindelsene til difenyl-metaner (reaksjon D) og dibenzyl-eter (reaksjon E) er hurtig.

Det betyr at metylolforbindelser aldri vil akkumulere i reaksjonsblandingen, og at det ferdige lim stort sett vil være av formelen (XXXIII) og (XXXIV) skjønt forbindingen ikke nødvendigvis behøver å være orto til hydroxylgruppen. Denne type lim vil være permanent smeltelig og blir vanligvis kalt en Novolak.



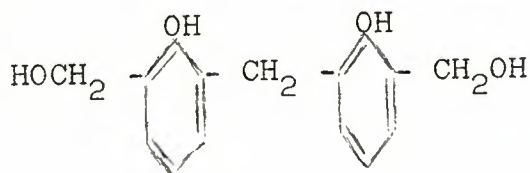
(XXXIV)

Sur

Mer formaldehyd i forhold til formaldehyd.

Under basisk miljø foregår dannelsen av metylolforbindelser (reaksjonene B og C) raskere, men deres dehydrering til difenyl-metaner (D) er forholdsvis sen.

Således har mono-, di- og trimetylolforbindelsene en tendens til å akkumulere i reaksjonsblandingen med bare en og annen metylenbinding mellom molekylene. Limet har formelen (XXXV). Dette er et termoplastisk lim som blir kalt en Resol og danner ved herding et usmeltelig lim, en Resit.



(XXXV)

basisk

Mer formaldehyd i forhold til fenol.

Temperatur.

En økning i temperaturen har en generell effekt på akselereringen av alle disse reaksjonene. En kan imidlertid legge merke til at Novolak (XXXIV) ikke inneholder reaktive metylolgrupper og derfor kjemisk sett ikke vil undergå noen forandring ved tilføring

av varme, mens derimot en Resol (XXXV) kan reagere enten med andre Resol-molekyler eller med fri fenol, eliminere vann og ved en sterk kryss-binding gi et usmeltelig lim, Resit.

Forholdet mellom reaksjonskomponentene.

Tar vi for oss formlene for en Novolak og en Resol, vil en se at Resol har mere formaldehyd i forhold til fenol enn en Novolak har. Følgelig må dannelsen av en Resol være betinget av et overskudd av formaldehyd, mens et overskudd av fenol vil gi en Novolak. Det er fremdeles noen usikkerhet med hensyn til det herdede lims struktur.

Valget av aldehyd har en viss innflytelse på de ferdige lim, acetaldehyd gir lettere en Novolak enn formaldehyd.

En Novolak kan bli gjort om til en Resol ved å tilføre mere formaldehyd og en Resol til en Novolak ved tilsetting av mere fenol. Varmherdende fenol-formaldehyd-lim er vanligvis laget under sterkt basiske forhold, og det ferdige lim vil lett skille seg i to lag, et væskelag på toppen og det ikke-vannløselige limet på bunnen. I sterkere basiske oppløsninger er imidlertid limet "varmeløselig", det vil i virkeligheten si base-løselig. Dette limlaget er løselig i visse organiske løsningsmidler som alkohol og aceton, det kan også i visse tilfeller være løselig i syrer.

Løsninger med passende viskositet blir brukt som flytende lim eller de blir brukt i form av en tørr film med papir som "bærer". Disse lim trenger vanligvis en temperatur i overkant av 100°C for herding. Basiske herdere blir vanligvis brukt i tillegg. Syre-herdere kan brukes, men syren kan føre til skade på veden.

113 De fleste treslag tåler imidlertid meget godt sterke syrer. I virkeligheten er tre som regel mindre ømtålelig overfor syrer enn baser. (RAYNER 1951).

Varmherdende fenol-formaldehyd-lim.

Fenollim for varmpressing leveres i følgende form:

- ① Limfilm.
- ② I pulverform. Pulveret blandes med vann eller med vann og alkoholer.
- ③ I flytende form, oppløst enten i vann eller alkoholer.

Limfilm brukes i utstrakt grad innen flyproduksjon og innen områder hvor flytende lim ikke passer. Den egner seg ypperlig til liming av tynn finér, da risikoen for farging av finéret er eliminert på grunn av at limfilmen ikke trenger inn i treet. Limfilmen er også meget grei å bruke. Man slipper tilberedning av lim og limpåstryking, og den åpne tid er omtrent ubegrenset. Da en limfilm ikke tilfører treet noen fuktighet, bør fuktighetsgraden ikke være under 6 %, gjennomsnittlig helst 8 - 12 %. En ulempe ved bruken av limfilm er at flatene som skal limes, må være meget jevne, da det ikke finnes noe overskudd til å fylle ut ujevnheter.

For riktig herding bør temperaturen ligge mellom 138 og 155°C. Presstiden blir betraktelig forkortet ved å bruke den høyeste temperatur. Presstiden er avhengig av avstanden fra presseplaten til limfugen, treetts beskaffenhet, treetts fuktighetsinnhold og limfilmens kvalitet.

For å oppnå best resultat, varierer trykket etter treslagene, fra 5 - 7 kg/cm² for bartre og 18 - 20 kg/cm² for lauvtre. Når det som skal limes er lagt inn i pressen, må trykket tilføres så hurtig som mulig for å unngå for-herding. (FEHN 1954).

(Resol - basisk; usmekelig, eller herding).

De varmherdende fenollim har en utstrakt anvendelse innen skipsindustrien, og til kryssfinér, som skal være resistent mot vann, vær og mikroorganismer. Disse fenollimene gir en limfuge som holder nesten under alle slags værforhold. Kryssfinér vil ikke delaminere eller splittes i limfugen under påvirkning av ild.

Brukstiden for de varmherdende fenollim er fra ½ time til flere dager, alt etter typen av herder som brukes. For enkelte typer er brukstiden lik lagringstiden.

Fenollim kan påstrykes manuelt, men det kan også brukes i mekaniske limspredere med gummivalser.

Fuktighetsinnholdet i treet er det viktig å kontrollere for å oppnå godt resultat. Like før pressingen bør fuktighetsinnholdet være ca. 12 %, og tynnere enheter som f.eks. finér, må derfor være meget tørre før påstrykingen, fra 3 - 5 %. For å unngå blåser ved liming av finér kan man, ved å benytte en lang åpen tid, bli kvitt en god del av den fuktighet som er i limet.

Den åpne tid varierer meget med limtypen, fra under 1 time til flere dager. Ved laminering, der sammenlegging og tilpassing kan ta en del tid, kan det være ønskelig med et lim med lang åpen tid. Ved vanlig kryssfinérfabrikasjon derimot, er en åpen tid på noen minutter og opp til 1 time passende. Det finnes fenol-lim som passer til begge formål.

18 | De varmherdende fenollim herder stort sett ved temperaturer mellom 100 og 140°C. Ved disse temperaturer er presstiden ca. 3 minutter pluss et visst tillegg for hver millimeter av arbeidsstykkets tykkelse. Trykket må avpasses etter treslaget.

Det er viktig med en viss kondisjonering av de limte produkter etter limingen. Derved vil fuktigheten i materialene få tid til å utjevne seg, og man unngår på denne måten at materialene senere slår seg.

Kaldherdende fenollim. (*Novalak - permanent smeltelig*
Syre katalysator)

De kaldherdende fenollim markedsføres som oftest som væsker hvor- til det skal tilsettes en flytende herder. Disse herdere er som nevnt meget sure. Dersom limfugen senere blir utsatt for høy temperatur i kombinasjon med høy fuktighet, kan det være fare for at den sure limfugen ødelegger treet omkring seg.

Brukstiden av de kaldherdende fenollim avhenger som ved andre kunstharpikslim av temperaturen. Ved 20°C er den ca. 1½ - 2 timer, ved 10° er den 5 timer, og ved 30° er den under ½ time. Her som ellers er limet brukbart så lenge det lar seg stryke ut tilfredsstillende. Åpen og lukket tid sammenlagt er ca. ½ time ved 20°C, presstiden er 2 - 3 timer ved samme temperatur.

Disse lim egner seg best for manuell påstryking. De er meget seige og tyktflytende.

Fenollimenes egenskaper og anvendelse.

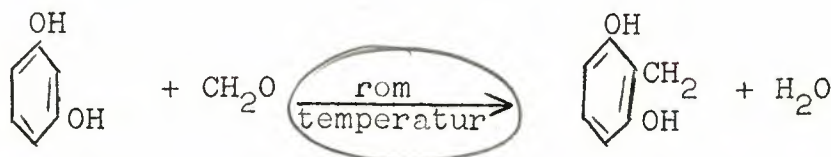
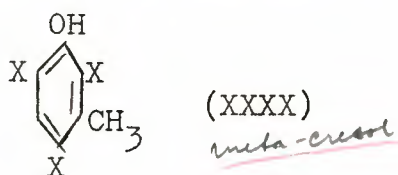
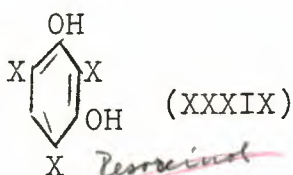
En limfuge av fenollim har erfaringsmessig vist seg å være meget holdbar under nesten alle forhold, både til innen- og utendørs bruk. Fenollimene er meget resistente både mot varmt og kaldt vann, såvel som mot avvekslende bløting og tørking. Ild og mikroorganismer tåler de også godt. Selv om limfugen er motstands-

dyktig under de nevnte forhold, beskytter ikke limet f.eks. en kryssfinérplate mot angrep av råte eller ild. Treet vil angripes akkurat i samme forhold som om det ikke var limt. En stor fordel ved brann er at kryssfinér limt med fenollim ikke delaminerer, dvs. at finérene ikke faller fra hverandre før de brenner opp. Skal man kunne si at fenollim har noen begrensning i det hele tatt, må det være at de er relativt dyre og at en del av dem må blandes meget nøyaktig før bruken. Men disse faktorer oppveies imidlertid av de mange og store fordeler ved fenollimene. Det er som regel umulig å ødelegge en fenollimfuge før treet blir ødelagt. De kaldherdende fenollim hevdes å være meget gode til liming av teak og andre oljerike og derfor vanskelig limbare tresorter. (RAKNES).

4) RESORCINLIM (Resorcinol-formaldehyd).

Resorcinol (XXXIX) er meta-dihydroksybensen, og idet den har to hydroksylgrupper, blir den kalt en to-verdig fenol. Den har tre reaktive posisjoner og ligner meta-cresol (XXXX). Men resorcinol er langt mer reaktiv fordi den har en hydroksylgruppe i steden for metylgruppen.

Som et resultat av denne reaktivitet vil den med formaldehyd gi et kaldherdende lim uten hjelp fra hverken katalysator eller varme, men bare ved å tilføre et større kvantum formaldehyd.



Resorcinol-formaldehyd

Det ble nevnt som en regel at formaldehyd og vanlig fenol, under samme forhold med hensyn til temperatur og stoffenes forholdsstørrelse, kan gi et lim som enten er termoplastisk eller varmherdende, og det ene kan lett bli forvandlet til det andre hvis reaksjonen blir avbrutt på det riktige trinn. Det er på samme måten med resorcinol. Det er mulig å lage et lim som ikke hardner og så ved å tilføre formaldehyd gjøre det om til et fullstendig usmeltelig stoff som er motstandsdyktig overfor varmt vann. Dette er den metode som brukes for å lage kaldherdende resorcinlim, og "herderen" som blir brukt, er paraformaldehyd, og som sådan er den på ingen måte noen katalysator, men en reaksjonskomponent. (RAYNER 1951).

Det foregår derfor ikke noen nevneverdig polymerisasjon i limet før paraformaldehydet er tilsatt, og lagringstiden er derfor omtrent ubegrenset. Brukstiden for resorcinlim er 2 - 5 timer ved 20°C når paraformaldehydet er tilsatt, men den blir betydelig redusert ved stigning i temperaturen. Ved 25°C er den således 1 time. Ved liming med resorcinlim er det viktig at treet ikke er for tørt. Fuktighetsinnholdet bør helst være fra 8 - 15 %. Åpen og lukket tid varierer med typen av lim, men vanligvis er den ca. 30 minutter. Den lukkede tid er fra 1 til 2 timer ved 20 - 25°C. Det anbefales å stryke begge sider av arbeidsstykkene ved limingen.

Temperatur, trykk og pressetid.

En av resorcinlimenes store fordeler er at de lar seg herde ved ca. 25°C og likevel gir en limfuge med meget god våt- og tørrstyrke, og forøvrig med de samme egenskaper som en fenollimfuge. Resorcinlimene er derfor meget godt egnet til laminering av større konstruksjoner, der varmpressing ikke kommer på tale.

Resorcinlimenes herdetid reduseres ved høyere temperaturer og egner seg like godt til varmpressing og høyfrekvenspressing som til kaldpressing. Trykket er omtrent det samme som for de andre kunstharpikslim, men da limet har gode fyllende egenskaper, kan det gi bra resultater med lite trykk. Presstiden oppgis vanligvis til ca. 5 - 8 timer ved 20°C. Ved laminering av større enheter er det vanlig å la arbeidsstykket ligge i press minst natten over. Full styrke i limfugen oppnåes ikke før etter 1 - 5 dager, og

bearbeiding av det limte produkt bør ikke påbegynnes før etter denne tid. Denne etterherdingen påskyndes vesentlig dersom de limte delene kan oppbevares varmt.

Egenskaper og anvendelse.

Limfugen av resorcinlim er motstandsdyktig mot kaldt og varmt vann, høye temperaturer, høy fuktighet, kjemikalier og mikroorganismer. En kryssfinérplate limt med resorcinlim vil ikke delaminere under påvirkning av ild. Disse lim er imidlertid meget dyre og de krever lange presstider. De har derfor særlig fått anvendelse ved laminering av større enheter der fullstendig vær- og vannfasthet kreves. Det ferdigherdede resorcinlim er så godt som nøytralt, og det er derfor her ingen fare for at limfugen skal ødelegge treet, slik som ved de kaldherdende fenollim. *(Synes overflødig)*

TERMOPLASTISKE KUNSTHARPIKSLIM.

Limmolekylene i de termoplastiske lim består av lange kjeder som har en viss frihet til å bevege seg i forhold til hverandre. Disse lim mykner mer og mer ved oppvarming, for til slutt å smelte ved bestemte temperaturer.

"Herdingen" består i at oppløsningsmiddelet fjernes fra limfugen, og herdetidene er ofte nokså korte, ned til 5 á 10 minutter ved 20°C.

Tilførsel av varme under avbindingen vil påskynde denne noe, idet oppløsningsmidlene da vil forsvinne forttere. Man må imidlertid ikke bruke så sterk varme at limet blir mykt eller smelter.

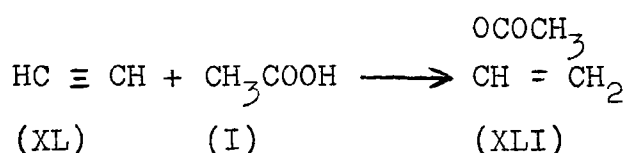
De termoplastiske lim som hittil har hatt industriell betydning, er vinylderivater som polyvinylacetat, polyvinylbutyral og i den senere tid også polyvinylpropionat. Det er hovedsaklig polyvinylacetatlimene og enkelte kontaktlim som har vært brukt til liming av tre. (RAKNES).

POLYVINYLACETAT.

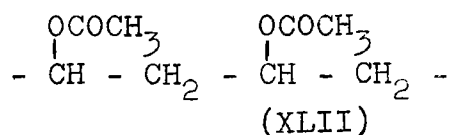
Polyvinylacetat er et rent termoplastisk lim. Som vi vet fra tidligere, finnes det et kjemisk arrangement $\text{CH}_2 = \text{CH}-$ som blir kalt en vinylgruppe. Forbindelser som inneholder denne gruppen, blir

brukt til å lage en mengde forskjellige termoplastiske harpikser, hvor en del så blir brukt til framstilling av lim. Kjemien som omhandler de termoplastiske lim, er lettere å forstå enn for de herdede lim.

I monomer form er vinyl-acetat (XLI) en væske med et kokepunkt på 73°C. Det kan lages ved å la acetylen (XL) reagere med eddiksyre (I) i forbindelse med en katalysator.



Polymerisasjonen av vinylacetat kan bli katalysert ved lys, men industrielt blir varme og peroksyd brukt. Etersom polymerisasjonen fortsetter, forbinder de individuelle molekylene seg med hverandre, og viskositeten øker samtidig progressivt til en fast masse. Mykningstemperaturen er avhengig av kjedens lengde. Den gjennomsnittelige molekylvekt for polymerene (XLII) kan overstige 20.000, og antall periodiske monomerenheter kan i det tilfellet være 230.



I spesielle tekstiler og limoperasjoner kan det være en fordel at harpikset er helt oppløst. Dette oppnår en vanligvis ved emulsjonpolymerisasjon.

Emulsjon-polymerisasjonsproduktet behøver ikke å være en fullstendig emulsjon, det vil si et væske/væske system. Det kan være, og er ofte, en spredning av små, faste partikler.

Polyvinylacetat er grunnstoffet i mange "limsementer". At det er tilgjengelig som tørrfilm, muliggjør væskeløs liming. Dets oppløsninger har god sammenbindingsevne, og limene er tilgjengelige i mange forskjellige oppløsningsmidler. Polyvinylacetat har god klebeevne til mange porøse og ikke-porøse materialer. (RAYNER 1951).

P.V.A.-limene (emulsjonslimene).

Disse lim er en emulsjon av fint fordelt polyvinylacetat i vann, og stort sett melkeaktige av farge. De avbindes ved romtemperatur, og denne avbinding består i at oppløsningsmidlene fjernes fra limfugen.

Når disse lim oppbevares i en beholder slik at de ikke får anledning til å tørke inn, er brukstiden omtrent ubegrenset, og limene kan brukes så lenge emulsjonen er intakt, dvs. inntil vann og lim skiller seg. Limene bør ikke oppbevares under 0°C , da dette vil bryte ned emulsjonen, slik at lim og vann skiller seg.

Limfugen av disse lim er meget lys i fargen, ofte helt gjennom-siktig og således omtrent usynlig. Dette er en fordel hvor limfugen i det ferdige produkt vil bli synlig.

En annen fordel er at limet ikke ødelegger maskiner under bearbeiding av de ferdiglimte produkt, og PVA-limene er også meget behagelige å arbeide med, da de ikke irriterer huden, slik som så å si alle andre kaldherdende lim gjør.

Den uttørking som finner sted ved "herdingen", er delvis reversibel. Limet vil derfor oppta fuktighet igjen dersom det får anledning til det, og således miste sin styrke. Vannresistensen er liten for PVA-limene, og utsettes limfugen for høy relativ fuktighet, mister fugen sin opprinnelige styrke. Videre innvirker temperaturen sterkt på limfugens holdbarhet, men når det gjelder temperaturbestandighet, er det meget stor forskjell på de enkelte merker. Det markedsføres lim som har mistet så å si all sin styrke ved $50 - 70^{\circ}\text{C}$, men det finnes også PVA-lim som ved så høy temperatur som 170°C fremdeles er sterkere enn treet.

Den største ulempe ved disse lim er at de ved konstant belastning har en tendens til såkalt "koldflyt". Limets struktur er slik at limmolekylene har en viss frihet til å bevege seg i forhold til hverandre, og utsettes fugen for en konstant belastning, gir limet langsomt etter, slik at arbeidsstykkene forskyves. Disse lim egner seg derfor ikke der det blir en konstant belastning av limfugen. Under prøver som er blitt foretatt, har limet

mistet 75 % av sin opprinnelige styrke etter 10 dagers statisk belastning ved 26,5°C og 65 % relativ fuktighet.

Limene er imidlertid meget gode nar man bare bruker dem der de passer. De egner seg først og fremst til monteringsliming, og er ellers brukbare til alle slags liminger der limfugen ikke utsettes for konstant belastning, og der motstand imot vann ikke forlanges. Emulsjonslimene er et "ferdig til bruk"-lim og krever således ingen oppblanding.

KONTAKTLIM.

Disse lim består av gummi eller kunstgummi som er oppløst i organiske løsningsmidler. De brukes på den måten at limet påsmøres begge flatene som skal sammenlimes. Man benytter en forholdsvis lang åpen tid, 15 - 20 minutter, slik at mesteparten av oppløsningsmidlene fordamper. Deretter legges flatene sammen, og man tilfører et kort kraftig trykk. Limet binder da med en gang. Limfugen inneholder fremdeles en del oppløsningsmidler, og full styrke oppnås vanligvis ikke før etter 2 - 3 uker etter limingen. Når det gjelder vannbestandighet og tendens til koldflyt, har disse lim liknende egenskaper som PVA-limene, men vannbestandigheten er bedre hos kontaktlimene. En stor fordel er at man ikke behøver presse; trykket kan for eksempel utføres ved hjelp av en gummirulle.

En spesiell type av kontaktlim er de såkalte neoprenlim. Enkelte av disse er herdbare, og vannbestandigheten økes da betraktelig. Det hevdes at herdete neoprenlim skal tåle en temperatur på 130°C, og for kortere tid også opp til 150°C.

Disse lim er meget dyre, og de har derfor særlig fått anvendelse til spesielle formål, som liming av forskjellige plastbelegg på tre, kantfinéring og lignende.

HVILKET LIM SKAL MAN VELGE?

Når man skal velge lim til et bestemt arbeid, må man først og fremst sørge for at det lim man bestemmer seg for, virkelig taler den påkjenningen som limfugen kan bli utsatt for. Alt etter evnen til å tåle slike påkjenninger kan man sette opp 4 grupper av lim. Disse er gjengitt nedenfor.

Gruppe 1. Fullstendig vær-, vann- og kokefaste lim:

Varmherdende fenollim,
resorcinollim,
fenol-resorcinlim og
kaldherdende fenollim.

Gruppe 2: Lim som tåler moderate værpåkjenninger:

Melaminlim,
urea-melaminlim (må inneholde minst 50 % melamin).

Gruppe 3: Lim som brukes innendørs der det er mulighet for perioder med høy fuktighet, og der limene i kortere perioder kan bli utsatt for væte:

Karbamidlim (inkludert varmeherdende lim som er
drøyd opp til 100 %),
"vannfaste" kaseinlim, og
soyamellim.

Gruppe 4: Lim til bruk innendørs under normale forhold:

PVA-lim,
ikke-vannfaste kaseinlim,
hudlim,
fiskelim,
stivelseslim og
kontaktlim.

NAVN PÅ DE FORSKJELLIGE LIM.

Nå er det svært mange handelsmerker av de forskjellige lim, og når en står med en limboks i hånden, kan det ofte være vanskelig å avgjøre hvilken limtype man har for seg. Dette er nemlig ikke alltid opplyst på boksen. Men når det gjelder limnavn, finnes det et visst system, og dette kan i mange tilfeller være en pekepinn.

ANIMALSK LIM (GLUTINLIM): kalles også hudlim, beinlim, lærlim, perlelim, varmlim og snekkerlim. På svensk heter det ljumlim eller draglim.

KASEINLIM: kalles også koldlim, finérlim og sperrlim.

KARBAMIDLIM: navnet ender nesten alltid på rit.

FENOL- OG RESORCINLIM: Ender navnet på fen, har man et fenollim. Ender det på cin eller cinol, har man et resorcinlim, og har man navn som ender på ol, er limet enten en fenol eller et resorcinlim.

PVA-lim: Disse lim kalles ofte monteringslim, eller de har navn som ender på koll eller coll. (RAKNES).

PRØVING AV LIM OG LIMFUGER.

Kontroll og prøving av lim inkluderer en rekke standardiserte prøver som brukes i England, U.S.A., Canada og andre land, og i den senere tid til dels også her hjemme. Her i Norge finnes det imidlertid få standardprøver eller spesifikasjoner, og det er derfor naturlig at når slike med tiden blir aktuelle her, bør de være overensstemmende med de utenlandske slik at man får direkte sammenlignbare resultater.

De prøver som brukes til å kontrollere selve limet, er for det meste viskositet- og pH-målinger, samt ved animalske lim også gelatineringsstyrken. Viskositeten gir et mål for hvor langt polymerisasjonen i limet er kommet, og viskositetsprøver anvendes for å undersøke et lims lagringstid og likeledes dets brukstid. Måling av et lims surhetsgrad, eller pH, brukes spesielt ved karbamidlim. Det finnes en standardisert amerikansk metode der man måler den pH limfugen vil få etter herdingen. Slike målinger har en viss betydning. Dersom limfugen er sterkt sur eller sterkt alkalisk, er det nemlig fare for at den med tiden vil svekkes, eventuelt kan veden svekkes omkring, spesielt hvis limforbindelsen samtidig blir utsatt for høy temperatur og høy fuktighet.

Prøving av limfuger.

Det er to vanlige måter å prøve en limfuges styrke på, nemlig:

- a) blokkprøven,
- b) kryssfinérprøven.

Begge disse prøver er en skjærfasthetsprøve, men de er allikevel ganske forskjellige, og resultatene fra de to prøvene er vanskelige å sammenligne. Ved blokkprøven blir nemlig prøven skåret, mens kryssfinérprøver blir strukket.

a) Blokkprøven, tørr.

Denne metode er standardisert i en del land og anvendes for alle treslag. Ved prøving av forskjellige lim og til sammenligning bør man oppgi treslag.

Ved prøven bør følgende punkter følges nøye:

1. Som prøvemateriale bør man bruke tre med rett fiberretning, fri for defekter, og med høy tørrvolumvekt. Materialet bør tørkes ned til en fuktighetsgrad på 7 %.

2. Materialet kuttet i stykker på $3/4'' \times 2 \ 1/4'' \times 12''$, (eller i bredder og lengder som den spesielle spesifikasjon måtte tilsi). Stykkenes flater pusses, og det kontrolleres at de har en jevn tykkelse.
3. Limet strykes jevnt på ett av stykkene, og de blir satt under press innenfor den tidsbegrensning som spesifikasjonene gir. Limmengden kan bli kontrollert ved å veie stykkene umiddelbart før og etter påstrykning.
4. Trykket bør ligge rundt $10 - 15 \text{ kg/cm}^2$, og herdetemperaturen bør ligge på det som er oppgitt for det spesielle limet. Lamineringen bør kondisjoneres før prøving, ca. 1 uke.
5. Prøvestykkene blir nå tilformet de mål som er gitt i fig. 3, og testet i en standard prøvemaskin fig. 4. Trykket må tilføres jevnt og med en hastighet av $0,038 \text{ cm pr. minutt}$, pluss eller minus 25 %.
6. For hver prøve blir det angitt maksimum bruddstyrke, samt den såkalte trebruddsprosenten, d.v.s. den prosent av bruddflaten som er dekket med trefibre. Bruddet kan skje enten i veden, i limfugen, eller dels i veden og dels i limfugen.

Dersom limet er fullt ut tilfredsstillende, bør det være bortimot 100 % trebrudd, d.v.s. at den bruddstyrke man får er avhengig av treet's styrke.

Disse prøvebiter kan også brukes dersom man vil undersøke et lims bestandighet mot forskjellige påkjenninger som kaldt og varmt vann, koking, høy eller lav temperatur eller lignende, og det finnes standardiserte metoder til alle disse undersøkelser. (BUREAU OF SHIPS 1948).

b) Kryssfinérprøven.

Denne prøve kan bli brukt til en hvilken som helst finérkonstruksjon, men standardprøven forlanger 3-lag rettfibret finér, med mellomlaget krysslågt. Selve prøvebitene blir kuttet ut av større finérplater, fig. 5, og gjerne tatt fra flere steder på platen for å få full representasjon.

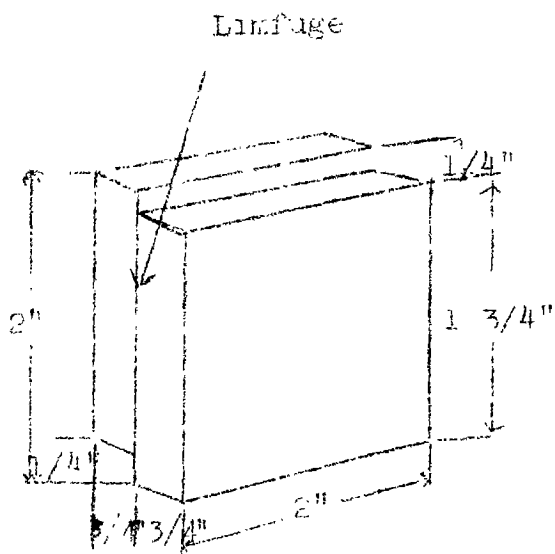


fig. 3.

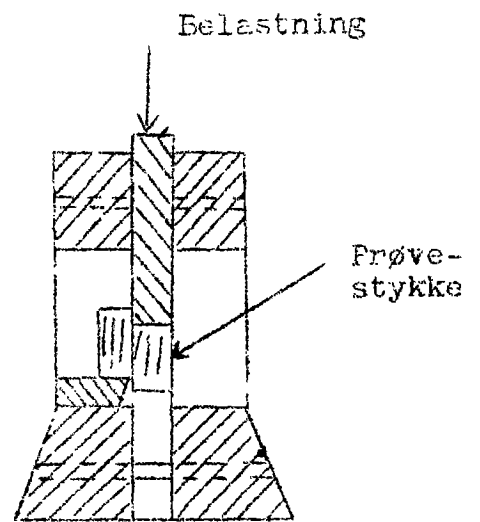


fig. 4.

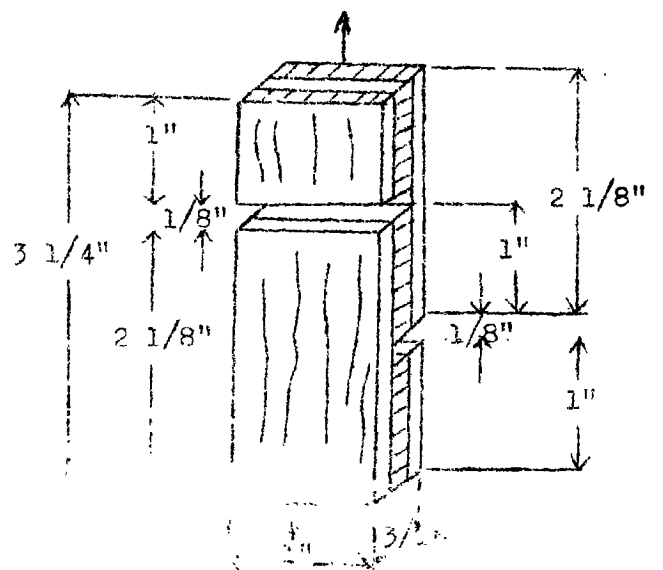
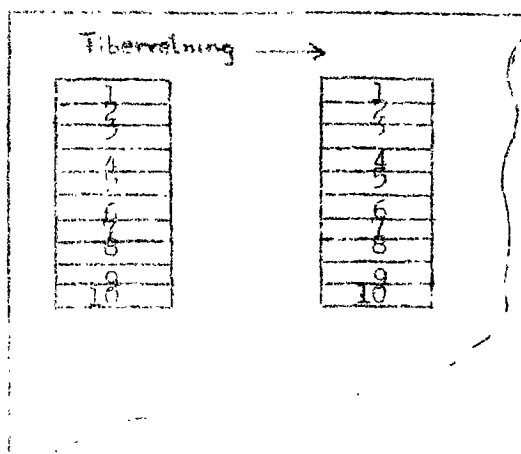


fig.

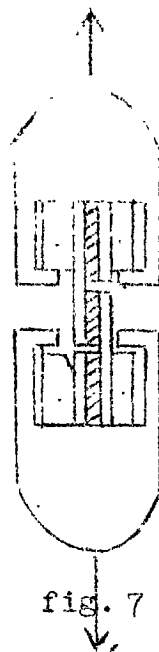


fig. 7

De endelige prøvebitene, 3 1/4" lange og 1" brede blir kryss-skåret som vist i fig. 6, idet det blir tilbake et senterstykke, 1 kvadrat tomme, som er fritt til å motstå trekket fra testemaskinen.

Det bør legges merke til at trekket blir på tvers av fibre i mellomlaget. Disse prøvene blir så montert i spesiell innredning som vist i fig. 7, og gitt en trekkprøve i en standard prøvemaskin. Prøvene blir testet inntil brudd finner sted og maksimum trekk-kraft notert.

Tre-bruddprosenten blir her gitt på samme måten som for blokkprøven.

For å gi en idé om hvordan denne avlesning virker, gjengis en tabell over vedbrudd i prosent.

Vedbrudd	Karakteristikk
0 - 25 %	Nesten ingen fibre igjen. Dårlig limfuge.
25 - 50 %	En del fibre igjen. Middels god limfuge.
50 - 75 %	Rikelig med fibre. God limfuge.
75 - 100 %	Ingen limfuge synlig, fullt med fibre. Meget god limfuge.

Denne bedømmelse av limfugens kvalitet gjelder såvel for kryssfinérprøven som for blokkprøven, eller for en hvilken som helst annen bedømmelse av en limfuge.

Beregning av fuktighetsinnhold i tre.

Dette henger nøye sammen med prøving av lim, da treets fuktighetsinnhold svært ofte har meget å si for resultatet av en liming. Et hvert lim og en hver blanding krever et spesielt fuktighetsinnhold for å gi best mulig resultat. Best var det om alle materialer før limingen kunne oppbevares i kondisjonerte rom.

For ordens skyld gjengis den vanlige måten å beregne fuktighetsinnhold i prosent på.

Fuktighetsinnhold i

prosent av tørrvekt =
$$\frac{(\text{Opprinnelig vekt} \div \text{ovenstørr vekt}) \times 100}{\text{Ovnstørr vekt}}$$

LAMINERTE TREKONSTRUKSJONER.

Siden uttrykkene laminerte trekonstruksjoner og finér enkelte ganger blir forvekslet, kan det være nødvendig å påpeke forskjellen. I en laminert trekonstruksjon går fiberretningen i alle lamellene mest mulig parallelle. I finér blir lagene krysslågt, d.v.s. med fiberretningen i det ene laget i rett vinkel til det annet.

En laminert trekonstruksjon blir vanligvis laget av materialer med vanlig skurtykkelse (1" eller 2" tykkelse), men kan for spesielle formål bli laget av finértykkelser. Ved bøyde monteringer må tykkelsen være slik at den tillater bøyning til den nødvendige radius.

Fordeler og begrensning ved laminerte buer og bjelker.

Blandt de fordeler og muligheter som laminerte konstruksjoner byr på, kan nevnes:

1. Den utvidede størrelsesmulighet.

Det er mulig å fremstille store, slanke buer som kan spenne over meget store flater, slik at man på den måten kan unngå søyler og innvinne gulvplass. (35-40 m). Dette er spesielt viktig når en ser på den begrensede mulighet en har for å skaffe tømmer av slike dimensjoner som er nødvendig til større brobygginger, kirkebygg, skoler, forsamlingslokaler, treskipsbygging o.s.v.

2. Motstandsdyktighet mot brann.

En limt bue er mere motstandsdyktig mot brann enn en tilsvarende av tre i fagverk.

3. Bedre utnyttelse av våre tømmerressurser.

Standard materialstørrelser som ellers ville ha liten eller ingen anvendelsesmulighet i konstruksjoner kan bli brukt til

å lage større enheter til bestemte formål. Videre kan materialer av lavere kvalitet brukes i midten av bjelker og buer uten at styrken svekkes.

4. Limte buer er relativt enkle å fremstille og apperaturen koster lite.
5. Unngåelse av alvorlig sprekkdannelse.
Siden lamellene vanligvis er så tynne at de kan tørke hurtig uten noen nevneverdig kvalitetsnedsettelse, og siden limingen krever et relativt lavt fuktighetsinnhold, kan en lett unngå sprekkdannelse og andre feil som en lett får i større enheter av helt virke. En limt konstruksjon sveller og krymper mindre enn hel ved, idet fuktighetsvariasjonen bl.a. reduseres p.g.a. limet.
6. Transportlettelser.
Laminerte seksjoner kan settes sammen til større enheter enn det ellers vanligvis er mulig, således lettes transporten.
7. Muligheten for på forhånd å bestemme styrkeegenskapene, ved valg av treslag og materialkvaliteter, når en tar hensyn til styrken i tørt trevirke.
I tørre lameller kan en, for bruk under tørre forhold, bruke trykkbestemmelser basert på treets tørre vekt. Den økte styrke en får i en laminert trekonstruksjon sammenlignet med store hele enheter, avhenger av hvilken styrkeegenskap det er spørsmål om. I enkelte tilfelle er styrken på laminerte konstruksjoner langt større, nær opp til 40 %.
8. Muligheten for å beregne konstant-trykk monteringer.
I konstrueringen av laminert trevirke er det mulig å variere tverrflaten av monteringen slik at den passer mer eller mindre eksakt til de varierende trykk på de forskjellige punkter. Buer kan gjøres tynnere i dybden, slik at utseende blir mer tiltalende, materialer kan innspares hvor disse ikke har noen betydning for styrken.
9. Kjemisk resistens.
Tre har stor kjemisk resistens og laminerte buer kan anvendes med fordel hvor metaller er utsatt for korosjon.

10. Mulighet for impregnering.

Det kan fremstilles laminerte buer som er impregnert med kjemikalier som f.eks. diammoniumfosfat, slik at treet får god resistens mot varme, såkalte flammesikre materialer. Videre kan de også impregneres mot angrep av råte, sopp og insekter.

11. Arkitektonisk effekt.

Hvelv og buede bjelker med stort tverrsnitt som det ikke er mulig å få til med helt tømmer, egner seg for arkitektoniske utforminger.

Av de mangler som gjør at laminerte konstruksjoner kan sies å ha en viss begrensning skal nevnes:

Større laminerte konstruksjoner lar seg vanskelig fremstille i serieproduksjon, og dette sammen med de høye arbeidslønninger i dag gjør at laminerte bjelker etc. ofte kan bli dyrere enn andre bygningsmaterialer.

På den annen side vil mange ganger denne økning i pris kompenseres av mindre etterbearbeiding og bedre utseende, samt de allerede nevnte fordeler.

Tidligere ble det hevdet at man på grunn av limets kvalitet ikke kunne bruke laminerte konstruksjoner over alt, men med de nye kunstharpikslim er denne vanskelighet overvunnet.

Anvendelsesområder.

Størst utbredelse i bruk har laminerte konstruksjoner kanskje hatt i U.S.A., men også her hjemme har de fått stadig større utbredelse. Som eksempel på dens anvendelse kan nevnes: Takbjelker, spanter og stevner i mindre båter, broer o.s.v.

Laminerte buer, som vel er den viktigste artikkel, har vært brukt til: Flyhangarer, forelesningssaler, kirker, låver, gymnastikksaler, drivhus, tenishaller, teatre, lagerbygninger, skoler, garasjer og plattformoverbygninger.

Laminerte trekonstruksjoners styrke.

At det kan lages laminerte trekonstruksjoner med tilfredsstillende styrke er ikke bare påvist ved laboratorieprøver, men

også gjennom de gode resultater som laminerte trekonstruksjoner har gitt i U.S.A. i de siste 15 år, og før det gjennom et kvart århundre i Europa.

Et omfattende materiale er tilgjengelig når det gjelder laminerte trekonstruksjoners styrke og de faktorer som det må tas hensyn til. Laminerte konstruksjoner har fordeler fremfor helt virke. Kvist og liknende svakheter kan kontrolleres i limte enheter, mens dette ikke er mulig i helt virke.

En styrkereduserende feil, slik som en kvist, har mindre effekt på styrken hvis den er plassert i et område med lavt trykk, slik som nær det nøytrale plan i en bjelke; enn om den er plassert i et område med høyt trykk.

Prøver har påvist at vesentlige mengder av relativt fårlige materialer kan plasseres i den sentrale del av en bjelke eller bue uten at det får noen alvorlig innvirkning på styrken.

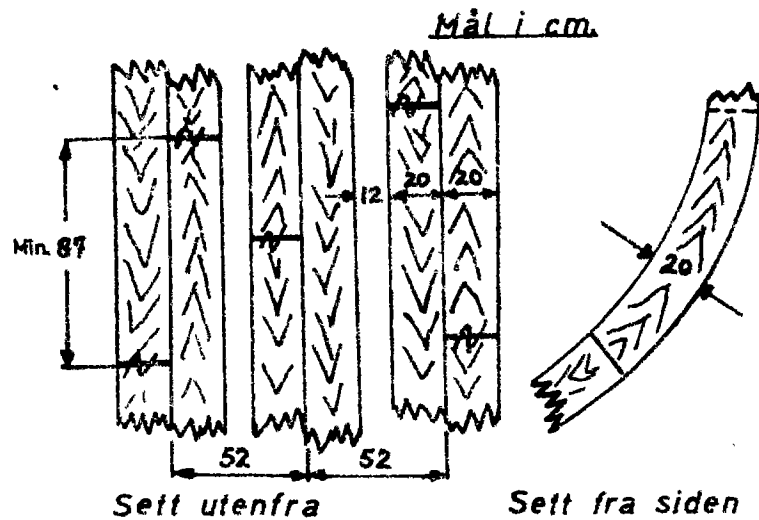
Selv om noen av lamellene i en bjelke av høy kvalitet blir erstattet av lameller av en lavere kvalitet, er det mulig å bibeholde en betydelig del av styrken i bjelken. På den annen side kan styrken i en bjelke av lavere kvalitet forbedres ved å nytte noen få lameller av høy kvalitet på toppen og undersiden av bjelken.

Det er usannsynlig at større kvister vil konsentrere seg om kritiske punkter i en laminert enhet, spredningen av feilene har en fordelaktig innvirkning på styrken. Ved vanlige beregninger blir det angitt en mer eller mindre vilkårlig vurdering av kvistenes betydning. Det er imidlertid mulig med tilstrekkelig kjennskap til kvistfordelingen å foreta matematiske vurderinger av denne effekt for enheter som har forskjellige antall lameller.

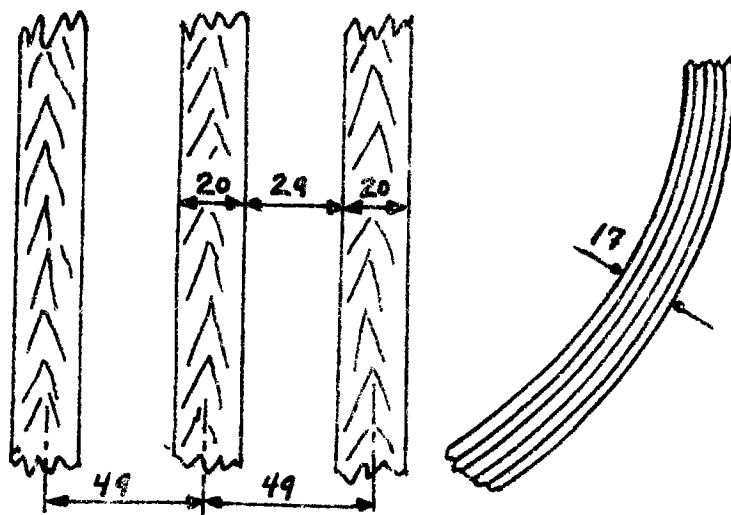
Laminert tre er tillagt større arbeidstrykk enn for samme kvalitet og treslag for helskårne materialer. Følgende styrkeøkning av laminert tre i forhold til helt virke blir brukt:

<u>Tryktype (laminert tre)</u>	<u>% økning:</u>
1. Statisk bøyning	20
2. Kompresjon perpendikulært på fibre	12
3. Kompresjon med fibre	40
4. Elastisitetsmodulen	12

Disse styrkemessige fordeler har Det norske Veritas tatt hensyn til i sine nye regler for treskipsbygging. Et eksempel viser dette. Et vilkårlig valgt farsøy med følgende regeldimensjoner: Lengde 31,63 m, bredde 6,75 m, dybde 3,12 m og radius 1,3 m vil få et tverrskipsm. på 12,3 m. Etter Det norske Veritas' regler vil spantdimensjonene bli (hel ved):



Det samme fartøy vil etter reglene få følgende dimensjoner når det bygges med laminerte spant :



Det samme forhold gjør seg gjeldende for fartøyets langskipsstyrkedeler. Også her godtas en vesentlig reduksjon av dimensjonene ved limt utførelse. Ved denne byggemetode er man heller ikke lenger avhengig av spesialtømmer, men kan benytte vanlig 1. klasses handelskvalitet.

Det spørsmål kan komme opp : Hvor sterk er limfugens motstand mot tretthet ? En serie av tretthetsprøver som inkluderer prøver både i skjærfasthet parallelt med limfugen og i trykk perpendikulært på limfugen, viser ingen antydning til at limfugen vil forringes forttere på grunn av tretthet enn helt tre.

Krav til trevirke som skal limes.

Ved valget av materialer for laminering er det nødvendig å kjenne de krav som stilles til de forskjellige lameller, og under hvilke forhold laminatet skal brukes. Til sterkt buede konstruksjoner må det brukes tynne lameller og av en høyere kvalitet enn det som behøves i rette eller svakt buede enheter. Hvor det kreves maksimum styrke, må en unngå å bruke materia-

ler som har feil eller skader som f.eks. oppstått under tørkingen.

Kravene som stilles til en limt trekonstruksjon, varierer meget etter bruk og bruksforhold. De spesifikasjoner som dekker de enkelte produkter, må inneholde produktkvaliteter og tillatte feil. I alminnelighet kan en si at limingen bør utføres av trenede folk som vet å velge de rette materialkvaliteter.

Vanninnhold.

Virket tørker ikke like hurtig i alle retninger. Det tørker fortest etter fiberretningen, d.v.s. fra en tverrsnittsflate. I radiær retning går også tørkingen bra, d.v.s. fra en tangential flate. I tangential retning foregår tørkingen senest. Tørkingshastighetene i disse tre retninger forholder seg til hverandre som 20:2:1.

L:R:T

Tørkemåte og tørketid i friluft avhenger ellers av værlaget. Ved kunstige tørkeanlegg kan en få tørr last på noen dager.

De vanlige benevnelser for tørkegraden er:

1. Rått eller vasstrukket virke	over 30 %	<i>over fiberretning- punktet.</i>
2. Skogtørt virke	20 - 30 %	
3. Skipningstørt virke	18 - 30 %	
4. Høvlingstørt virke lagret i hus	13 - 15 %	
5. Snekkertørt virke, kunstig tørket eller lagret i oppvarmet hus	9 - 11 %	
6. Møbeltørt virke	5 - 7 %	

Treets vanninnhold ved liming kan variere fra 6 til 17 prosent. Materialenes ideelle vanninnhold ved liming ville være det som gir en sterk limfuge og samtidig tilnærmet det gjennomsnittlige vanninnhold trekonstruksjonen har under bruk, men dette kan ikke alltid bli etterkommet.

Et vanninnhold fra 10 til 12 prosent i materialene må antas å være det mest praktiske for de fleste fabrikanter. Det er viktig at vanninnholdet i de forskjellige lameller i en montering, og gjennom tverrsnittet av hver laminering, er jevn. Hvis til-
NB/ grensende lameller varierer sterkt i vanninnhold når de blir

limt sammen, vil senere utjevning av vanninnholdet føre til at de krymper og utvider seg forskjellig. Dermed vil det dannes et trykk som svekker konstruksjonen. Det er tilrådelig å holde vanninnholdet innenfor en grense av 3 prosent, og maksimum forskjell mellom ytterside og kjerne i hver enkelt lamell innen 2 prosent. En elektrisk vanninnholdmåler er nødvendig for denne kontroll.

Valg av materialer etter krymping og svelling.

NB | Da kantskårende og flaskskårende bord krymper eller sveller forskjellig under ellers like forandringer i vanninnholdet, bør en ikke bruke ulike bordtyper i samme montering.

Et 10" flaskskåret eikebord som har et vanninnhold på 8 prosent, vil f.eks. svulle ca. 1 cm når vanninnholdet øker til 18 prosent, mens et liknende kantskåret bord bare vil svulle ca. 6 mm. Denne forskjellen som kan resultere i et sterkt trykk i limfugen i laminerte konstruksjoner som blir brukt utvendig, kan reduseres ved å nytte kantskårene og flaskskårne materialer hver for seg. Materialer hvor den fremherskende del av årringene har en vinkel på 45° eller mer til overflaten kan bli klassifisert som kantskåret, og de med årringer på en vinkel under 45° som flaskskåret.

Nyttes lauvtrevirke er det fordelaktig å holde disse grupper adskilt i alle operasjoner og ikke å blande to sortimenter i en eneste enkel limmontering. I bartrær er det trykk som oppstår på grunn av krymping og svelling mindre enn i de hardere lauvtreslag. Adskillelse er for bartrærs vedkommende i enkelte tilfeller ikke så påkrevet.

NB | Som en alminnelig regel kan sies at tett og tungt virke krymper mer enn lett og porøst virke. Det kommer av at tungt virke inneholder mer tørrstoff.

Det er meget viktig å ta hensyn til treets "arbeid" når det skal brukes til lameller. En bør da gå ut fra følgende regler:

1. Bruk trevirke som arbeider lite.
2. Lim sammen lameller av samme beskaffenhet. Årringbredde,

årringretning og fiberretning bør være mest mulig lik.

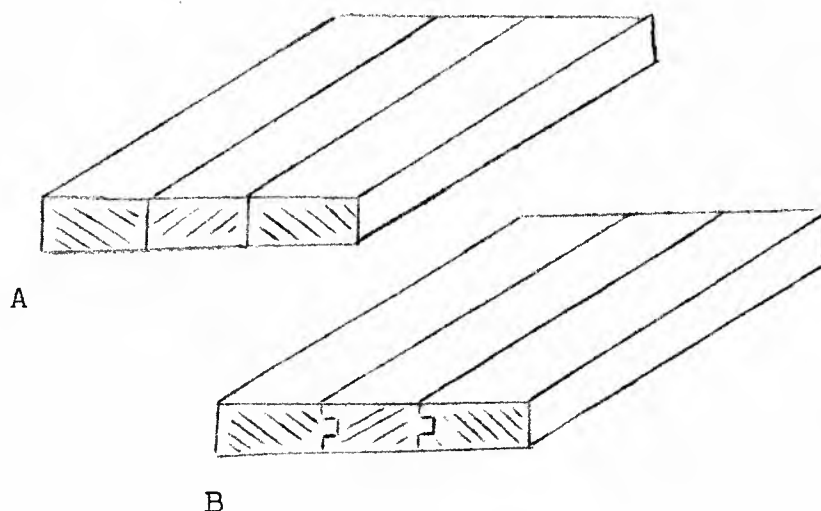
Dette oppnås best ved å bruke trevirke fra samme stamme-
halvdel.

3. Bruk ikke materialer hvor årringene er svært krumme eller liggende. Se etter at tangentene til årringene på begge sider av sammenføyningen løper i samme retning, d.v.s. er paralleller og danner samme vinkel til overflaten.

Sideskjøting.

En sideskjøter for å få bord med tilstrekkelig bredde. Det anbefales å bruke høvlede skjøter fremfor skårne, for å oppnå best limresultat, selv om høvlingen gir mere avfall.

Limet blir påsmurt med kost eller helst med en mekanisk limlike spreder med enkel rull. Ved riktig utførelse blir sideskjøting / sterkt som solve treet. Sideskjøting i samme plan i tilgrensende lameller vil imidlertid øke muligheten for vertikal kløvning hvis det skulle finnes en eller annen utilfredsstillende limskjöt. Når lamellene blir lagt opp, er det derfor best å avsette limfugene med minst tykkelsen av en lamell. Sideskjötte og hele bord bør legges skiftevis i samme laminant.



Figur 8. - Sideskjøting: A. Vanlig sideskjøting,
B. not- og fjærskjøting.

Endeskjøting.

Endeskjøting blir brukt for å utnytte materialene, og for å få laminert i tilstrekkelige lengder. Det er mange forskjellige skjøter, som f.eks. skråskjöt, hakkskjöt, fingerskjøter av forskjellige typer og mange andre. Se fig. 9.

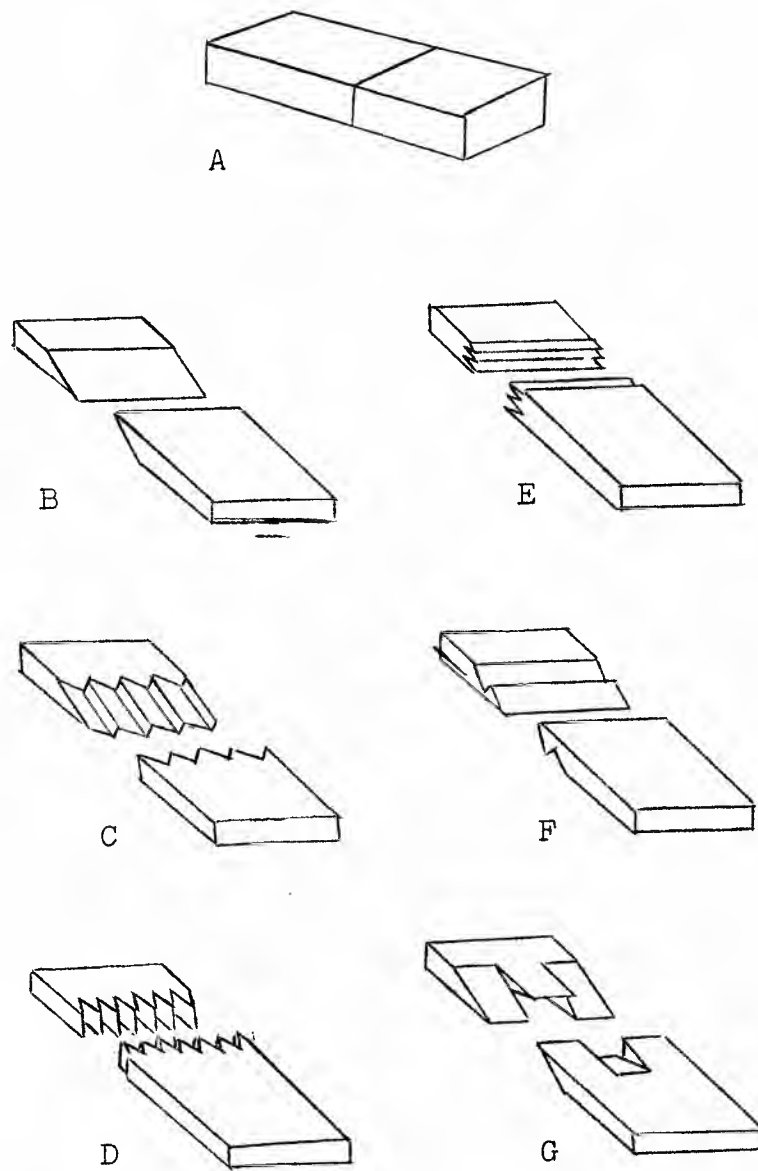
Limt skråskjöt med tilstrekkelig lang stigning er antagelig den eneste endeskjöt som kan gi en styrke som tilsvareer treets strekkstyrke.

Skråskjøter med kortere stigning og skjötetyper med mindre styrke er imidlertid nyttige. De gjør det mulig å håndtere et laminat som et stykke i full lengde. Men det må da påsees at de blir plassert med tilstrekkelig avstand for å gi laminatet tilstrekkelig styrke.

Endeskjøter som skal gi høy strekkstyrke må kuttes slik at overflaten blir jevn og at de passer godt sammen. De bør tilpasses og limes før høvling. Dette vil sikre en jevn tykkelse for den fulle lengde av hver lamell, som inneholder en endeskjöt. Det vil også gi en raskere sammensetning av lamellene i den endelige limoperasjon.

Det norske Veritas setter følgende krav til endeskjøting for bruk i trefartøyer:

"Er det nødvendig å bygge lamellerte styrkedeler sammen av flere lengder, skal laskene i hver lamell utformes således at det limte areal blir minst 12 ganger lamellens tverrsnittsareal. For styrkedel, eller del av styrkedel med en krummingsradius under 5 m skal forløpning av laskene innbyrdes være henholdsvis minst 0,8 m, minst 0,6 m og minst 0,4 m for spant, og minst 1,2 m, minst 1,0 m og minst 0,8 m for langskipsdeler, for lasker i lameller som ligger henholdsvis inntil hverandre, med en lamell imellom og med 2 lameller imellom. Innenfor en hvilken som helst lengde på 0,3 m skal det totale antall lasker i styrkedeler ikke overskride fjerdeparten av det totale antall lameller".



Figur 9. - Endeskjøting: A. Tverrskjøting, B. skråskjøting, C. skrå-fingerskjøting, D. fingerskjøting, E. fingerskjøting, F. hakkskjøting, G. dobbelskråskjøting.

Lamellenes tykkelse.

I rette monteringer blir lamellenes tykkelse nærmest bestemt av tilgjengelig materiale, i buede konstruksjoner er bøyingsradien den bestemmende faktor. Minimum bøyingsradius, uten brudd, er i rettfibret, feilfritt virke omtrent 40 til 60 ganger tykkelsen, varierende med treslag og kvaliteten i de enkelte bord. I alminnelighet bøyer lauvtre seg til en noe mindre radius enn bartre av samme tykkelse.

Det norske Veritas stiller følgende krav til lamelltykkelsen:

"Arbeidsutførelse. Lamelltykkelsen skal for rette styrkedeler ikke være over 20 mm når eik, og ikke over 50 mm når furu benyttes. For krumme styrkedeler benyttes følgende minste krumningsradius ved den spesifiserte lamelltykkelse:

Eik		Furu	
Maksimal lamell-tykkelse	Minste krumningsradius	Maksimal lamell-tykkelse	Minste krumningsradius
6 mm	45 cm	6 mm	75 cm
10 "	75 "	10 "	135 "
15 "	140 "	15 "	240 "
20 "	200 "	20 "	325 "
		25 "	450 "

For mellomliggende verdier interpoleres".

Laminering av trykkimpregnert materiale.

Produksjonen av laminerte trekonstruksjoner for utvendig bruk økte sterkt da vi fikk de moderne kunstharpikslim i 1943-44. Lim som ble fremstilt før den tiden manglet enten vannfasthet eller det trengte en høy herdetemperatur. Da kunstharpikslimene herder tilfredsstillende ved lave temperaturer økte også interessen for å produsere trekonstruksjoner som ville holde like godt under forhold hvor treet er sterkt utsatt for råteangrep.

Det er i dag et sterkt behov for produksjon av trykkimpregnert- laminert tre. Vitenskapelige undersøkelser har gjort det mulig å øke bruken av slikt virke i treskip og båter, broer og andre typer trekonstruksjoner. Mye av dette arbeidet er utført i U.S.A. ved Forest Products Laboratory i samarbeid med Bureau of Ships. Impregnering er den eneste veien til økt holdbarhet av treet under forhold hvor det er sterkt utsatt for råteangrep.

Det er to måter å produsere trykkimpregnert-laminerte trekonstruksjoner på: 1) ved å impregnere det ferdige laminerte produkt, eller 2) ved å impregnere lamellene før de limes sammen i sin endelige form. Begge metoder har fordeler og ulemper.

Behandling av det ferdige laminerte materiale gir beskyttende lag på alle utvendige overflater etter at all skjæring, boring og tilforming er foretatt. Håndteringen av materialene ved impregneringsanlegget blir forenklet ved impregnering av den ferdige laminerte enhet fremfor en individuell behandling av lamellene. Men en uheldig side ved denne metode er at den begrensede størrelse på trykksylindere utelukker impregnering av større konstruksjoner. Impregneringsevnen har også vist seg å bli hemmet av limfugen. Da bare det ytre lag av konstruksjonen blir impregnert, kan det lett komme råtesopper inn hvis det dannes overflatesprekker i virket. Dette er momenter som ikke taler til fordel for metoden. Men på den annen side viser forsøk med brobjelker o.l. at metoden kan gi meget gode resultater. Tre som er impregnert før limingen kan brukes til å produsere enheter av enhver størrelse og form, og en er samtidig sikret full impregnering. Ved fagmessig sortering av materialene kan tynne lameller gis full gjennomtrengning med impregneringskjemikalier. Laminerte enheter av et slikt materiale kan trykt skjæres, bores og tilformes uten at en får uimpregnerte flater. En ulempe ved denne metode er imidlertid at hver impregnert lamell må høvles.

Av de to nevnte metoder er impregnering etter liming i alminnelighet den mest praktiske og økonomiske. Når de laminerte enheter ikke tillater impregnering på grunn av størrelse og form, er liming av impregnerte lameller den eneste kjente fremgangsmåte

for tilfredsstillende impregnering av laminerte enheter i dag.

Spesielle grunnleggende prinsipper som gjør seg gjeldende for liming av uimpregnerte materialer må også etterkommes i en viss utstrekning ved liming av impregnerte materialer. Det er for eksempel stor forskjell i lime-egenskapene mellom de forskjellige treslag. Tyngre treslag er vanligvis vanskeligere å lime enn lette. Dette gjelder også for impregnerte materialer, men limingen er også vanskeliggjort av impregneringsmidlet på treets overflate og dets effekt på limets bindingsegenskaper. Det kreves en forholdsvis ren overflate ved liming av impregnerte materialer. Da impregneringsstoffene trenger ut i yten kan det by på problemer å holde en impregnert treflate ren både ved høvling og under limingen. Det anbefales derfor høvling etter impregnering, og så kort tid som mulig før liming. Det kan nok på en måte være uheldig at en må fjerne den delen av virket som har fått den største konsentrasjon av impregneringsmidlet, men høvling av materialene er likevel nødvendig når de er impregnert med vannoppløselige impregneringssalter.

Hvis en benytter vannoppløselige impregneringssalter, blir vanninnholdet i treet betydelig hevet og en ny tørking er nødvendig. Etter denne tørkingen er materialene vanligvis noe vridde, mer eller mindre dekket med et lag kjemikalier og altfor varierte i tykkelse til å passe til sammenliming. Det er derfor nødvendig at de blir høvlet på nytt. Blir materialene høvlet like før liming, ser det vanligvis ut til at det er lettere å lime tre behandlet med vannoppløselige impregneringssalter enn å lime tre behandlet med oljeoppløselige stoffer. Det blir her bare tale om å bruke kunstharpikslim som fenol resorcinol og melamin.

En vil i alminnelighet oppnå tilfredsstillende limingsresultater med impregnerte trematerialer når en avveier treslag, - impregneringsslag og limtype, og omstiller limeprosessen etter de krav som stilles

Standardkvaliteter for laminerte trekonstruksjoner.

Erfaring viser at 3 kvalitetsklasser for laminerte trekonstruksjoner er tilstrekkelig for å dekke et nesten hvilket som helst behov når det gjelder utseendet, industrielt, arkitektonisk og spesial.

Disse kvaliteter klassefiserer overflaten av en limt trekonstruksjon og betegner bl.a. vekstkaraktistikk, innfelling, trefylling og overflatebehandling. De refererer ikke til fremgangsmåten ved selve lamineringen, dekorative eller andre behandlinger, innpakning eller beskyttende dekkmidler.

Industriell kvalitet.

Anvendelse:

Industriell kvalitet blir i alminnelighet brukt i fabrikkbygninger, lagerhus, garasjer og for annet bruk hvor utseendet ikke er den avgjørende faktor.

Spesifikasjoner:

- a) Lamellene kan ha materialsorteringens naturlige vekstkaraktistikk.
- b) Innfelling eller trefylling er ikke påkrevet.
- c) Undersiden og overflatebordene skal være fri for løse kvister og åpne kvisthull.
- d) Monteringen behøver bare å være høvlet på to sider med adgang for noen trefeil i de enkelte lameller.

Arkitektonisk kvalitet.

Anvendelse:

Arkitektonisk kvalitet blir brukt hvor et tilfredsstillende utseende er avgjørende. Uregelmessigheter må utbedres hvis det dekorative krav tilsier det.

Spesifikasjoner:

- a) Lamellene kan ha materialkvalitetens naturlige vekstkaraktistikk.
- b) På lett synlige overflater hvor feil ikke kan rettes ved tilfylling, skal disse skiftes ved innsettelse av feilfritt tre. Dette inkluderer kvisthull og løs kvist med en diameter utover 3/4". Ved innsetting skal innsatt stykke velges slik det passer med trestruktur og farge.

- c) Underside og overflatebord skal være fri for kvisthull og løs kvist. Materialene må velges slik at de passer med trestrukturen og farge ved side- og endeskjøting.
- d) Synlig overflate må pusses. Feil blir ikke godtatt.

Spesialkvalitet.

Spesialkvalitet blir brukt hvor kravene til arkitektonisk effekt er størst.

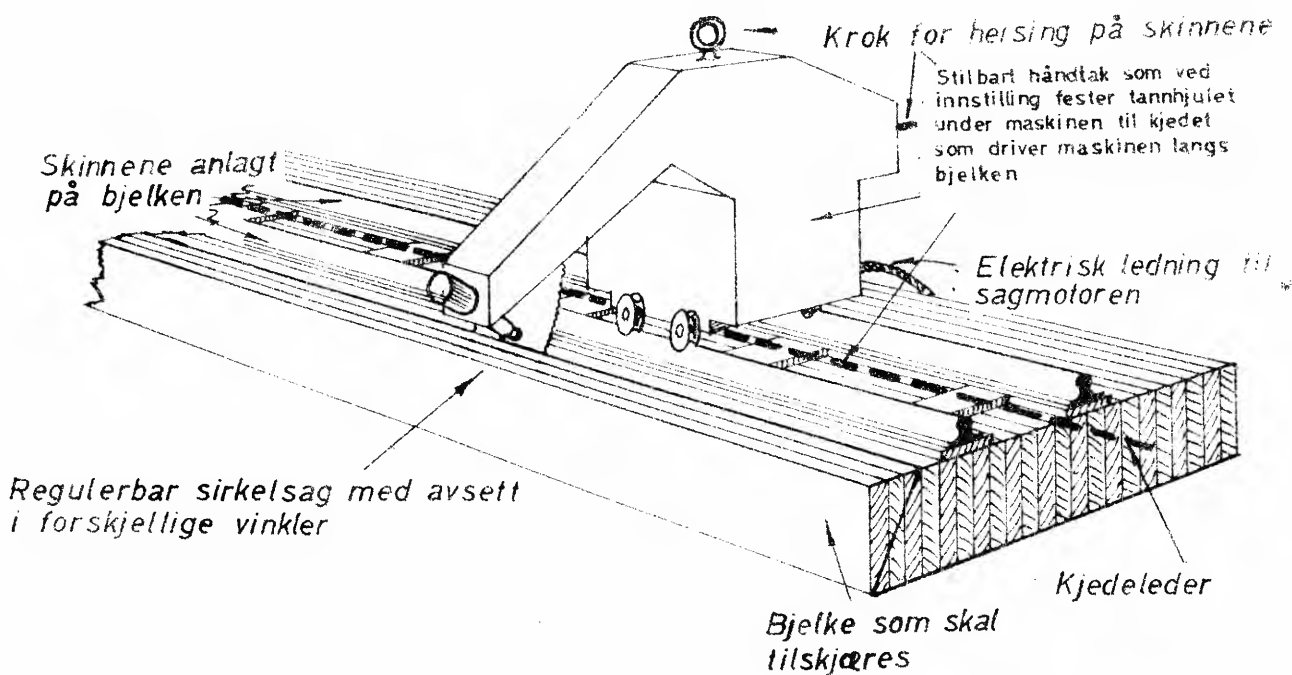
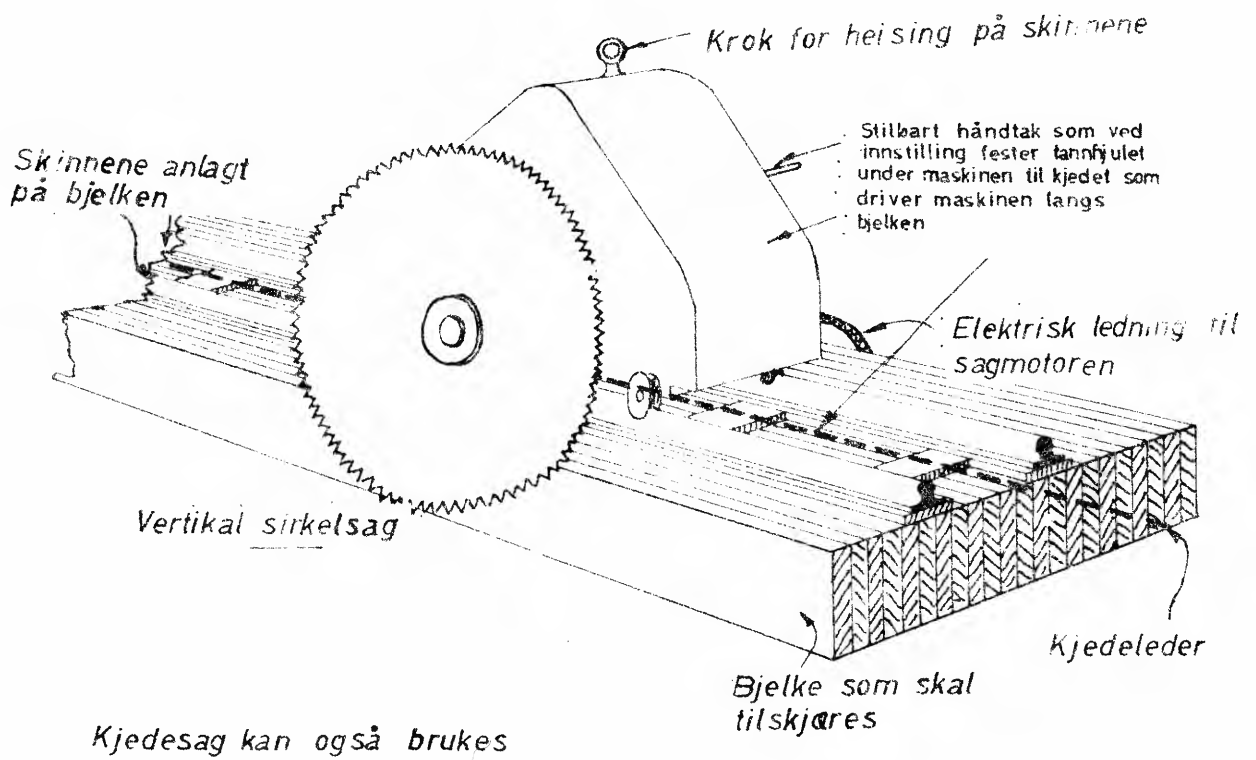
Spesifikasjoner:

- a) Lamellene kan ha materialsorteringens naturlige vekstkarakteristikk.
- b) På synlige flater hvor feil ikke kan bli tilfredsstillende igjenfylt, skal det innsettes feilfrie innfellingene. Dette inkluderer også kvisthull og løse kvister med en diameter større enn 3/4". Feil på 3/4" i diameter og mindre skal skiftes ut med innfelling. Innfellingene må velges med omhu, så de passer med trefargen og trestrukturen i resten av monteringen.
- c) Underside og overflatebord må være kvistfrie, og de må ikke skille seg ut fra de andre lamellene i trefarge og trestruktur.
- d) Synlige overflater må finpusses.

En oversikt over utstyr og hjelpemidler ved en lamineringsfabrikk.

Generelt kan det vel sies at de hjelpemidler som nyttes er resultater av års erfaringer og verdifullt forskningsarbeide utført ved institusjoner som U.S. Forest Products Laboratory, Madison, Wisc. Dette gjelder både de tekniske data og den praktiske utførelse av limoperasjonene.

Det utstyr og de hjelpemidler som er nødvendig for de forskjellige arbeidsoperasjoner vil variere meget etter type og størrelse på de laminerte enheter som blir laget. Derfor er en stor del av det utstyr som blir brukt i denne industri bygd av de individuelle lamineringsfabrikker for å tilfredsstille deres egen produksjon. Men det er også mange artikler, som overflatebehandlere, limspredere, flyttbare sirkelsager, se fig. 10,



TYPER AV SPESIELLE FLYTTBARE HÅNDBETJENTE SIRKELSAGER

og arbeideverktøy som blir tilbudt av maskinindustrien som standard utstyr. Noen av de senere forbedringer er høyfrekvensliming for skjøting av de enkelte bord og liming av hele monteringer, foruten store spesialhøvler og spesielle skjøtemaskiner.

Den gulvflate som er nødvendig for en lamineringsfabrikk avhenger av tre hovedfaktorer:

- a) Tilgangen på tørre materialer eller egne hjelpemidler for kunstig tørking og lagring av materialer.
- b) Den daglige produksjon.
- c) Størrelsen og fasongen på de laminerte enheter.

De fleste monteringshaller er temperaturkontrollert på 20-22°C og materialene blir ved mottakelsen holdt i romtemperaturen i 48 timer før bruk.

På grunn av at temperaturen i materialene blir hevet til omkring 22°C før bearbeiding, og at denne temperatur blir opprettholdt gjennom alle etterfølgende operasjoner, er det ikke nødvendig med en stor oppvarmet enhet for å heve temperaturen i limfugen til det som kreves for en førsteklasses liming.

Den gjennomsnittlige herdetemperatur er 25-30°C for kaldherdede fenollim og resorcinollim, og denne blir opprettholdt under presstiden som varierer fra 9 til 10 timer. Den økte varme som skal til for å heve temperaturen kan skaffes ved varmeovner i tillegg til fabrikkoppvarmingen i nærheten av monteringen om natten, eller ved å sette monteringen i rom hvor temperatur og fuktighet blir automatisk kontrollert ved hjelp av kunstig tørkekontroll. Som alternativ til dette kan brukes presninger eller gummitelt som plasseres over monteringen, og varme blir tilført.

Kunstige tørker.

I alminnelighet er det ønskelig at fabrikk selv har, eller har adgang til, kunstige tørker med den nødvendige kapasitet,

slik at alle materialer kan bli likt tørket og være spenningsfri ved bruk.

Tilgangen på godt kvalitetstørst virke må være tilfredsstillende hvis fabrikken ikke tørker materialene selv. Utstyr for vanninnholdsbestemmelse av materialene må være tilgjengelig.

Lagerbygninger.

Det er ofte nødvendig å ha lett adgang til lagring av tørlede materialer i lukkede og ofte oppvarmede bygninger.

Sagutstyr.

Vanligvis er følgende utstyr nødvendig for forbehandling av materialene før liming:

- a) Kantsag med stor nøyaktighet som kan skjære helt rette kanter for sideskjøting av bord.
- b) Kappsag for trimming av bordene og fjerning av feil.
- c) En båndsag, nødvendig når det skal splittes tynne lameller til laminering av buede enheter, også grei å bruke når en skal splitte materialer som skal limes til forskjellige bredder.

Tilskjæremaskin for skjøter.

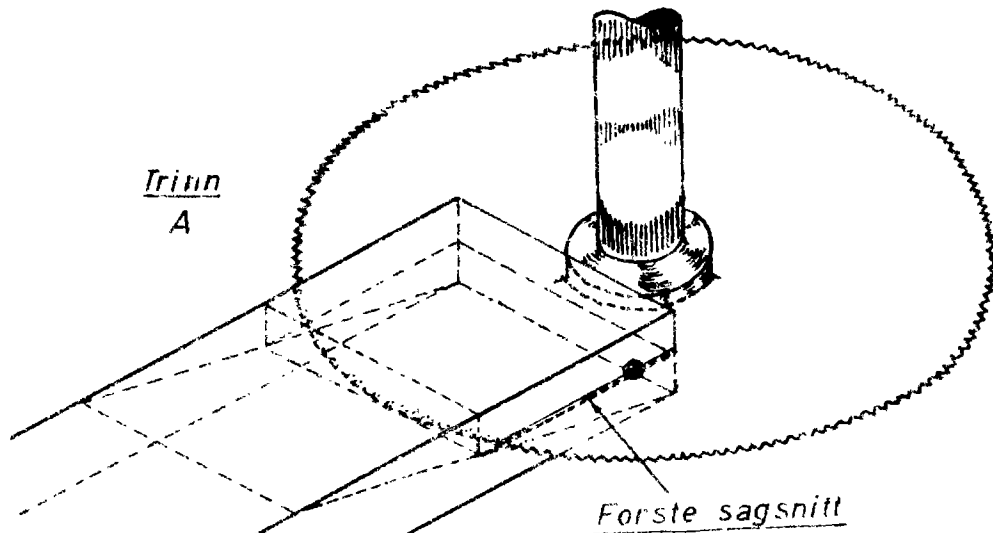
Tilskjæremaskinen for skjøter kan variere meget i oppsett fra fabrikk til fabrikk. Som oftest har de vært konstruert av fabrikken selv for å dekke sitt spesielle behov. Av fig. 11 og 12 kan en se etter hvilket prinsipp slike maskiner ofte er bygd opp.

Høvelutstyr.

Vanlige høvelmaskiner, enkle eller doble, er tilstrekkelige for høvling av materialene før liming. Men til etterbehandling av de ferdige enheter må det brukes spesialbygde høvelmaskiner, disse har gjerne tilnavnet kabinett-høvler.

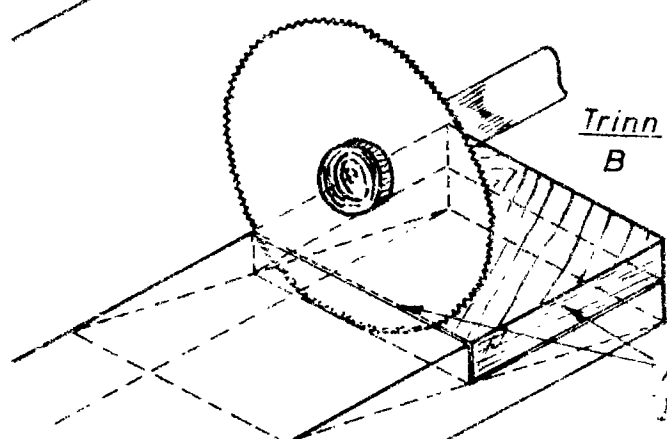
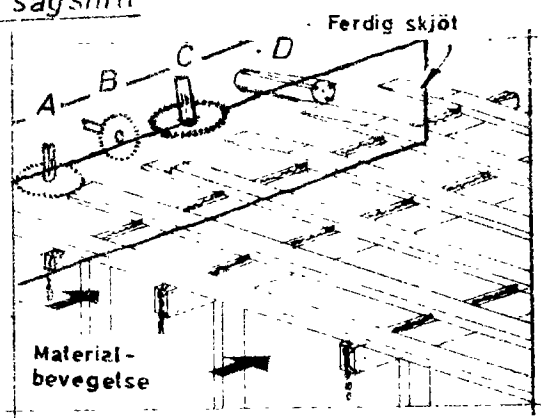
Limlagring, blanding og limspredere.

Gode lagermuligheter hvor lim kan oppbevares under kjølige og tørre forhold er fordelaktig. For enkelte fenol-resorcinol lim er det nødvendig med direkte avkjøling og lagertemperaturen



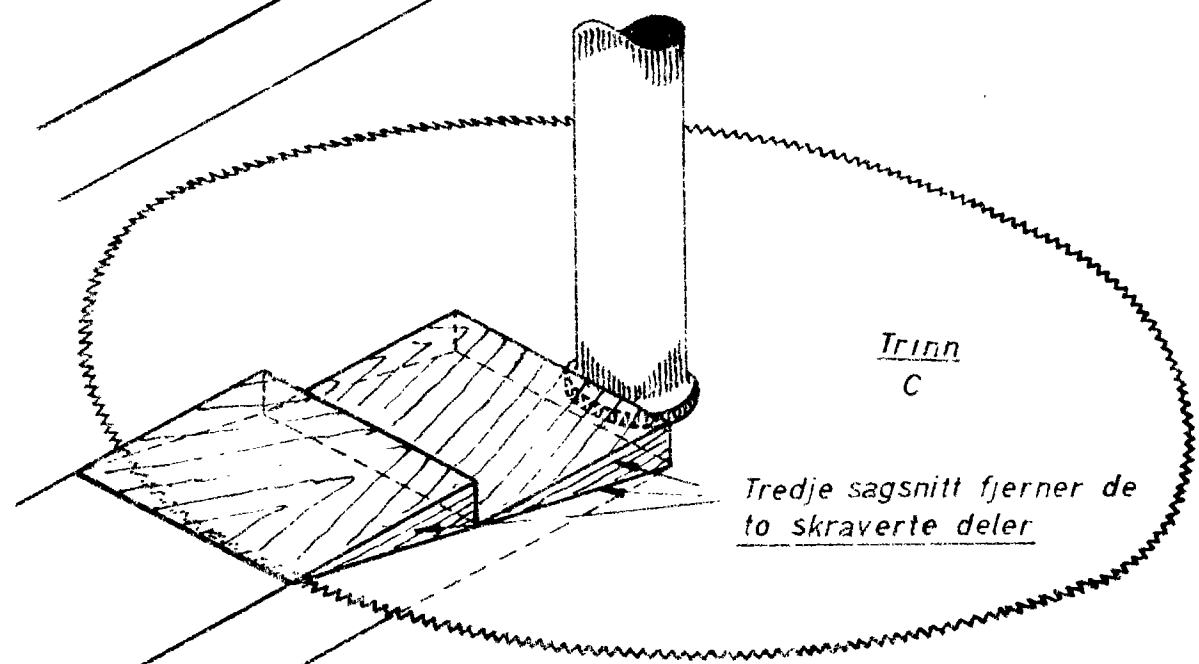
Trinn
A

Forste sagsnitt



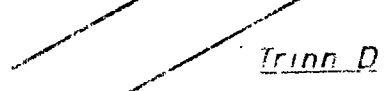
Trinn
B

Andre sagsnitt
fjerner skravert del



Trinn
C

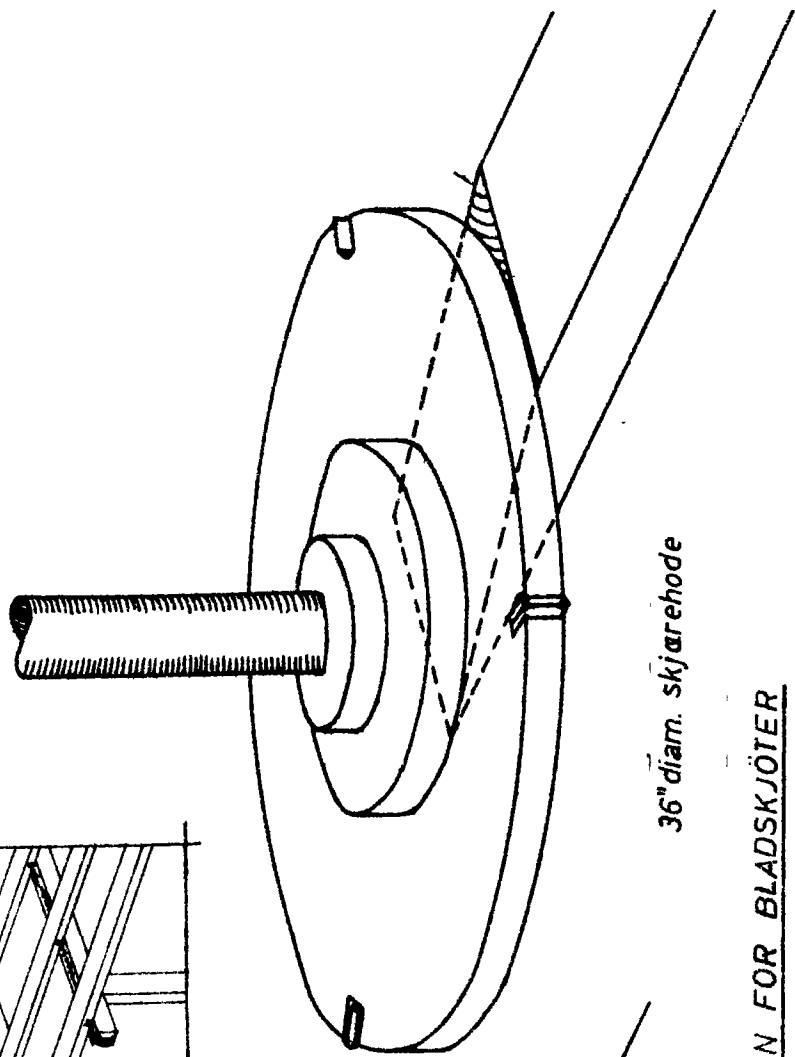
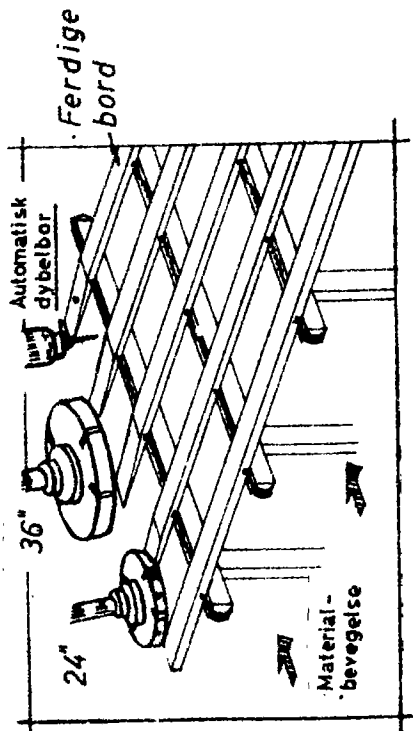
Tredje sagsnitt fjerner de
to skraverte deler



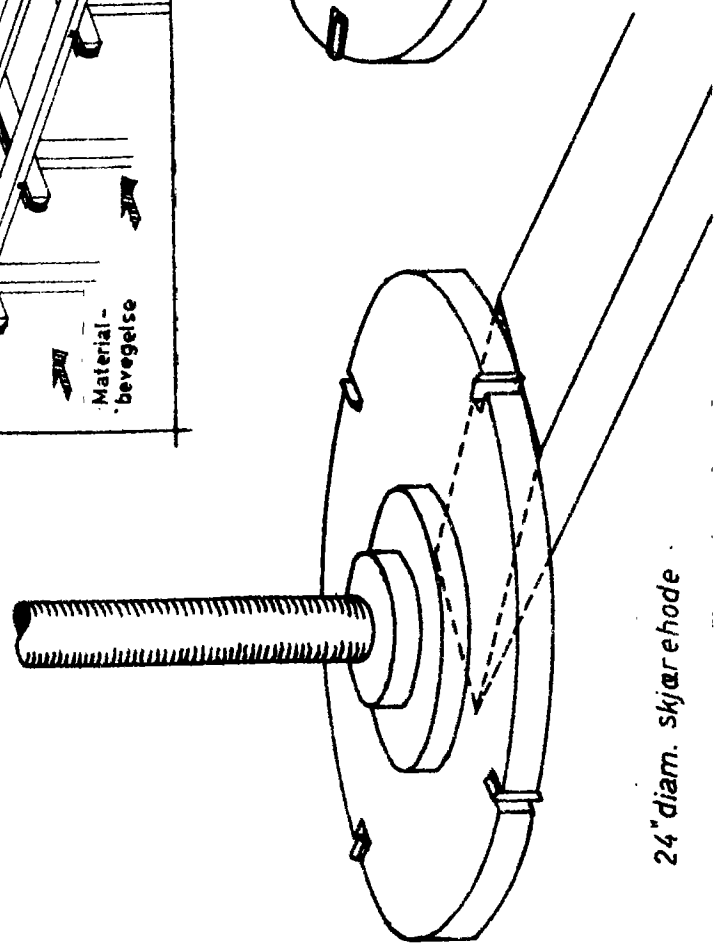
Trinn D

Høvelhode med samme vinkel som sag
i trinn C finpusser skjøtflaten

AUTOMATISK TILSKJÆREMASKIN FOR
BLADSKJØTER MED 4 ARBEIDSTRINN



36" diam. skjærehode



24" diam. skjærehode

AUTOMATISK TILSKJÆREMASKIN FOR BLADSKJÖTER

Typer av denne maskin kan tilskjære 3/4"-2" materialer 4"-14" brede med en produksjon av 7500 bord per 8 timer, begge ender tilskåret. Skjærehode 24" grovskjærer, skjærehode 36" etterpusser. Hvert hode har 4 kniver og gjør 1800 o/min. Til 3/4" materialer brukes bare det minste skjærehode. Maskinen har et dybelbor som automatisk lokaliserer og borer med en tillatt sideavvikelse av ,015". Feiltoleranse for skjötendene er ,020"-,025".

for disse lim bør være rundt + 3°C.

Blandingsutstyret bør lage en ensartet blanding av de forskjellige limstoffer med minst mulig røring. Blandingsutstyr av metaller som lett angripes av baser og syrer bør unngås. Blandere laget av stål tåler de fleste limsorter.

Kaseinlim bør påstrykes med limspredere som har valser laget av riflet metall. Ved bruk av kunstharpikslim bør det brukes valser som er dekket med gummi og er riflet. Valsene bør også være justerbare for å kunne kontrollere tykkelsen på limspredningen. Den påsmurte limmengde kan kontrolleres ved å ta veieprøver av de påsmurte lameller. Matningshastigheten bør være 15 - 30 m i minuttet.

Pressutstyr.

Det pressutstyr som blir brukt bør avpasses etter de limoperasjoner som skal utføres. Det er bl.a. viktig at det utstyr som brukes til buende enheter lett kan justeres. Alt pressutstyr og apperatur bør være slik konstruert at de ferdige enheter lett kan flyttes, men pressutstyret må samtidig være så sterkt konstruert at de tåler den store belastning som oppstår når store buede enheter settes i press. Det største krav som stilles til pressutstyr for laminerte trekonstruksjoner er at så mange enheter som mulig med samme fasong kan presses på en gang. Det vil igjen fordre at det blir brukt et solid utstyr. Et inntrykk av det utstyr som blir brukt får en av fig. 13, 14, 15, 16 og 17.

Vanligvis blir samme pressutstyr brukt til rette og buede enheter, men med den forandring at for buede enheter blir ikke pressutstyret festet permanent til gulvet. Hver enkel pressenhet kan her flyttes frem og tilbake uavhengig av hverandre ved at det på hver pressenhet er festet flattjern med et utfrest spor som igjen er festet til nedsenkede jernkanaler i gulvet ved hjelp av regulerbare bolter. Se fig. 16. Før montering av en ny konstruksjon kan pressutstyret bare reguleres etter utarbeidede måter.

Forklaring på bruken av pressutstyr for laminerte trekonstruksjoner med henvisning til fig. 13, 14, 15, 16, 17.

Et gjennomsnittlig stort pressutstyr for rette enheter, som vist i fig. 13, krever en serie av 5 fot lange horisontale enheter som er satt sammen av dobbelte 2" x 6" stål kanaljern, montert rygg mot rygg (1" mellomrom), med omtrent 2 fot avstand mellom hver enhet. Disse er vanligvis boltet rett i gulvet. For hver horisontal enhet er det en vertikal enhet som varierer fra 4 fot til 6 fot i høyde. Disse er enten laget identisk med de horisontale enhetene eller av 3" vinkeljern. Disse kan ha det alternativ i utformingen at hull med 1" diameter blir boret på framsiden eller en brenner ut et avlangt spor på samme sted. Dette er vist ved tegning, alternativ A, fig. 13. De horisontale og vertikale enheter er vanligvis festet til hverandre ved hjelp av en tilsveiset stålplate.

Presstvingene eller trykkblokkene består av laminerte blokker som er 6" x 6" og i forskjellige lengder. Disse er gjennom-boret enten med ett eller to 1" diameter hull. Trykkblokkenes øvrige deler er 3/4" eller 1" stålbolt med høy strekkstyrke og trapesgjenger, og 6" x 1/4" stål stoppskiver.

Når monteringen ligger i press fungerer de vertikale stål-jernene som en del av tvingene idet to stålbolter med fastmuttere i den ene enden blir innsatt gjennom huller eller et utfrest spor i ståljernene, en bolt over og en under monteringen, og selve pressblokken blir deretter satt i den andre enden av boltene tilskrudd med stoppskiver og stål-muttere, fig. 13.

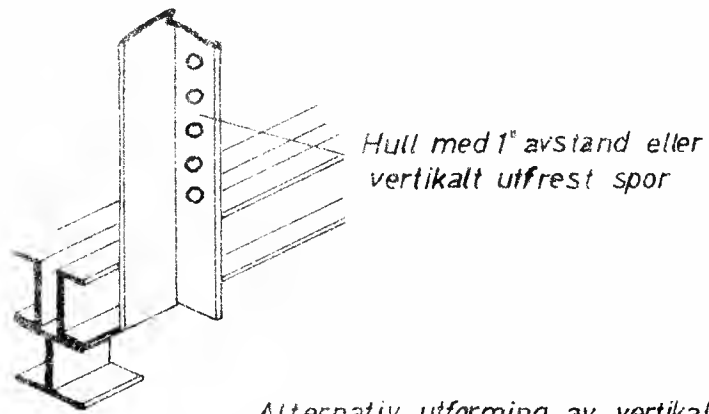
Mutterne som fester pressblokkene blir tilskrudd med en pressluftnøkkel inntil det ønskede trykkpress på monteringen er oppnådd. Under tilskruingen blir fastmutteren i den andre enden holdt med en spesialformet skrunøkkel av en annen operatør for å hindre at bolten går rundt. Mellom de vertikale ståljernene blir det brukt to sett pressbøkker som hver består av to stålbolter, to blokker, to stoppskiver og to muttere.

Press blir også satt på lamellenes kanter ved bruk av et 3" x 3" vinkeljern som blir festet med stålbolter, muttere og stoppskiver til de horisontale ståljernene hvor boltene går gjennom et spor på 1" som er avsatt mellom de to kanaljern, en bolt bak første og en bak siste lamell.

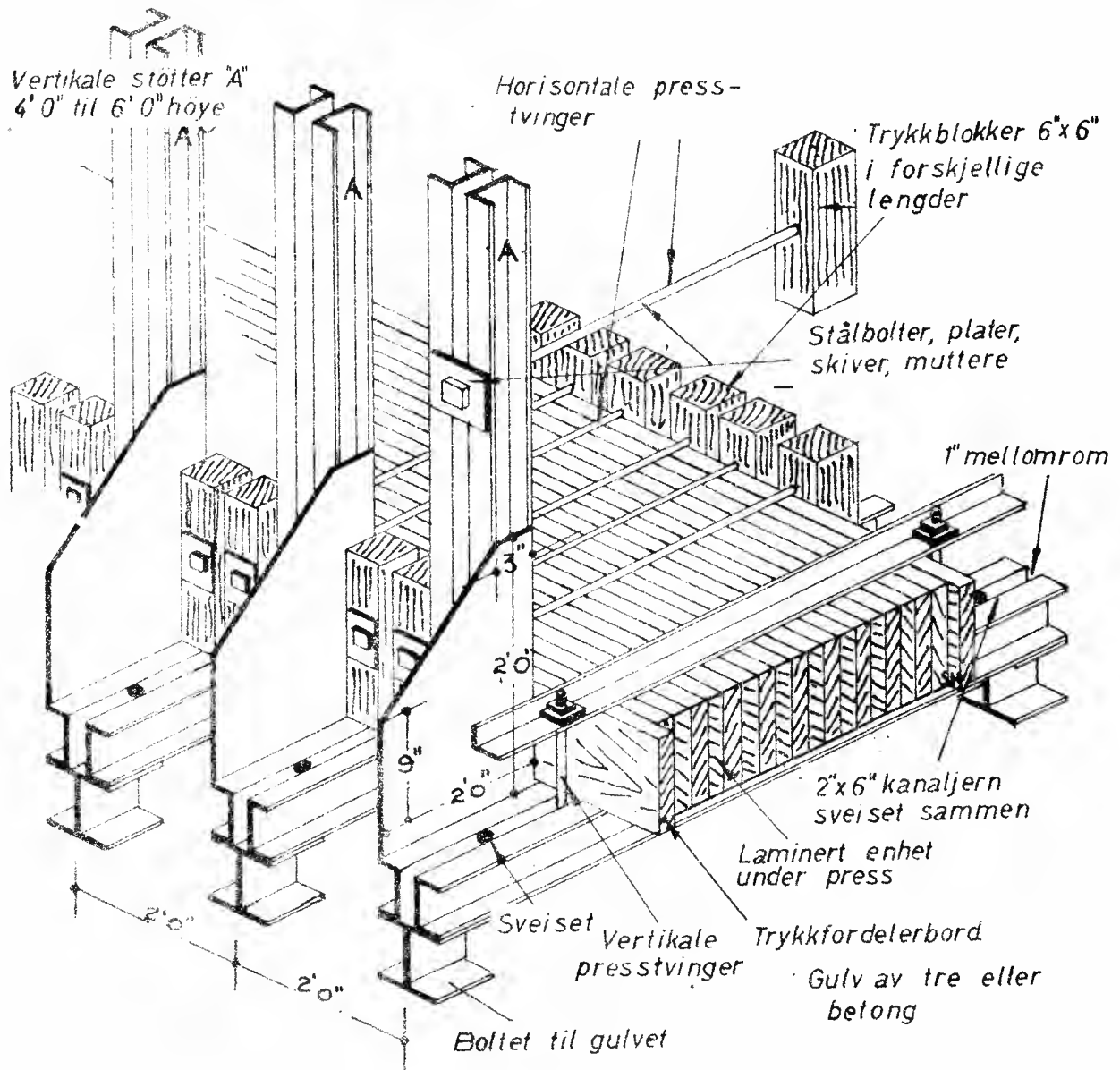
Når det bare blir presset en montering, blir det alltid brukt to bolter for hver pressblokk, og denne metoden er kjent som "U" metoden, fig. 14. Men når to monteringer med lik dybde blir presset samtidig, en over den andre, bruker en "I" metoden, fig. 15. "I" metoden er beregnet brukt til monteringer som har en lamellbredde som ikke er over 6", og den krever et utstyr med stor styrke for å gi en jevn pressfordeling på de to monteringerne. Ved en robust utførelse av pressutstyret er det ikke uvanlig at to eller tre kurvede enheter blir presset vertikalt samtidig, bare adskilt med et mellomlegg, fig. 17. Ved liming av rette enheter kan det limes flere samtidig idet hvert av lagene kan bestå av flere enheter bare adskilt med et vokspapir for å hindre sammenbinding.

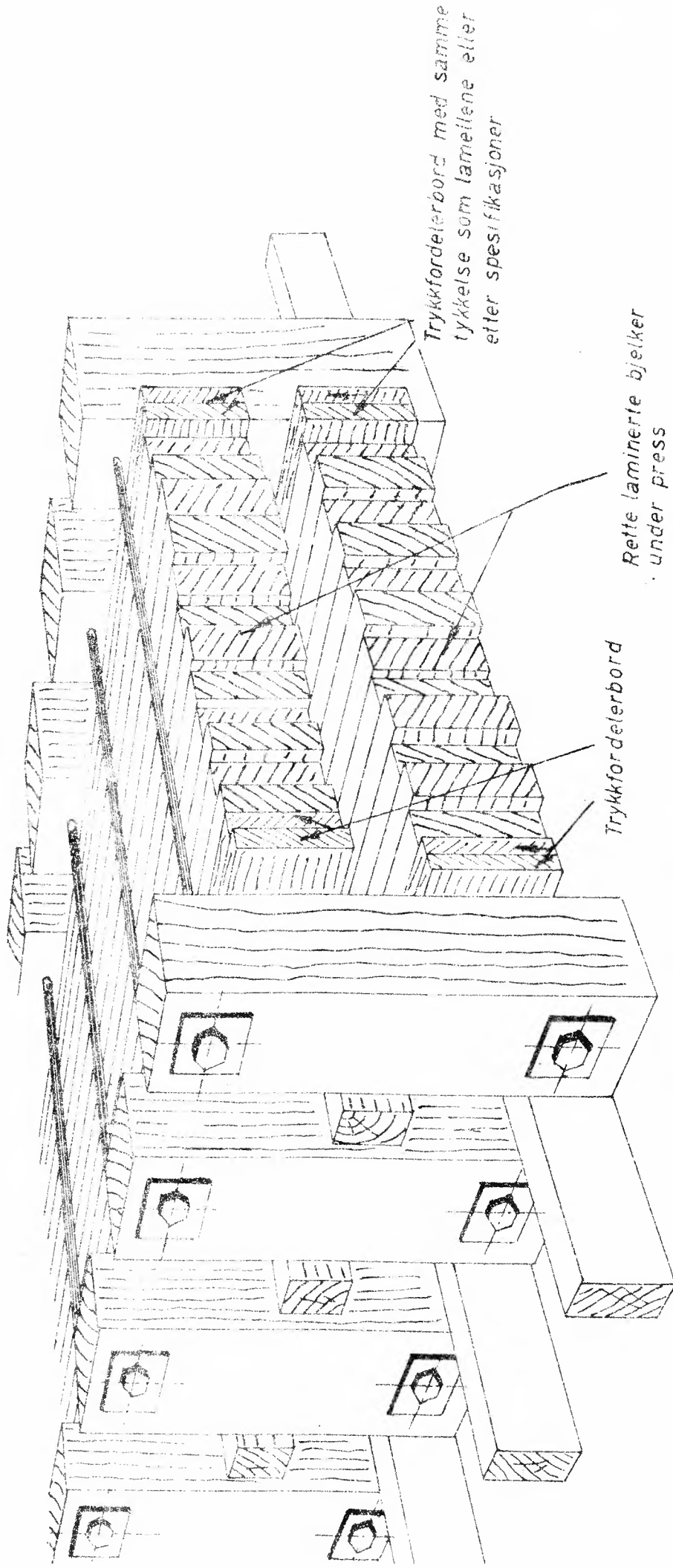
Det kan også brukes stål pressblokker og flate stålstenger istedenfor pressblokker av tre med stålbolter, og disse kan være meget effektive da de er meget raske i bruk ved tilføringen av presset, fig. 17. Alle fabrikker bruker i dag pressluftnøkler ved tilskruing av pressmutterne og disse blir kontrollert etter en kort stund for å være sikker på at det kvantum lim som er presset ut av limfugen ikke har redusert presset under det som er nødvendig for å oppnå en god limfuge.

NB | Trykk under sammenpressingen skal være fra 8 til 10 kg/cm² for lameller av furu eller andre løse tresorter, og fra 12 til 16 kg/cm² for lameller av hardved, som f.eks. eik. Ved krumme deler skal sammenpressingen begynne på midten og arbeides gradvis ut mot begge endene.



Alternativ utforming av vertikale støtter A



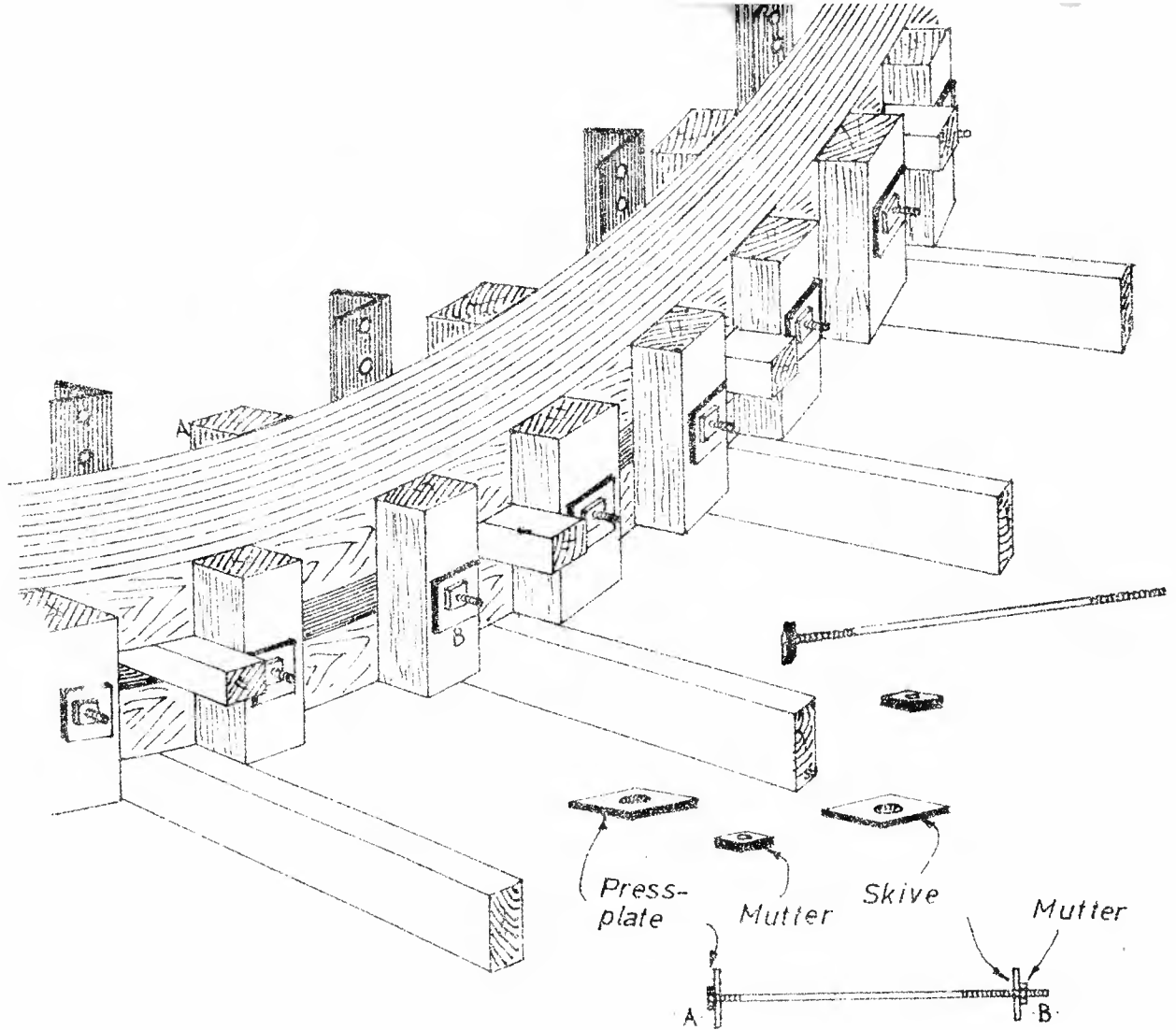


Trykkfordelerbord med samme tykkelse som lamellene eller etter spesifikasjoner

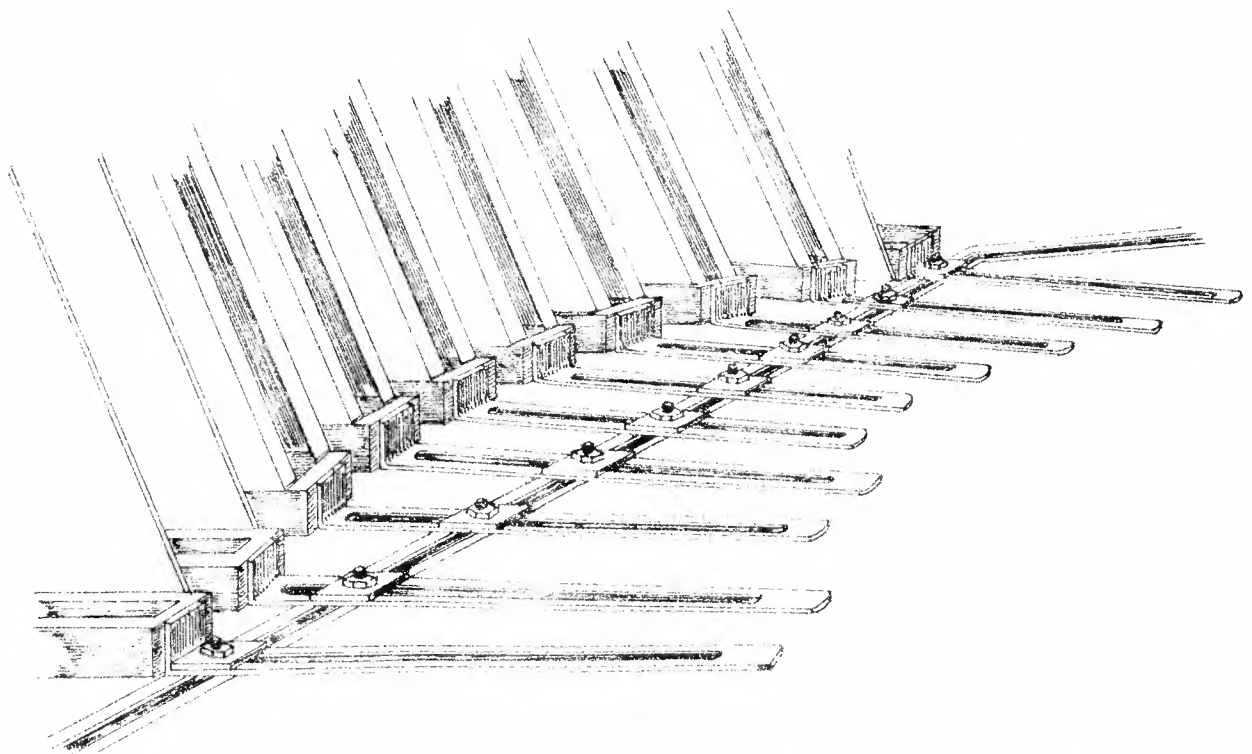
Rette laminerte bjelker under press

Trykkfordelerbord

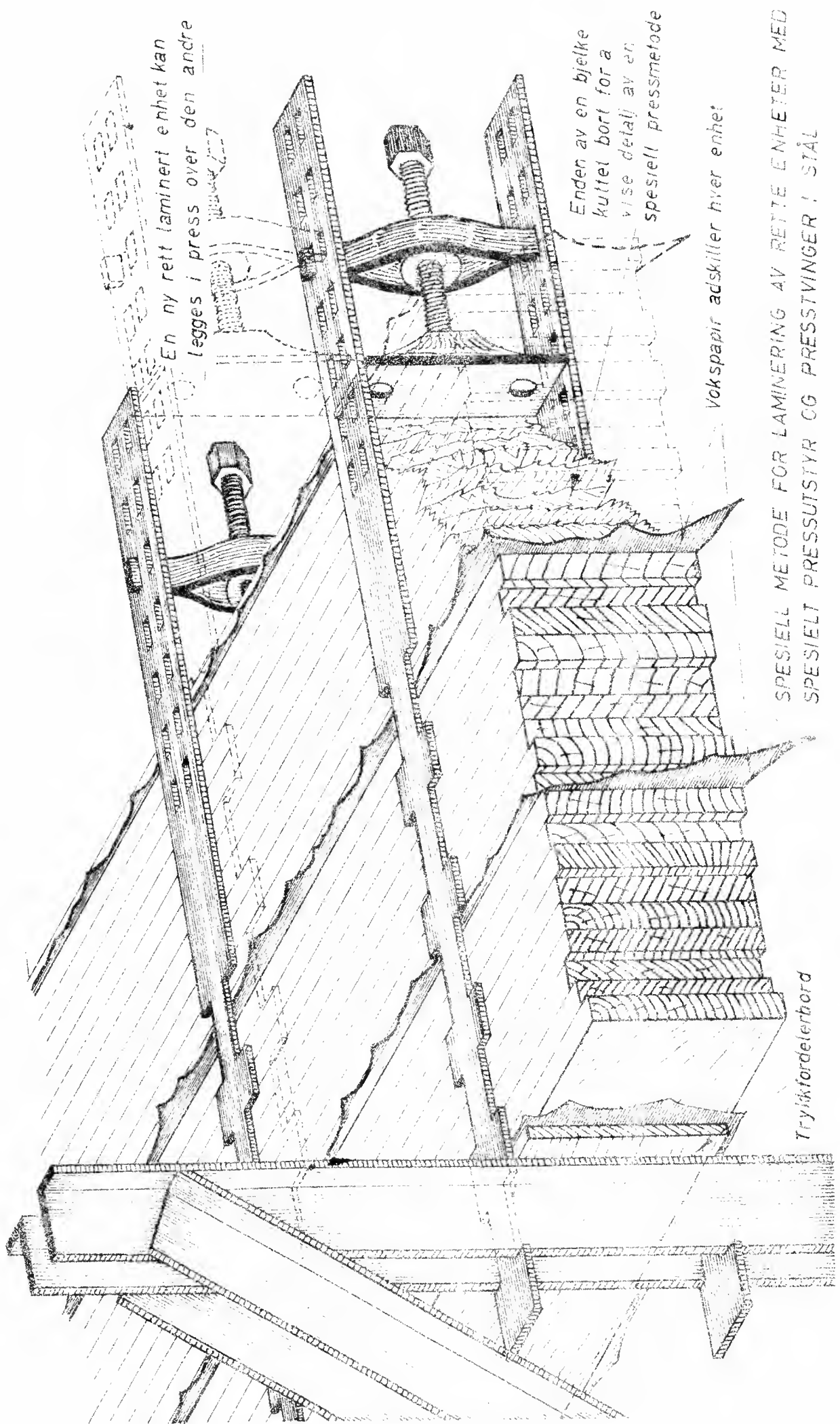
"U"-METODE FOR SAMMENPRESSING



"T" METODE FOR SAMMENPRESSING



FORMINGSARRANGEMENT FOR REGULERBART PRESSUTSTYR
FOR BUEDE ENHETER



En ny rett laminert enhet kan legges i press over den andre

Enden av en bjelke kuttet bort for å vise detalj av en spesiell pressmetode

Vokspapir adskiller hver enhet

SPESIELL METODE FOR LAMINERING AV RETTE ENHETER MED SPESIELT PRESSUTSTYR OG PRESSTVINGER I STÅL

Trykkfordelerbord

To hovedlimtyper som brukes i laminerte trekonstruksjoner.

De to hovedlimtyper som brukes til laminerte trekonstruksjoner er kasein (holdbar overfor sopper og vann) og kunstharpikslimene fenol og resorcinol formaldehyd (både vannfast og kokefast). Fenol og resorcinol formaldehyd lim deles vanligvis i to typer:

Type A: Lim som herder ved romtemperatur (fenol, resorcinol og melamin base).

Type B: Lim som herder ved høyere temperaturer - opptil 40°C og over (fenol, resorcinol og melamin base).

Urea-formaldehyd blir ikke brukt til laminerte trekonstruksjoner selv om det brukes til finér og i sponplateproduksjonen.

Følgende punkter er lagt til grunn for ikke å bruke ureaformaldehyd i laminerte trekonstruksjoner:

1. Den sviktende styrke som lett oppstår i urealim hvis det blir utsatt for temperaturer over 40°C.
2. Tendens til aldrende svakhet gjør at urealim ikke kan brukes i permanente konstruksjoner.
3. Resorcinollimet som er kokefast, er urealimet overlegent ved utvendig bruk og på steder med høy humiditet.
4. Kaseinlimet (holdbart overfor sopper og vann) er urealimet overlegent til bruk i innvendige konstruksjoner.

Med de moderne kokefaste lim som fenol og resorcinol vil en i dag ikke anbefale kaseinlim til steder hvor fuktigheten i trevirket kan ventes å komme opp i 20 % eller mer, som f.eks. i trefartøyer.

Kaseinlimet blir brukt til alle innvendige konstruksjoner (hvor fuktigheten er under 20 %) på grunn av holdbarheten, limfugens styrkeegenskaper ved temperaturer helt opp til 65°C, og dets alminnelige anvendbarhet. Kaseinlimet kan herde ved temperaturer helt ned til 15-20°C når monteringen ligger i

press natten over, og kaseinlimet gjør ingen skade på verktøy og maskiner som blir brukt til finpussingen og tilskjæringen av de ferdige enheter. Laminerte buer som ble laget ved Forest Products Laboratory, Madison i 1935 og er beskrevet i detalj av T.R.C. Wilson i "The Glued Laminated Wooden Arch", er i dag av samme gode kvalitet som den gang de ble laget.

Diagrammene 1 og 2 viser brukstid og lukket tid ved forskjellige temperaturer for åtte fenol og resorcinol lim laget ved limfabrikker i Nord-Amerika. Lukket tid eller den tid som medgår fra arbeidsstykkene legges sammen etter limpåstrykningen til fullt trykk er nådd, vil nødvendigvis berøre produksjonen. Jo kortere denne tiden er, desto mindre blir det antall bord som kan bli sammensatt i en montering. Det er høyst sannsynlig at lamineringsindustrien i Nord-Amerika ikke kunne ha produsert enheter opp til 8 ft. i dybde, som består av ca. 100 lameller, og heller ikke gjort slik ekspansjon hvis ikke limfabrikantene hadde vært istand til å levere fenol og resorcinol lim som tåler en lang lukket tid.

Som en ser av diagram 1, finnes det et stort utvalg av fenol- og resorcinol lim for lamineringsindustrien, helt fra romtemperaturer 22-27°C (70 - 80°F) til de høyere temperaturlim over 38°C (100°F) som f.eks. blir brukt til liming av eik for bruk i båter.

Når skråskjøter blir for-herdet ved høyfrekvensliming brukes et melamin-formaldehyd-lim hvis den ferdige enhet er for innvendig bruk og det blir brukt kaseinlim til selve monteringen. Melamin-formaldehyd lim blir her brukt spesielt fordi den gir en meget tynn limfuge, og at den herder meget lett ved høyere temperaturer. Melamin-formaldehyd-lim er ellers lite brukt i lamineringsindustrien.

Diagram over brukstid i forhold til fabrikktemperatur
for 8 nordamerikanske fenol og resorcinol lim.

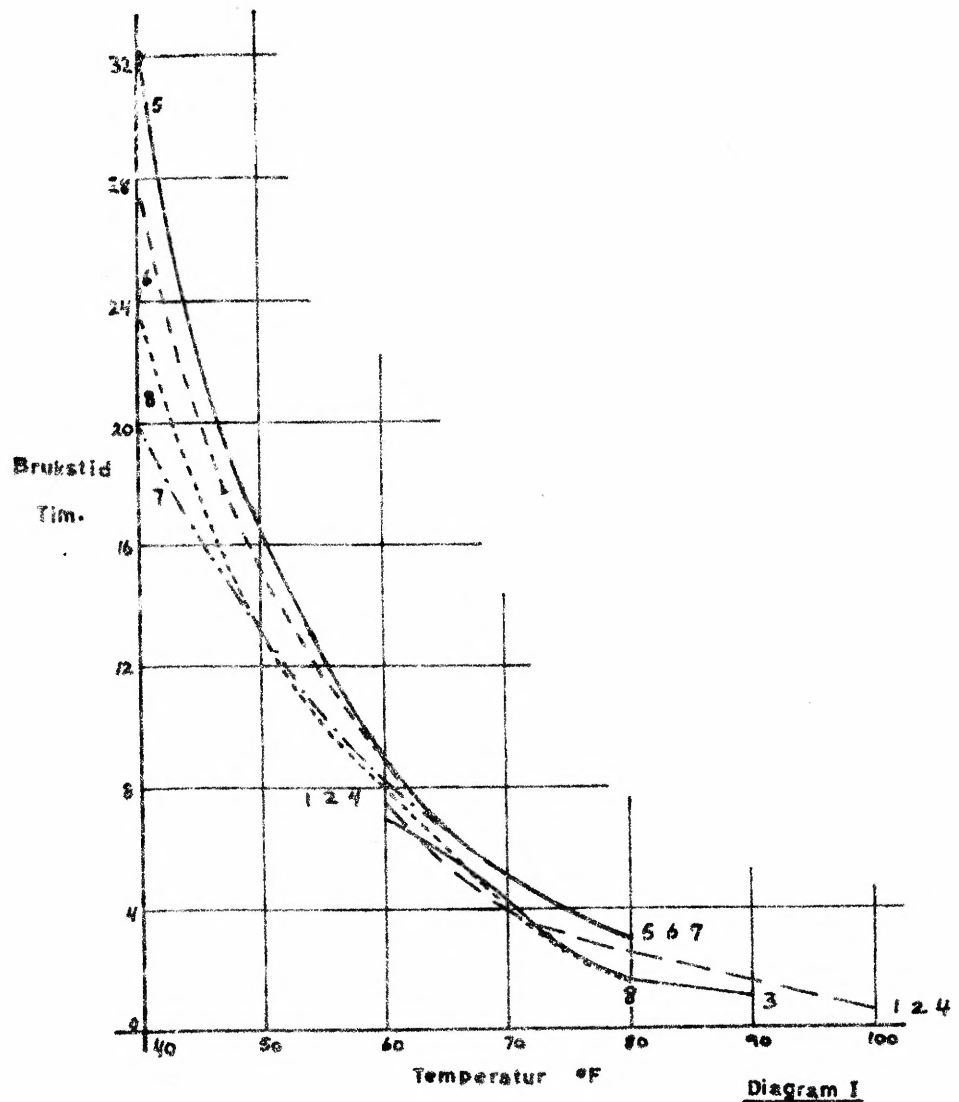


Diagram over lukket tid i forhold til fabriktemperatur
for 8 nordamerikanske fenol og resorcinol lim.

Temp. ved innerste limfuge — Minimum pressetid

Lim	1	75°	i	7	tim.
	2	75°	i	7	"
	3	80°	i	5	"
	4	75°	i	7	"
	5	140°	i	7	"
	6	180°	i	6	"
	7	140°	i	10	"
	8	150°	i	6	"

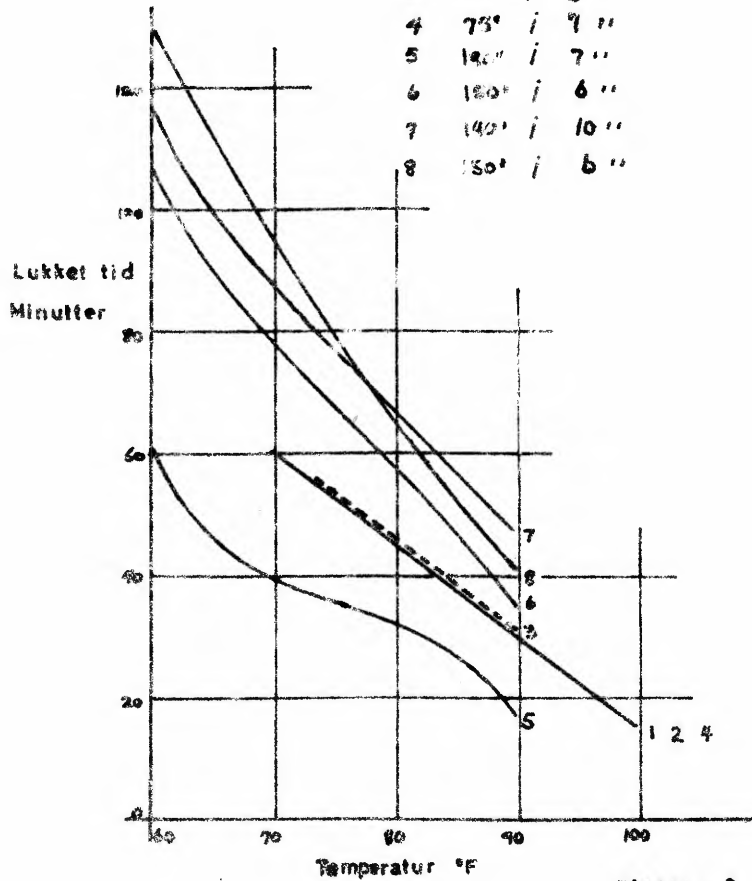
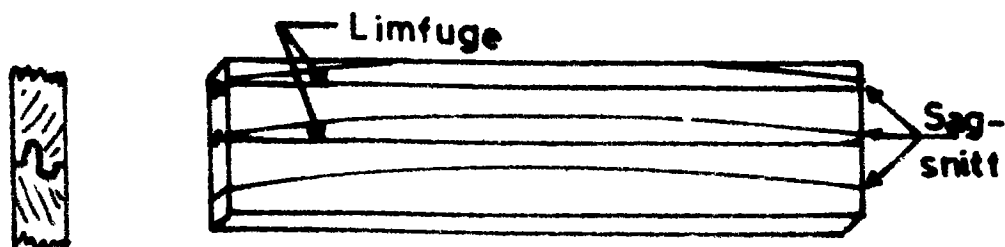


Diagram 2

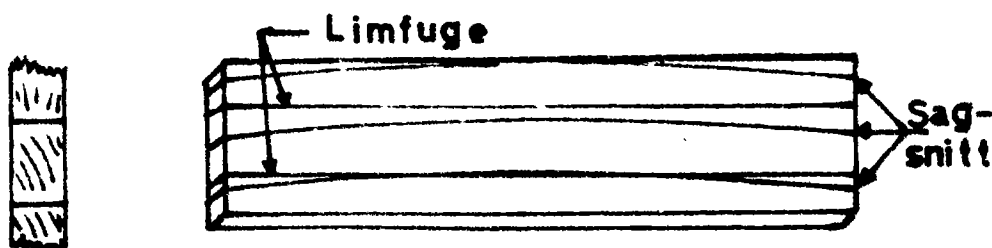
Tre fremstillingsmetoder for bjelker ved liming.

Bjellene kan tilskjæres fra enheter som er sammenlimt av høvlede materialer med not- og fjørkant, som vist i A. Ved not- og fjørskjøting skulle en teoretisk ha fordeler av en større limflate, men i praksis vil ikke dette alltid gi økt styrke.

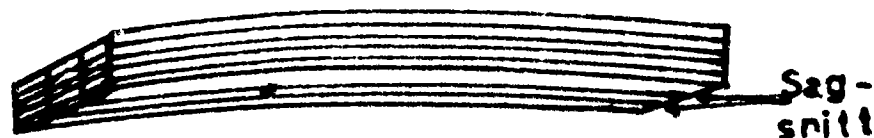
Denne fordel går ofte tapt, helt eller delvis, fordi en hvilken som helst tilformet skjøt er vanskeligere å maskinbearbeide nøyaktig enn en alminnelig sideskjøt som vist i B.



A Ikke anbefalt



B God praksis



C Foretrukket metode - laminering

På grunn av dårlig kontakt mellom delene kan den effektive limflate og styrke bli mindre ved not- og fjørskjøting enn ved vanlig sideskjøting. Den største fordel ved not- og fjørskjøting er at delene lettere faller på plass i klemme eller presse. En grunn not- og fjørskjøt er i så henseende like praktisk som en dyp en, og den er også mindre sløsende med materialene.

Vanlig sideskjøting som vist i B, er å anbefale da nøyaktig maskinbearbeidelse av limflatene er lett gjennomførlig, og muligheten for en god limfuge er den beste. Den foretrukne metode er laminering som vist i C. Her kan bjelken få sin form under selve limoperasjonen, og brede enheter kan en splitte opp i flere, slik at en faktisk limer 2 eller 3 bjelker om gangen. Forbruket av materialer vil også gå ned da avgang ved tilskjæring kan reguleres til et minimum.

Bjelkebroer med laminerte bjelker.

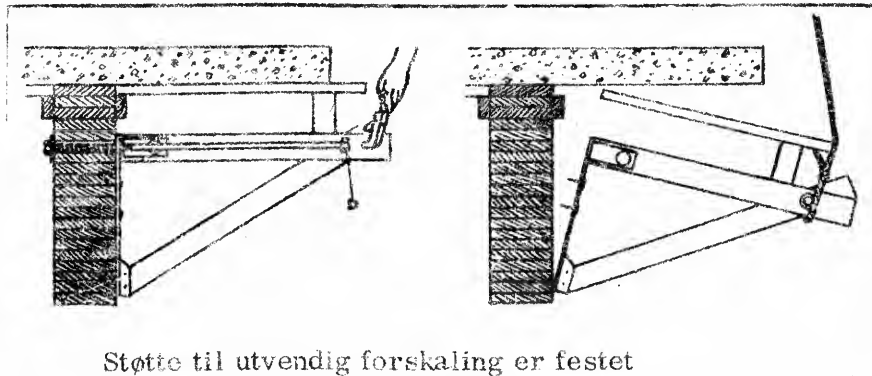
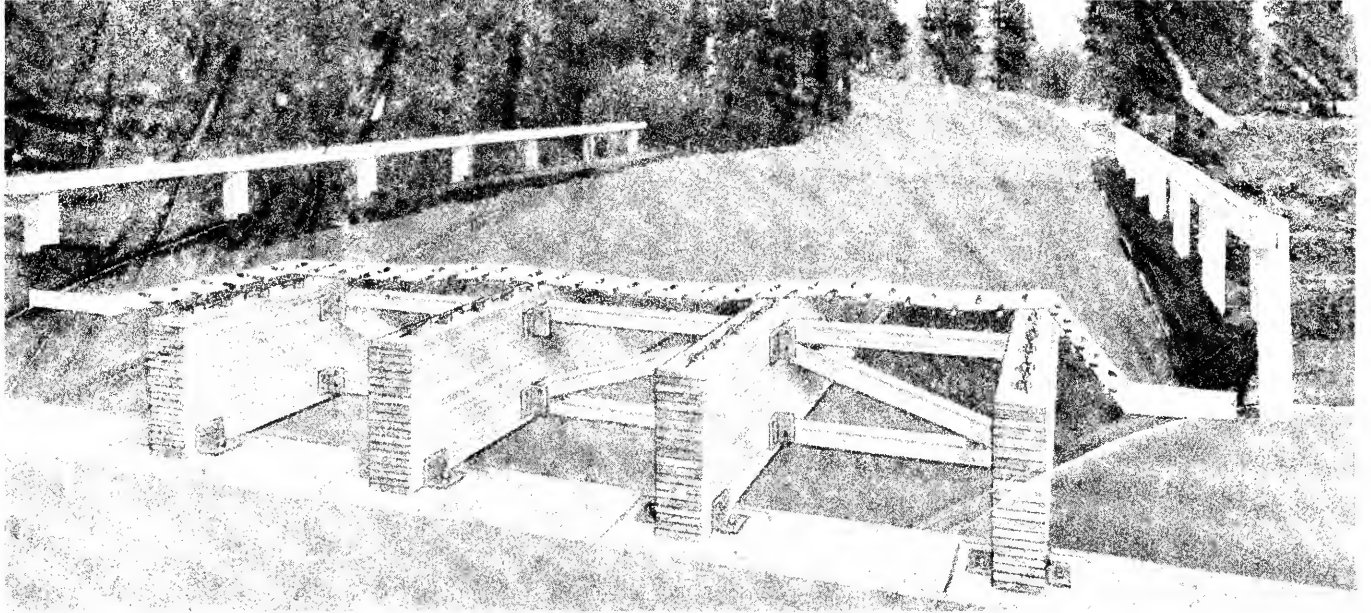
Treet kan igjen få sin renessanse som brobygningmateriale etter at stål og betong har vært så og si enerådende i et langt tidsrom. Det som igjen fører treet frem i lyset på dette område er den utvidede mulighet for trykkimpregnering av trevirket som vi har i dag kombinert med laminering til større bjelker som både har tilstrekkelig bæreevne og lang varighet. Produksjonen av bjelker skal ikke behandles her, men monteringen og utformingen kan det være nyttig å se nærmere på.

Bjelkebroene kan bli bygd i en nesten hvilken som helst bredde hvor antallet og avstanden mellom bjelkene er bestemt av bredden på veidekket. Broens bredde kan senere utvides ved bare å tilføre nye bjelker og å støpe nytt dekke. Denne brotype kan konstrueres for en hvilken som helst vekt fra det som er nødvendig for en vanlig bygdevei til skogsveier eller hovedveier som må tåle de tyngste tømmerlass eller tungtrafikk.

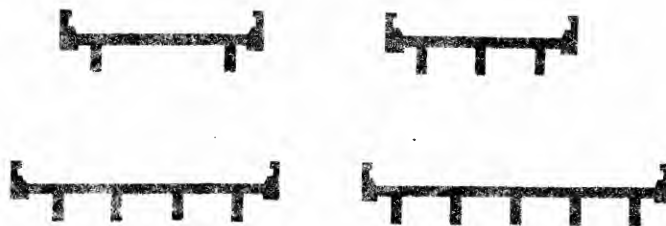
Brodekket blir vanligvis støpt, men for mindre brukte veier kan man også bruke et vanlig tredekke. Et tredekke til dette bruk er vanligvis laminert og består av 2" x 8" på kant, lagt på tvers. Sliteflate for dette dekke er ofte asfalt. For kortvarig bruk kan selv et rent tredekke være tjenelig uten asfaltpålegg.

Et støpt dekke er dog det vanligste, og da det til dette trengs en spesiell forskaling skal vi se litt på dette problem.

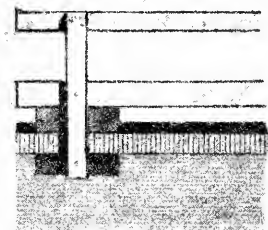
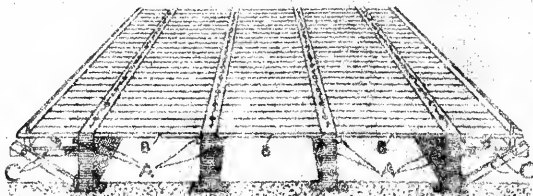
Bjelkebroer med laminerte bjelker.



Støtte til utvendig forskaling er festet til bjelken med en lang bolt (D). Ved fjerning av bolten vil forskalingens vekt løse de øvrige festemidler og forskalingen kan lett heises opp.



Veiens bredde bestemmer antallet og avstanden mellom bjelkene.



Tredelke kan også brukes.

Selve plasseringen av bjelkene på brokarene er tilsynelatende meget enkel på grunn av den relativt lette vekten på trebjelker. Etter at bjelkene er på plass blir anslag for forskaling A, Fig. 19, spikret til bjelkene og et ferdigskåret forskalingsdække lagt jevnt med toppen på bjelkene.

Støtte til utvendig forskaling, C, fig. 19, blir deretter montert. Disse blir holdt på plass med lange bolter som går helt ut til kanten av det støpte dekket, D, fig. 18.

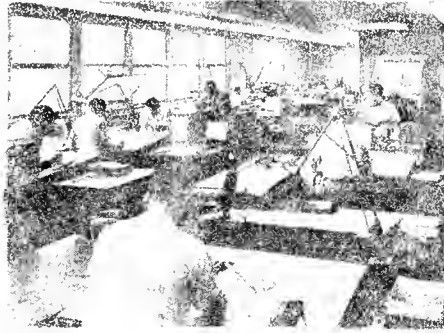
Forskalingen for hoveddekket er som oftest trykkimpregnert og blir ikke fjernet etter at dekket er lagt på. Hvis ønskelig kan det dog fjernes etter at broen er ferdig ved å arbeide fra planker som blir lagt på tvers av bjelkenes tverravstivning eller fra bæretau som senkes fra broen.

Forskalingen for det fribærende dekket blir fjernet ved å arbeide fra brodekket, fig. 18, og oppbevart for senere bruk.

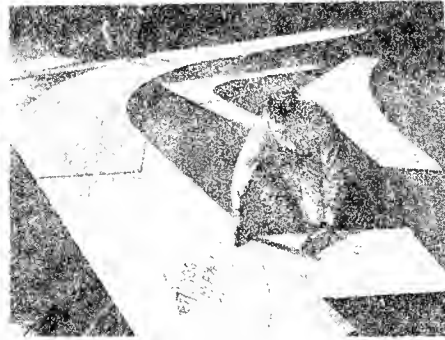
Da alle monteringsoperasjoner blir utført fra toppen av broen, gir disse brotyper minimum forstyrrelse for trafikken under monteringen når de blir brukt for kryssende vei.

L I T T E R A T U R.

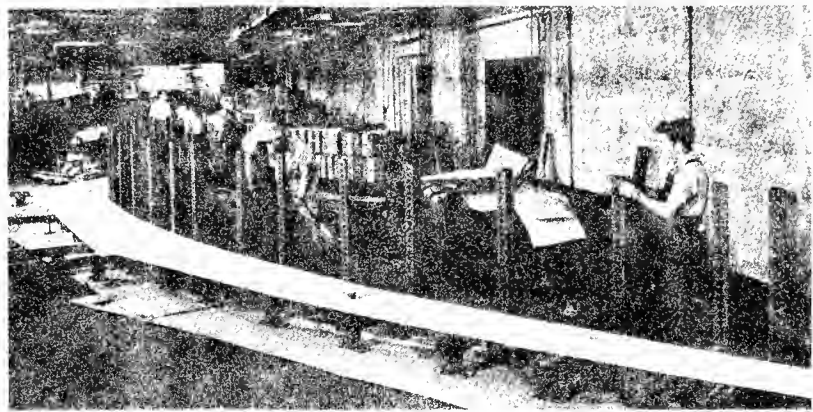
1. Brown, H.P., A.J. Panshin og C.C. Forsaith (1950):
Textbook of Wood Technology, vol. 2. McGraw-Hill
Book Company, Inc., New York. S. 185-227.
2. Bureau of Ships, U.S.Navy Department (1948):
Wood: A manual for its use in wooden vessels. S.93-108.
3. de Bruyne, N.A. (1951): Some basic ideas.
Structural Adhesives. Lange, Maxwell & Stinger LTD.,
London. S. 1-6.
4. Chugg, W.A. (1958): The Structural Glued Laminated
Timber Industries in North America. The Timber
Development Assosiation LTD., London.
5. Fehn, H. (1954): Lim og liming. Norsk Tretknisk
Institutt. Utredning nr. 8. S. 1-85.
6. Freas, A.D., og M.L. Selbo (1954): Fabrication and
Design of Glued Laminated Wood Structural Members.
U.S. Department of Agriculture, Wash. D.C.
7. Martin, R.W. (1956): The Chemistry of Phenolic Resins.
Chapmann & Hall, Limited, London.
8. Raknes, E: Forelesninger om lim og liming ved Norges Tre-
lastskole.
9. Rayner, C.A.A. (1951): An outline of the chemistry of some
synthetic resin adhesives. Structural Adhesives.
Lange, Maxwell & Stinger LTD., London. S. 37-50.
10. Wood Handbook (1955): Forest Products Laboratory,
U.S. Department of Agriculture, Madison, Wisc. S.223-245.



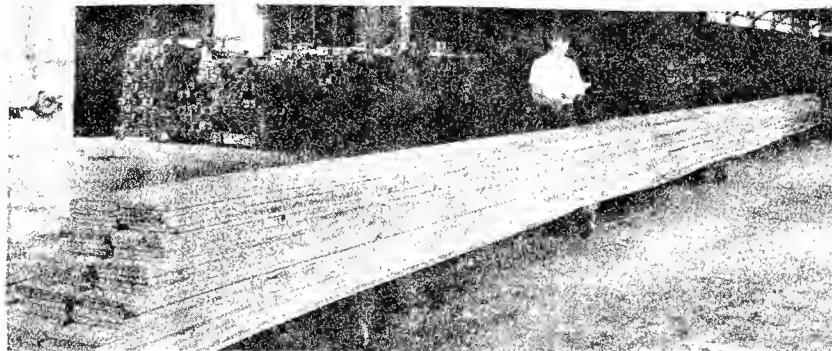
Beregningene utføres.



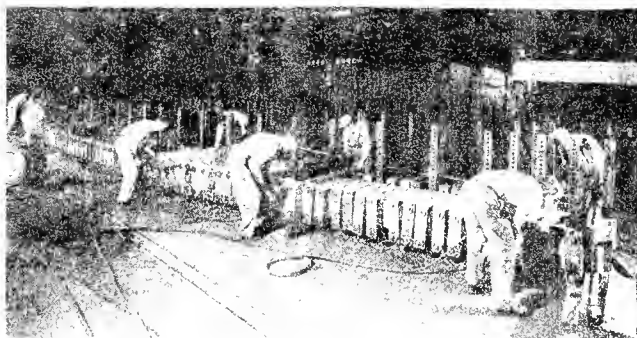
Malen blir ettersett slik at den følger arbeidstegningen til minste detalj.



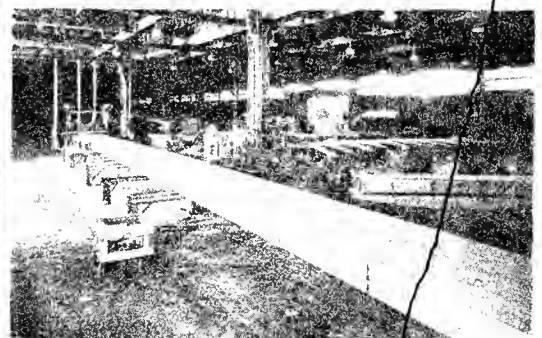
Pressutstyret følger nøye malens størrelse og linjer, og pressbukkene blir omhyggelig forankret til gulvet.



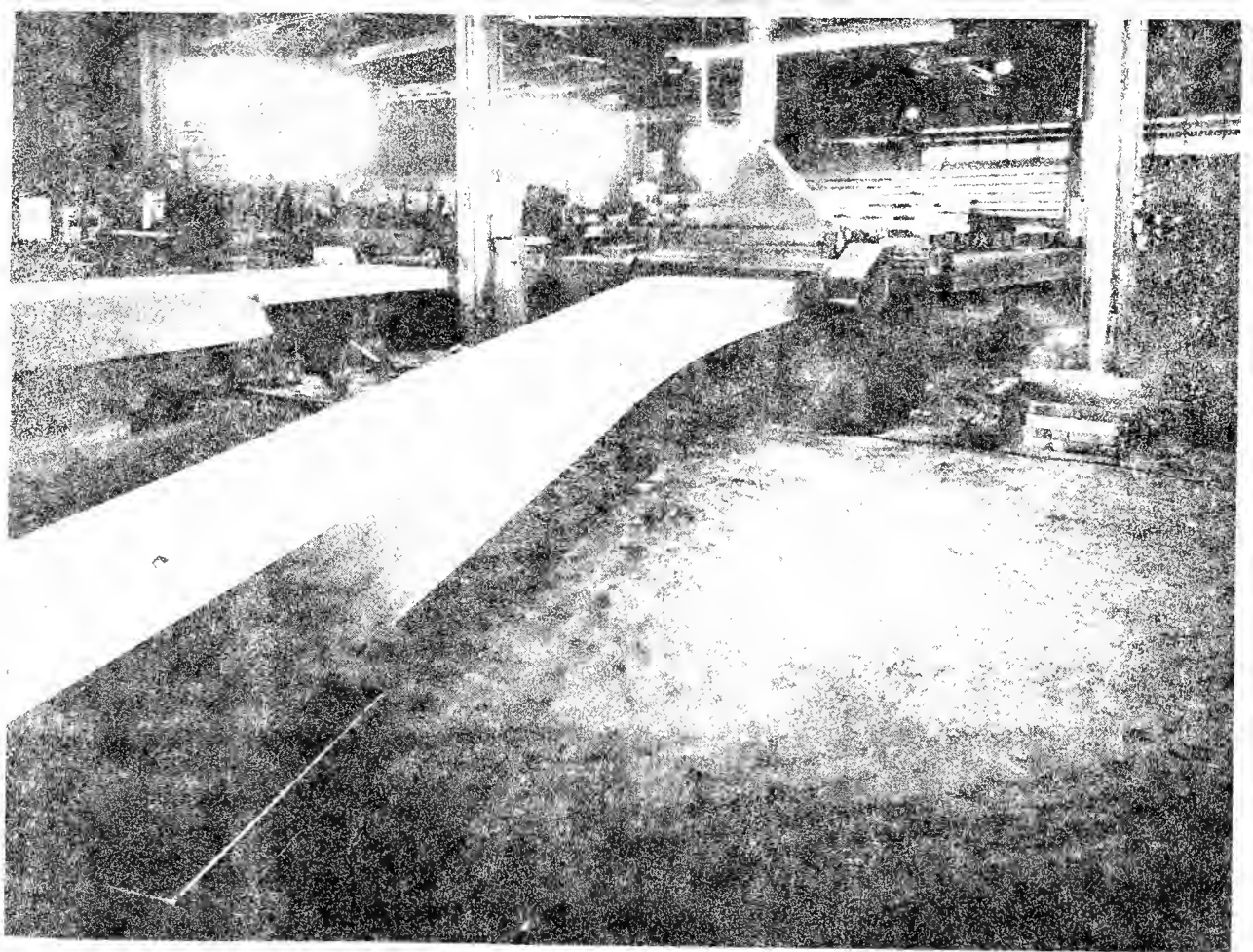
Før laminering legges materialene opp i den rekkefølge de skal brukes.



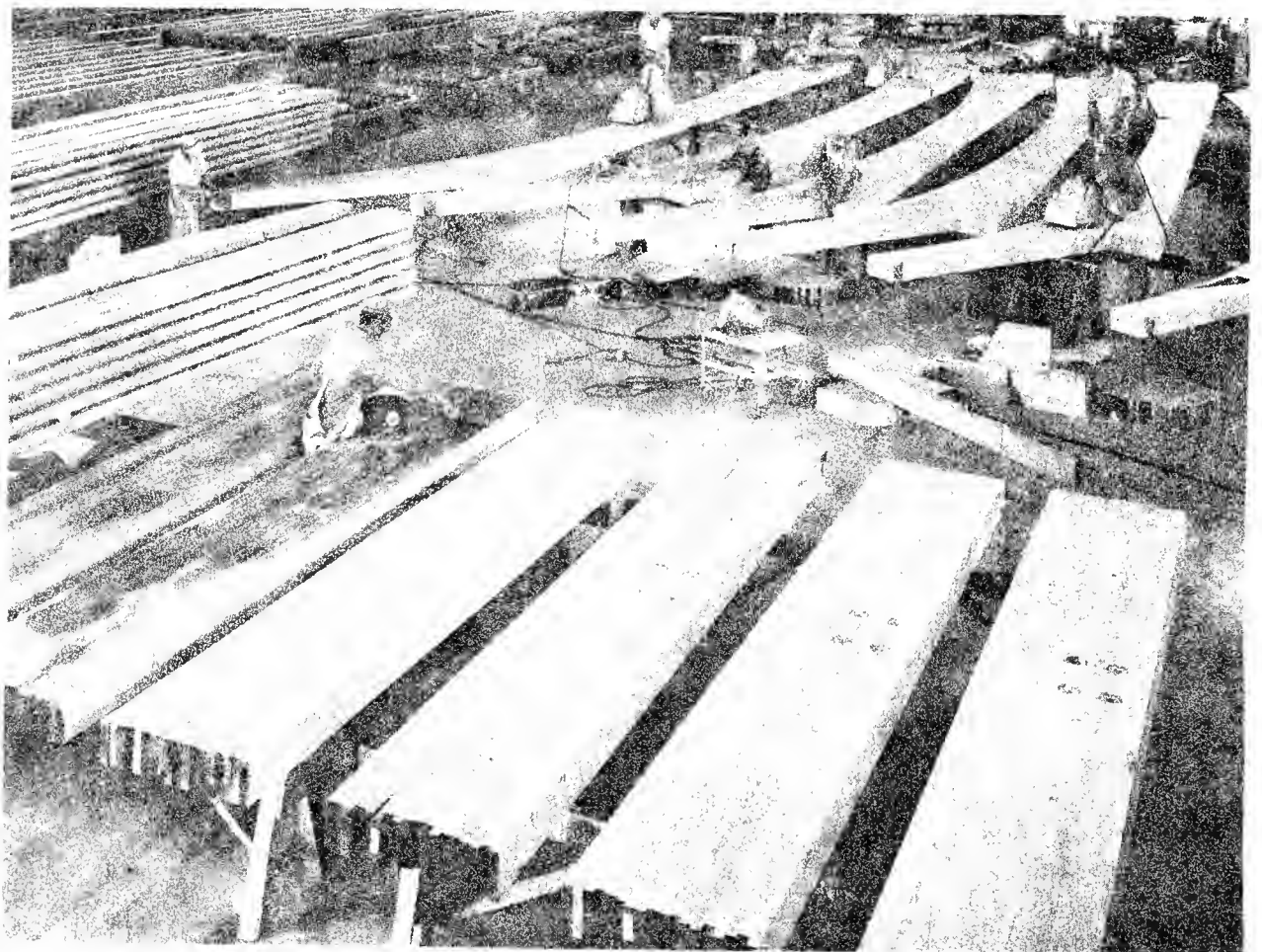
Konstruksjonen legges i press.



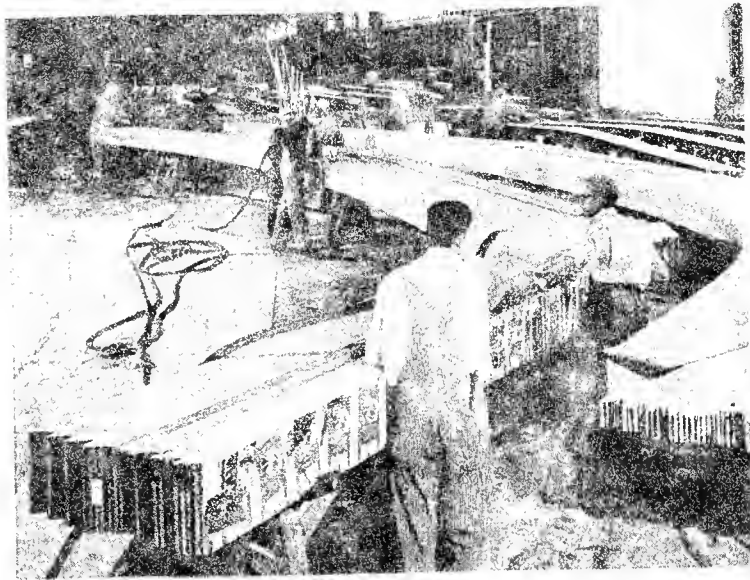
Overflatebehandling av større konstruksjon.



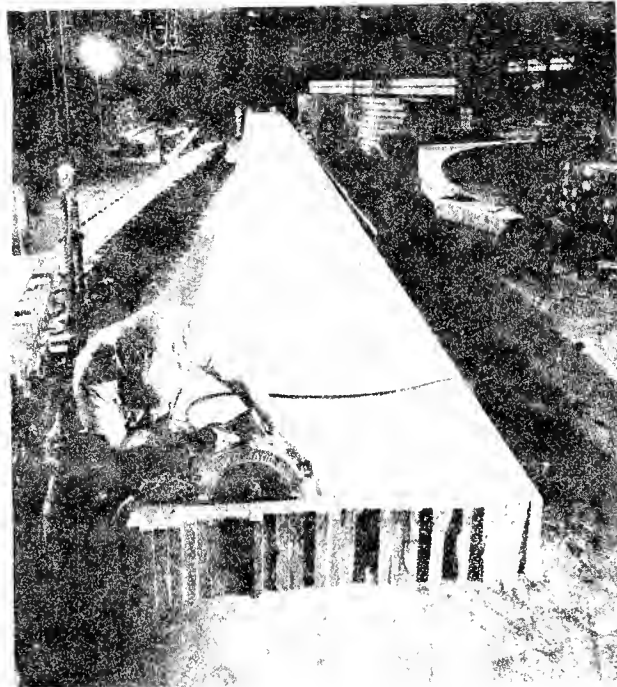
Spesialbygde høvler overflatebehandler selv de største enheter.



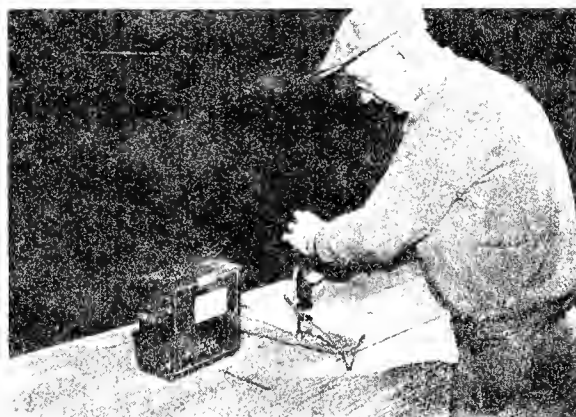
Etterbehandling og tilskjæring av de ferdige laminerte enheter krever stor nøyaktighet og utføres for hånd.



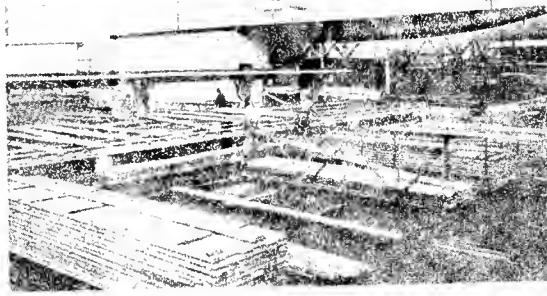
Spesialbygget sirkelsag renskjærer konstruksjonen. På samme tid pusser en høvel konstruksjonens overflate.



Bildet viser fabrikkfremstilling av en 35m lang laminert bjelke. Bjelken renkappes.



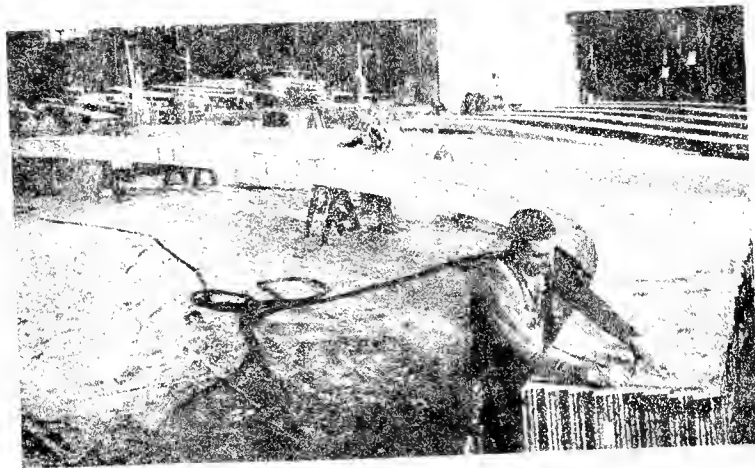
Vanninnholdet i lammellene kontrolleres med elektrisk fuktighetsmåler



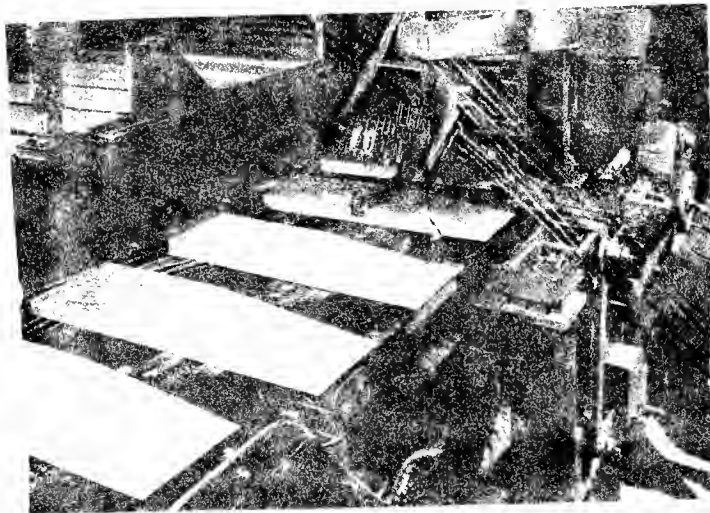
Kvalitets-sortering av materialer.



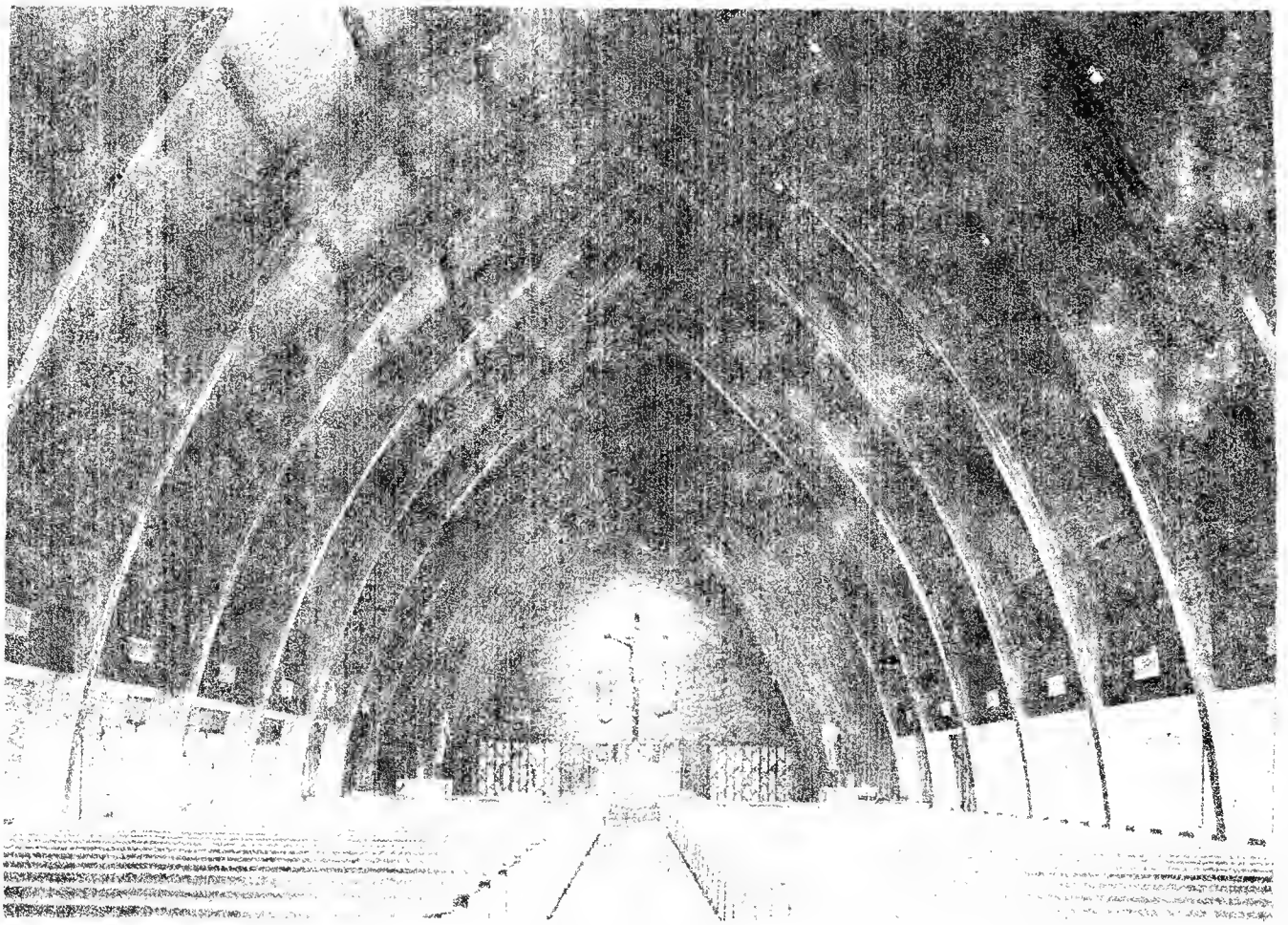
Innpakning av laminerte buer for beskyttelse under transport.



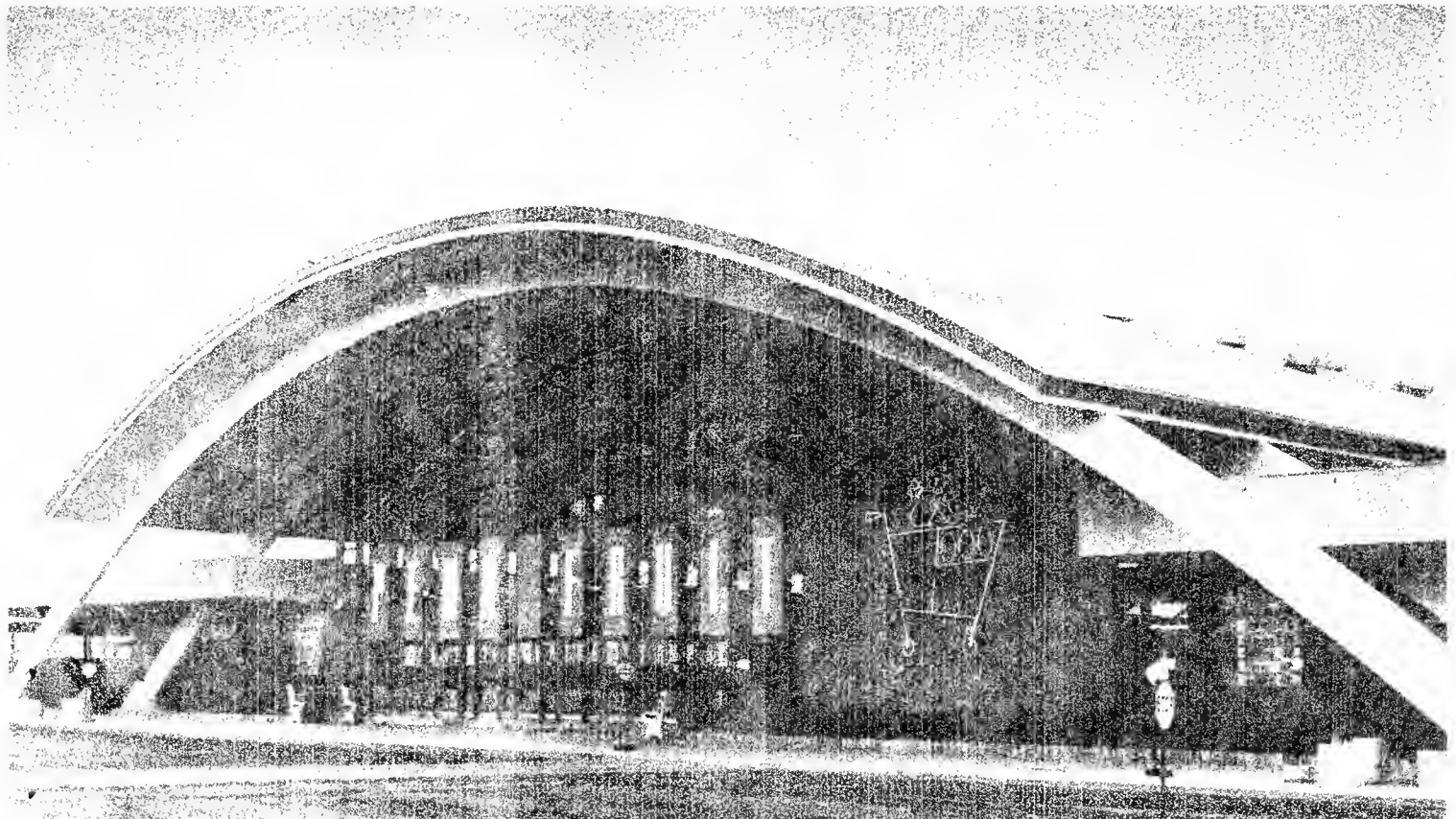
Malen legges over en ferdig laminert konstruksjon for avmerking for tilskjæring og trimming.



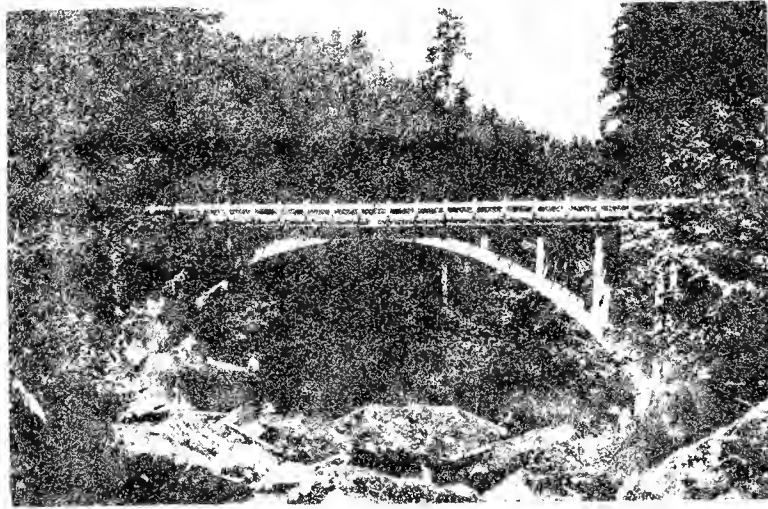
Tilskjæring av bladskjøter.



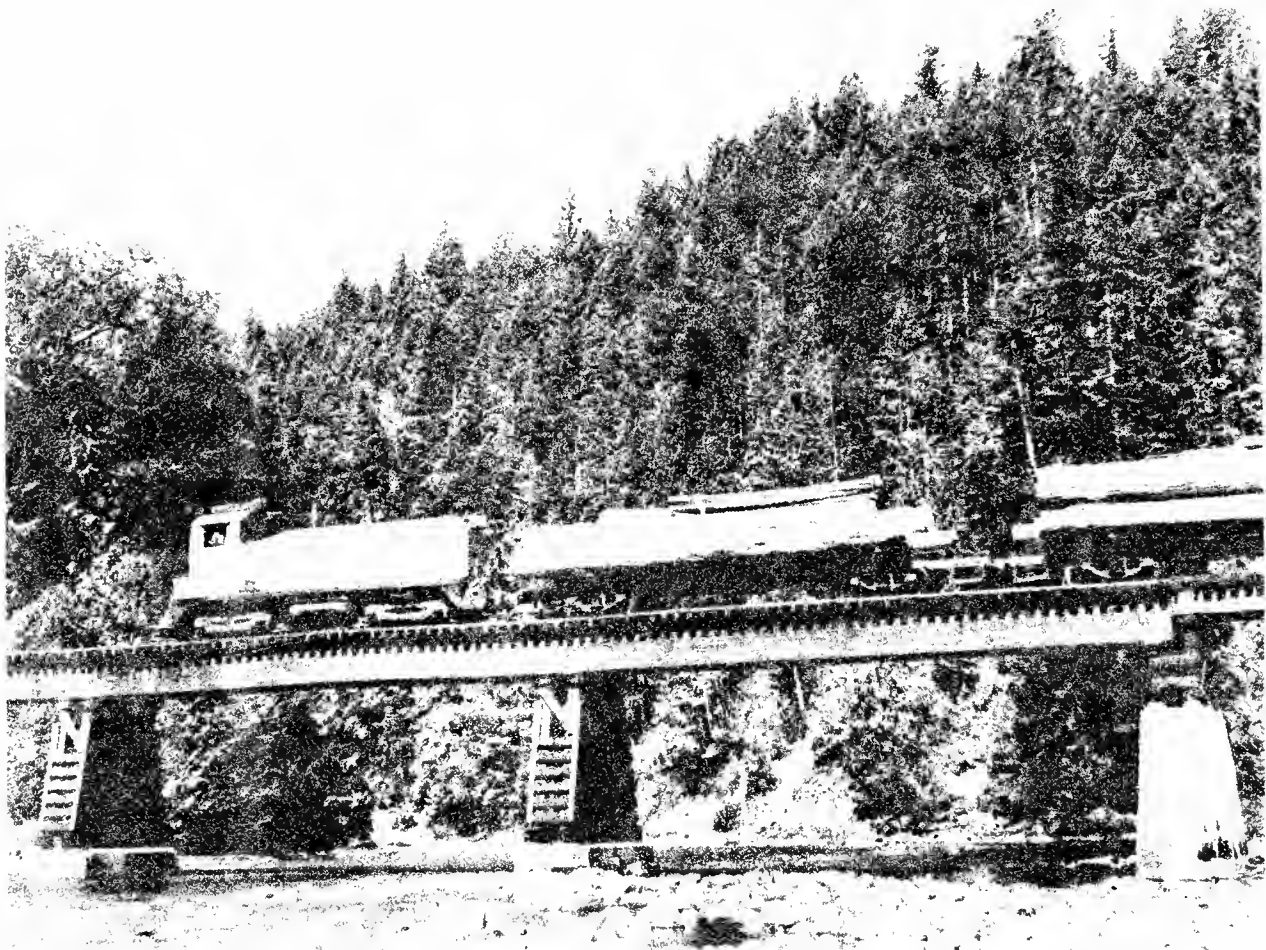
Kirkebygg i laminerte materialer.



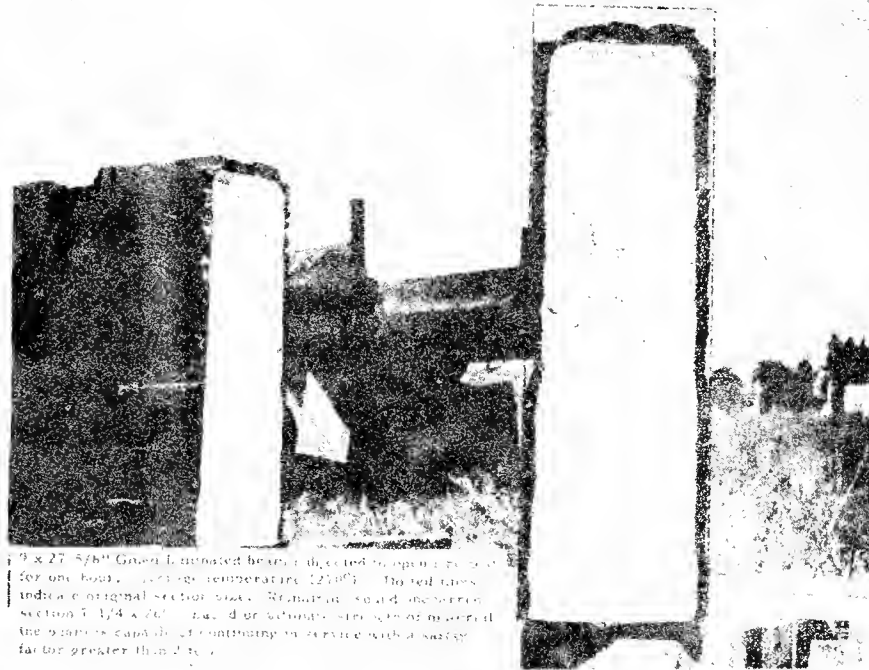
Forretningsbygg.



Bro utført av fullimpregnerte laminerte materialer.

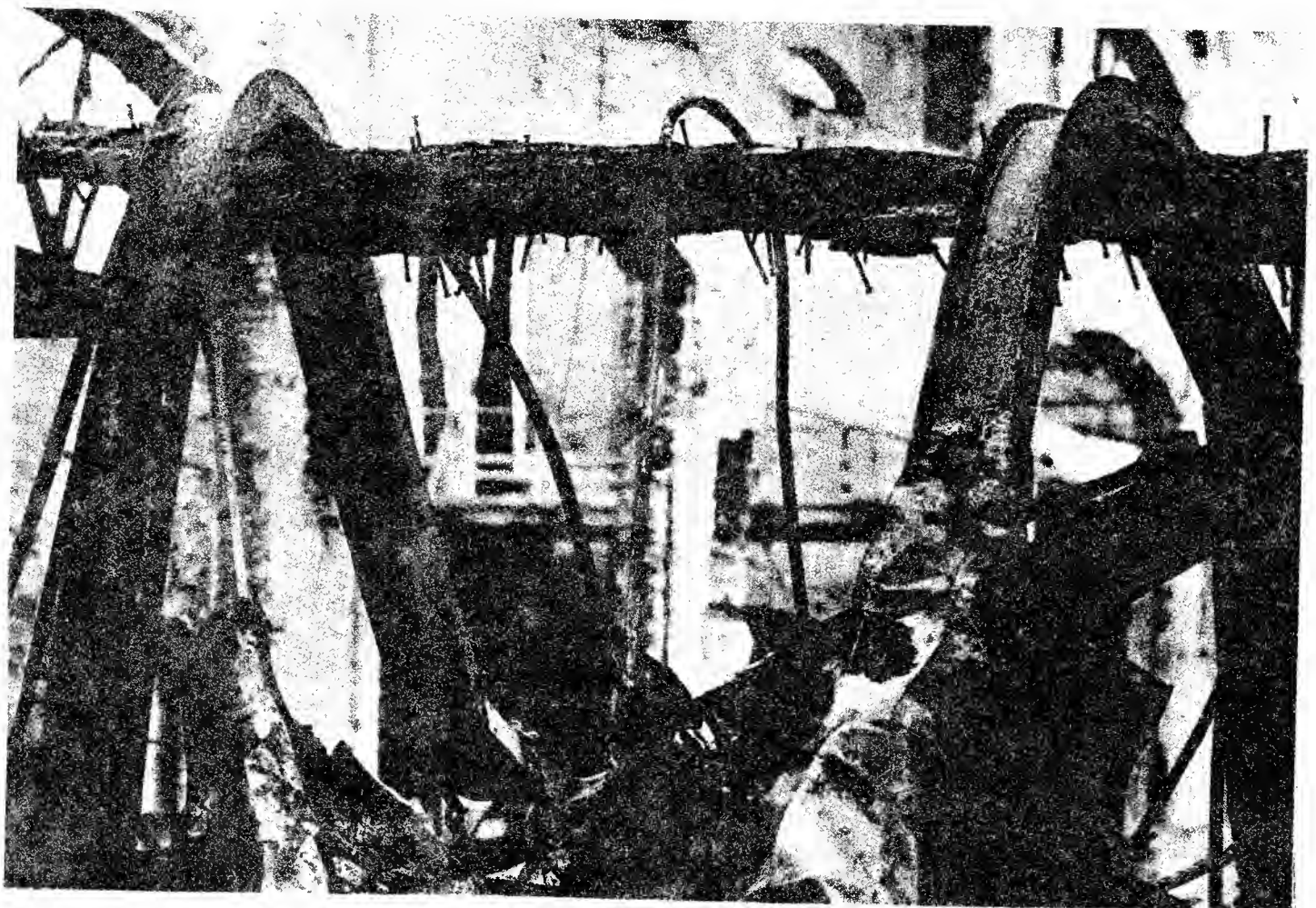


Provisorisk bro av laminerte bjeiker anlagt for fremdrift av tømmer.



9" x 27 5/8" Green laminated beam subjected to open fire for one hour. Average temperature 1270° F. Dotted lines indicate original section size. Remaining solid unburned section 7 1/4" x 26" wide. Although size of material the beams can do at continuing in service with a safety factor greater than 2 to 1.

En 9" x 27 5/8" laminert bjelke som har vært utsatt for åpen varme i en time. Gjennomsnittlig temperatur 1270° F. Stiplede linjer viser opprinnelig størrelse. Ubrøtt flate: 7 1/4" x 26".



Bildet viser hvordan en laminert bjelke fortsatt utfører sin oppgave etter at jernbjelkene har falt sammen tidlig i brannen.

19. 2. 70.

Ullevaltsky.

Laminering og lim.

Krysslagt finer: 90° vinkel mellem fiberretningene.



Fiberretning
vinkelrett.

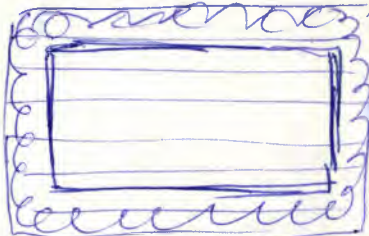
Laminert konstruksjon:



parallel
fiberretning.

→ 40-50cm. lengde.

Stor motstandsdyktighet mot brann. Mer motstandsdyktig mot brann og varme ved brann i industribygg.



Kare forhulling
på utsiden.

Bedre utrykthet av vater.



neutralplanet.

Kan legge dårligste kvalitet inne i konstruksjonen.

Systemet ved laminert konstruksjon øker

40%

kjemisk resistens. Unødvendig korrosjon.

(Saltimpreg.)
Impregnering av lver enkelt banel. Konstruktiv
fullimpregnering.

Kausk. serieprod. Farkodage.

Marine plywood. Kohesivum i 3t. utan a
influen pa (limet)limningen.

Kohesion - og adhesjons krefter, PENSON!

1. Mekanisk adhesjon

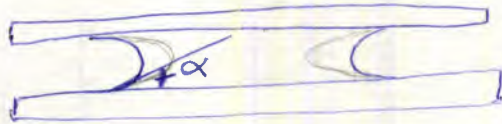
Res av inntreng av lim i veden.
Liten del av styrken.

2. Spesifikk adhesjon

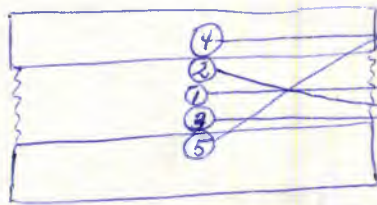
Mellom atomene i trevirket og limet.

Tiltalende overflate.

Best. av limets evne til a fukte treet.



Des bedre limet fuktes veden, des mindre
blir vinkelen α (fulst. vinkel).



Mekanisk adhesjon

Limets styrke

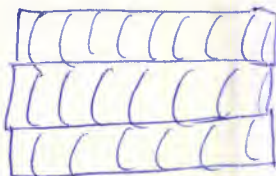
Forbinding lim + ved
(spes. adhesjon)

Ja sa dynt limfuge som mulig. Des mindre
behøver vi like pa selve limets styrke.

SKKE i KOMPENDIET:

NB!

Krymping - swelling:

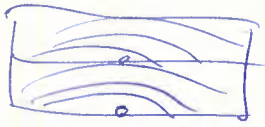


Kantskarent bord

Riktig!

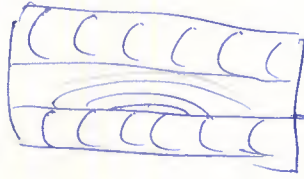
19.2.70.

Riktig :



Flaskskären.

Feil:



Ujævne overflate.

Hver enkelt lamell skal arbeide likt. Her får vi spenninger på limfugen.

Tangenten til åringene skal være mest mulig parallell.



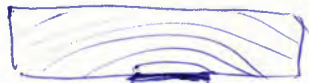
Kant

Flaskbond på kantsant.



Kant

Radial krymping.



tangential krymping



Feil:



tangential krymping



Rad. krymping.

25. 2. 70.

Utlevalstør.

Limkjemi hopper over.

S. 28 lese litt igjen.

→ s. 46.

S. 60: Krev til trevirke.

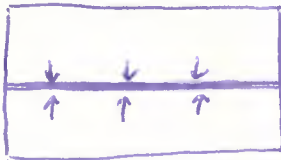
→ s. 75.

Limning og laminering.

Utvendig kule fukt. 14-15%

Max. grense for god limfuge

Summendig (ex. møbelplater) 8-9% fukt.

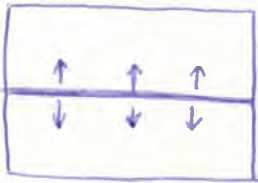


Fukt.

14% → 19-20%

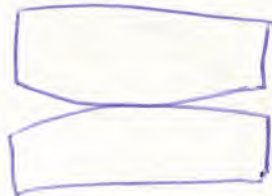
14% → 19-20%

Swelling gir trykk på limfugen.



14% → 10%

14% → 10%



Krympning:

Depresjon på limfugen. UTVENDIG. Det verste er fôr.

Tritt vann rett til trevirket inncho. ca. 27% fukt.

Da først begynner KRYMPNINGEN.

Ettermåtningspunktet.

Fingerslijting

Mat av metall:



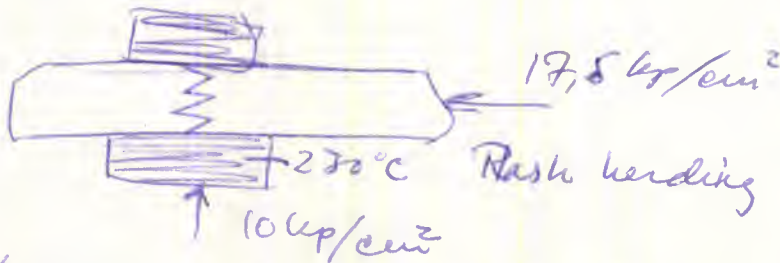
(→ 2" x 4")
 Skive tykkelse
 Fall
 Varmtids tryk av mat.

Brenner nærmest ut fingrene.

Tår helt like fingre.

70 kg/cm²
 med varme
 = tid 2 sek.
 Trykk på 350 kg/cm²
 u/varme.
 = tid 5 sek.

Presse:



Tid = 45-50 sek.

Store konstruksjoner (laminerte) fortrekkes
 å bruke bladslijtt store materialbesparelse.

Når slike slijtede matr. skal lamineres,
 brukes en bare en forherding av
 bladslijten.

LIMTYPER:

1. Herdende lim

~~Kasein~~ lim

2. Termoplastisk lim

Ureaformaldehydlim

Kontaklim etc.

Knollim
 Resorcinlim

Kolefaste

alt utvendig bruk.

Spilket laminering

Skal tale 3 timer i
 Ublende varm u/a fa
 shade.

~~Ureafaste~~
 (lim) kolefaste

