



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

R49:1973

TEKNISKA HÖGSKOLAN I LUND
SEKTIONEN FÖR VÄG- OCH VATTEN
BIBLIOTEKET

**Fingerskarvning
av virke och plywood**

Bert-Ola Ivansson & Hans Ström

Byggforskningen

Fingerskarvning av virke och plywood

Bert-Ola Ivansson & Hans Ström

Målsättningen för detta arbete har dels varit att utveckla nya typer av fingerskarvar, en mycket kort skarv för skarvning av massivvirke och en skarvmetod för skarvning av plywood och liknande material, dels att utveckla mer produktionsanpassade metoder för användning av olika gängse typer av fingerskarvprofiler. Det har då framför allt gällt olika metoder för att öka kapaciteten hos gängse typer av fingerskarvningslinjer och minska behovet av uppvärmda lagerutrymmen. Detta kan göras genom att värme tillförs i anslutning till själva skarvningen. I detta arbete har därvidlag främst studerats effekterna av skarvvärmning i ett dielektriskt högfrekvent fält (HF). Arbetena har mestadels gjorts i laboratorieskala men resultaten har verifierats i industriella applikationer.

Behovet av att ändskarva trä, dvs. skarva trä i längdriktningen utan att ändra tvärsnittsdimensionerna har funnits under lång tid. Många försök har gjorts med stumfogar, den självfallet mest eleganta lösningen. Ännu har emellertid ingen lyckats nå målet att på detta sätt framställa en fog vars hållfasthet närmar sig träets egen.

Träets struktur och hållfasthetsegenskaper är sådana att bästa resultat nås vid limning sidträ mot sidträ. Snedskarven är en kompromiss mellan sådan parallellimning och stumfogning. De ändtytor som skall sammanfogas ges en lutning, vanligen mellan 1:8 och 1:20, vilket ger två fördelar: dels sker limningen mellan ytor som i det närmaste är parallella med fiberriktningen, dels ökar fogytan kraftigt jämfört med stumskarven. Dessutom förändras påkänningsförhållandena i fogen; medan limförbandet i en stumfog för en viss typ av belastning utsätts för tryck- eller dragspänningar, påverkas det i snedskarven till största delen av skjvuspänningar. Nackdelarna med snedskarven är framförallt att den är materialkrävande samt relativt besvärlig att framställa.

För att minska virkesförlusterna började man inom snickeriindustrin på 1920-talet att "veckla" snedskarven, dvs. man gjorde ett slags sinkfog. För vissa ändamål var denna skarv tillfyllest, men där man hade höga krav på hållfasthet kunde den ej användas.

I slutet av 1940-talet hade man emellertid gjort sådana framsteg på området

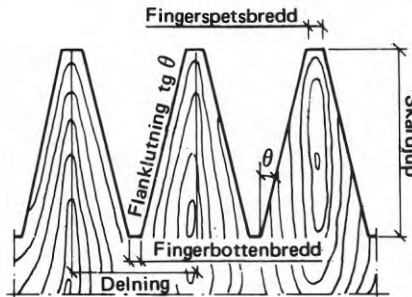


FIG. 1 Fingerskarv.

att den veckade snedskarven, fingerskarven som den kom att kallas, kunde börja användas i viss utsträckning även i konstruktionsvirke. Denna utveckling fortsatte och 1960 kunde man i Tyskland, som första nation, fastställa en norm, DIN 68140, där geometrin hos och sättet för framställning av fingerskarvar specificerades för olika hållfasthetsklasser. Under 1960-talet har många forskare över hela världen ägnat sig åt att utveckla fingerskarvningstekniken.

Inom ramen för det arbete som redovisas i denna rapport har för ändskarvning av virke utvecklats en fingerskarv kännetecknad av att längden är endast ca 8 mm och fingerspetsbredden ca 0,2 mm. Skarven kännetecknas dessutom av att den tål sammanpressning med högt tryck, upp mot 200 kp/cm²*, och får därigenom hög hållfasthet omedelbart efter kall sammanpressning (initialhållfasthet) vilket vid många användningar har stor betydelse. Skarvens sluthållfasthet är fullt i klass med de bästa andra förekommande skarvtyper.

Skarven skiljer sig avsevärt från hittills vanligen använda fingerskarvar vad beträffar initialhållfasthet och det vid tillverkningen använda mycket höga presstrycket. På grund av profilgeometrin krävs för denna skarv ej heller något sidopresstryck vid limningen för att förhindra försvagande utböjningar av profilernas yttre delar.

Även en ny metod för framställning av lamellerade produkter med hjälp av mycket små fingerskarvprofiler har utvecklats. Denna metod har kommit till praktisk industriell användning.

För fingerskarvning av plywood har utvecklats en metod enligt vilken det är

* 1 kp/cm² = 98,1 kN/m²

Byggforskningen Sammanfattningar

R49:1973

Nyckelord:

trä, massivvirke, lameller (plywood), ändskarvning (fingerskarvning), limteknik, metodutveckling

Rapport R49:1973 hänför sig till anslag C 833 från Statens råd för byggnadsforskning till professor Hilding Brose-nius, KTH.

UDK 694.2:674.028.9
SfB Hi, Ri4
ISBN 91-540-2166-9

Sammanfattning av:

Ivansson, B-O & Ström, H, 1973, *Fingerskarvning av virke och plywood*. (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Rapport R49:1973, 120 s., ill. 23 kr.

Rapporten är skriven på svenska med svensk och engelsk sammanfattning.

Distribution:

Svensk Byggtjänst
Box 1403, 111 84 Stockholm
Telefon 08-24 28 60

Grupp: konstruktion

möjligt att skarva plywood så att hållfastheten blir fullt jämförbar med hållfastheten hos en konventionell snedskarv. Fingerskarven är självstyrande och lämpar sig därför till automatiserad skarvning. En tänkbar princip för tillverkning av s.k. diagonalplywood har skisserats.

Vid jämförande provning av en ny finsk fingerskarv med fingerprofilerna orienterade diagonalt i tvärsnittet och en skarv med konventionell utformning har det visat sig att den s.k. diagonalskarven är gynnsam så till vida att den erhåller hög hållfasthet utan användande av sidotryck vid skarvsammanpressningen. Skarvtypen är emellertid inte enkelt användbar vid gängse maskinanläggningar.

Vid undersökning av möjligheterna att i ett dielektriskt växelfält förvärma virke före fingerskarvning för att påskynda limfogens styrketillväxt har konstaterats att virkestemperaturen relativt enkelt kan höjas till ca + 100°C. Hållfastheten några minuter efter sammanpressning blir härigenom väsentligt högre än utan denna uppvärmning, vilket möjliggör hantering av virket. Hög sluthållfasthet kan uppnås även vid efterlagring i icke uppvärmd lokal.

Undersökning av lågtemperaturhårdande lim av resorcinoltyp har visat att något modifierade lim ger god hållfasthet även vid limning vid temperaturer nära 0°C.

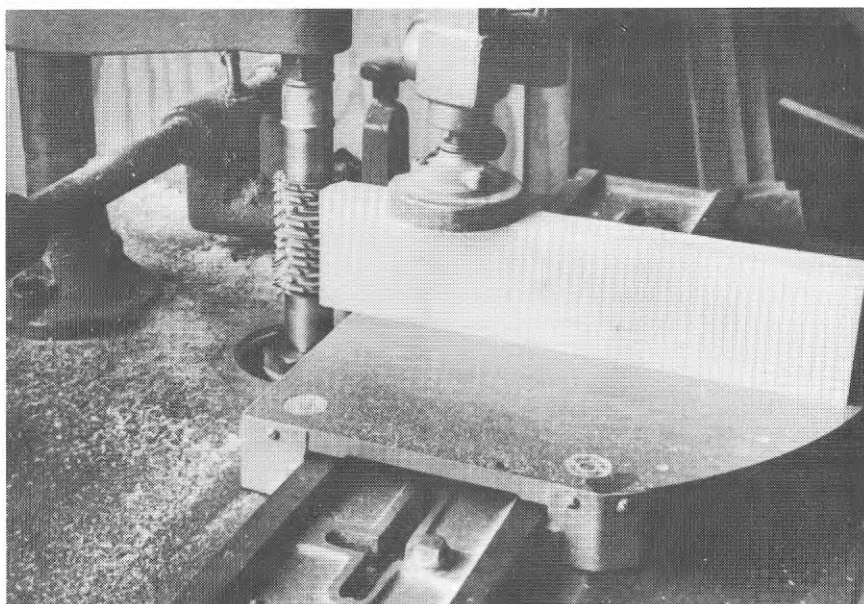


FIG. 2 Fräsmaskin med uppspanningsbord.

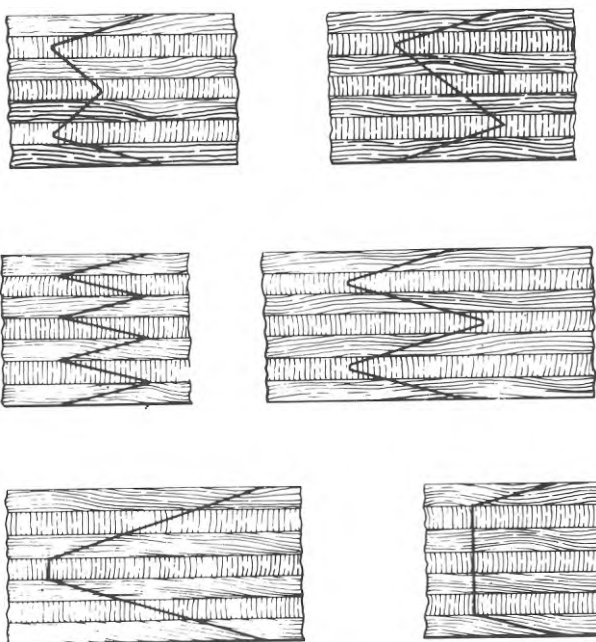


FIG. 3 Exempel på tänkbara skarvutformningar.

Finger jointing of timber and plywood

Bert-Ola Ivansson & Hans Ström

National Swedish Building Research Summaries

R49:1973

The object of this work has partly been to develop new types of finger joints, one very short for the jointing of solid wood and one for the jointing of plywood and similar materials, and partly to develop methods that are better adapted to production using different kinds of finger joint profiles. In this particular area the work has concentrated mainly on different methods of raising the production capacity for commonly used finger jointing machine lines and to lessen the need for heated storage space. This can be done by adding heat to the work-pieces at the moment of jointing or shortly before that. This work has mainly dealt with the effects created by a radio frequency dielectric field (RF) when heating finger joints. The studies have mainly been conducted on a laboratory scale. Results have been tested in industrial applications and verified.

The necessity to joint wood longitudinally without changing the cross section has been present for a long time. Several attempts have been made to use the butt joint, obviously the simplest solution, but so far no one has reached the goal of producing a butt joint with a strength that approaches that of wood.

Wood is strongest in the direction of the fibres, which means that in order to obtain the highest strength the joint should be parallel to this direction. The scarf joint is a compromise between such a "parallel joint" and a butt joint. The surfaces that are to be jointed are sloped, usually between 1:8 and 1:20, thus offering two advantages: the surfaces are close to parallel to the direction of the fibres, and the area of the surface is, compared to a butt joint, considerably increased. Moreover, the stresses in the joint are different; while a butt joint is exposed to compression or tension stresses the scarf joint is exposed to shear stresses. The great disadvantage of the scarf joint is that it is wasteful of material and also that it is fairly complicated to manufacture.

In order to save material the joinery industry started to "fold" the scarf joint in the 1920's. The joint was considered sufficient for this industry, but not for other industries with higher strength requirements.

By the end of the 1940's, however, the quality of the finger joint had been improved up to the point where it to some extent could be used for structural purposes. This development continued and in 1960 Germany, as the first country in the world, ratified a standard, DIN 68140, in which the geometry of

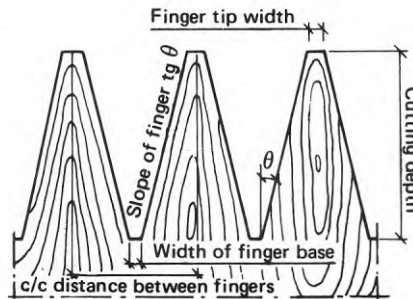


FIG. 1 Finger joint.

and the way to produce finger joints were specified in different strength categories. During the 1960's many researchers all over the world dedicated themselves to the development of the finger jointing technique.

The work described in this report included the development of a finger joint for the purpose of end jointing of timber. This joint is characterized by the length which is only about 8 mm and the finger tip width which is only about 0.2 mm. Besides that the joint is characterized by that it allows high mating pressure, up to about 200 kgf/cm²*, thus gaining high initial strength. This feature is in many applications of great importance. The ultimate strength of the joint is fully comparable with that of the best joints in industrial use.

The joint is considerably different from the finger joints now in common use regarding initial strength and the very high mating pressure applied. The profile geometry of this joint also ensures proper glueing of all fingers even without applying clamping pressure perpendicular to the longitudinal axis.

A new method for production of glue-lam members using very small finger profiles has also been developed.

For finger jointing of plywood a method has been developed on which it is possible to joint plywood achieving a joint strength that fully equals that of a conventional scarf joint. The finger joint, however, is self-positioning and thus suitable for mass production. A feasible principle for production of so

Key words:

timber, solid timber, plywood, butt jointing (finger jointing), methods development

Report R49:1973 has been financed through Grant C 833 from the Swedish Council for Building Research to Professor Hilding Brosenius, KTH, Stockholm.

UDC 694.2:674.028.9
SfB Hi, Ri4
ISBN 91-540-2166-9

Summary of:

Ivansson, B-O & Ström, H, 1973, *Fingerskarvning av virke och plywood*. Finger jointing of timber and plywood. (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Report R49:1973, 120 p., ill. 23 Sw. Kr.

The report is in Swedish with summaries in Swedish and English.

Distribution:

Svensk Byggtjänst
Box 1403, S-111 84 Stockholm
Sweden

* 1 kgf/cm² = 98.1 kN/m²

called diagonal plywood has been outlined.

In the studies on preheating the timber ends by the means of RF-energy before jointing it has been established that it is quite easy to reach approximately $+ 100^{\circ}\text{C}$. This means that the strength a few minutes after jointing is enough to allow further processing. A high ultimate strength may be obtained even if the jointed timber is stored in a cold place.

A series of tests of certain modified resorcinol glues has shown that it is possible to obtain high quality joints even if the temperature is near the freezing point.

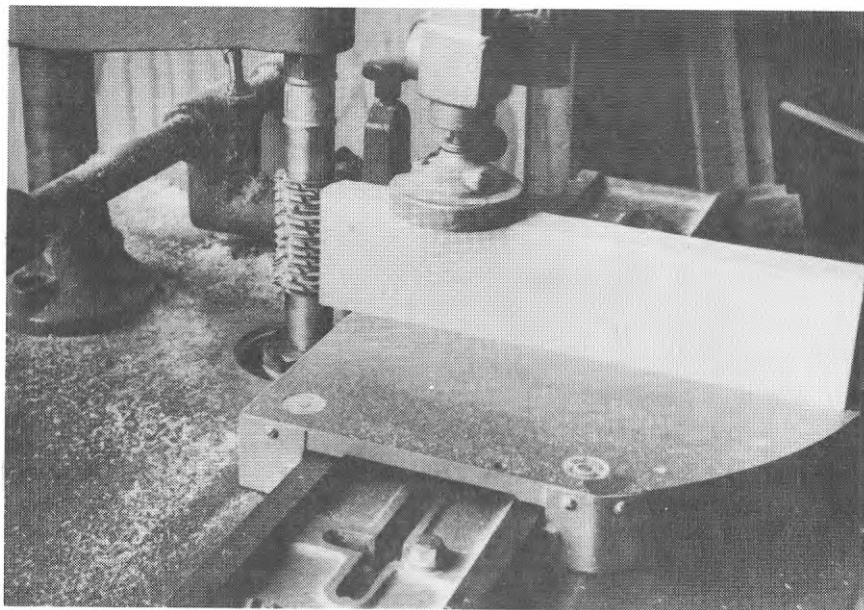


FIG. 2 Machine for cutting the fingers.

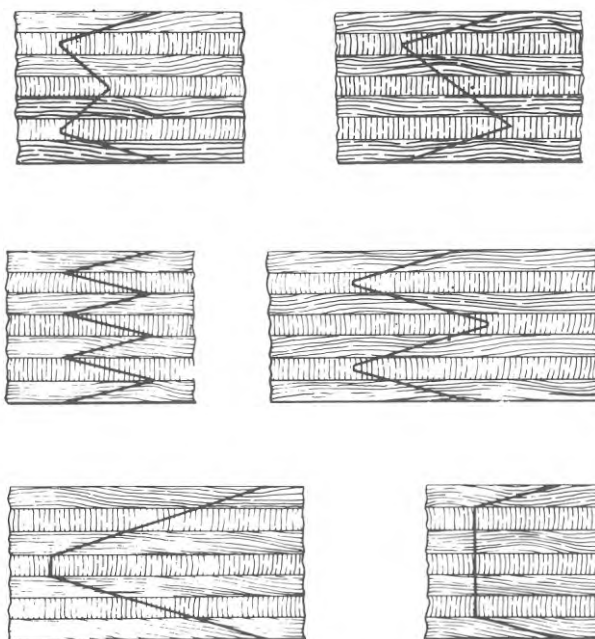


FIG. 3 Examples of different possible joint designs.

Rapport R49:1973

FINGERSKARVNING AV VIRKE OCH PLYWOOD

FINGER JOINTING OF TIMBER AND PLYWOOD

av Bert-Ola Ivansson & Hans Ström

Denna rapport avser anslag C 833 från Statens råd för byggnadsforskning till professor Hilding Brosenius, KTH. Försäljningsintäkterna tillfaller fonden för byggnadsforskning.

Statens institut för byggnadsforskning, Stockholm
ISBN 91-540-2166-9

Rotobekman AB, Stockholm 1973

FÖRORD

I föreliggande rapport redovisas arbeten som skett vid Institutionen för Byggnadsteknik, KTH, inom området skarvning av virke och plywood. Arbetet har efterhand redovisats i form av uppsatser i olika facktidskrifter.

Arbetet initierades ursprungligen av professor J. E. Marian, Berkeley University of California, som även personligen deltog i arbetet under åren 1966-1967. Arbetets fortsättande efter 1967 har kunnat ske främst tack vare professor Hilding Brose-nius' aktiva intresse för träkonstruktiv forskning.

Arbetet har i de delar som redovisas under kap. 1 och 2 gjorts gemensamt av författarna, medan det arbete som redovisas i kap. 3 helt har letts av B. -O. Ivansson.

Provningar och utvärdering av provningsresultat har under arbetets senare hälft förtjänstfullt utförts av ingenjör Rolf Reuter-wall.

I det inledande skedet, under professor Marians deltagande, finansierades arbetet genom dåvarande Statens Tekniska Forskningsråd, därefter har Statens Råd för Byggnadsforskning stött arbetet.

Vi vill framföra vårt tack till alla, enskilda och företag, som genom sin medverkan bidragit till arbetets genomförande.

Stockholm 1972

Bert-Ola Ivansson Hans Ström

INNEHÅLL

1	FINGERSKARVNING - EN METOD ATT ÄNDSKARVA TRÄ	7
1.1	Ändskarvning	7
1.2	Fingerskarvning, definition och allmänna synpunkter	11
1.3	Framställningsprinciper	13
1.4	Limning	13
1.5	Provningsmetoder	15
1.6	Utveckling av fingerskarvningstekniken i Europa	20
1.7	Utveckling av fingerskarvningstekniken i USA	21
1.7.1	Skarvningsteknik och skarvgeometri	22
1.7.2	Maskiner och verktyg	25
1.7.3	Normer	26
1.7.4	Situationen idag och i morgon	28
2	EN NY FINGERSKARVNINGSMETOD UTVECKLAD VID KTH	33
2.1	Bakgrund	33
2.1.1	Verktyg	33
2.1.2	Konventionell fingerskarvning	35
2.2	Tillverkning av fingerskarvar	36
2.2.1	Framställning av fingerprofiler	36
2.2.2	Limning	37
2.2.3	Sammanpressning	38
2.3	Orienterande provningar	39
2.4	Initialhållfasthet	41
2.4.1	Inverkan av presstryck, limtyp och tid	42
2.4.2	Inverkan av fingerlängd och flanklutning	45
2.4.3	Jämförelse med konventionella fingerskarvar	46
2.5	Sluthållfasthet	48
2.5.1	Böjhållfasthet	48
2.5.2	Draghållfasthet	49
2.6	Jämförelse med en 35 mm lång fingerskarv	51
2.6.1	Initialhållfasthet	52
2.6.2	Sluthållfasthet	52
2.6.3	Kommentar	53
2.7	Användningsområden	54
2.8	Kommentar	55
3	KOMPLETTERANDE ARBETEN INOM FINGERSKARVNINGSOMRÅDET	56
3.1	Bakgrund	56
3.2	Hållfastheten hos fingerskarvar limmade med olika lim vid olika temperaturer	56
3.2.1	Orienterande provningar	56
3.2.2	Fingerskarvning med lågtemperaturhärdande resorcinollim	59
3.2.3	Kommentar	61
3.3	Limträtillverkning genom fingerskarvning av flatsidorna	62
3.3.1	Fräsning, limning, pressning	63
3.3.2	Kommentar	65

3.4	Diagonalfingerskarvar	67
3.4.1	Allmänt	67
3.4.2	Försökens uppläggning	68
3.4.3	Försökens genomförande	70
3.4.4	Försöksresultat	71
3.4.5	Kommentarer till resultaten	71
3.4.6	Sammanfattning	74
3.5	Metod för förvärmning av virke i samband med fingerskarvning	75
3.5.1	Allmänt	75
3.5.2	Undersökningens uppläggning och omfattning	77
3.5.3	Försöksapparaturen	77
3.5.4	Provmaterial	79
3.5.5	Försökens utförande	80
3.5.6	Resultat	84
3.5.7	Sammanfattning	91
3.6	Skarvning av plywood	91
3.6.1	Allmänt	91
3.6.2	Konventionell skarvning med snedskarv	92
3.6.3	Skarvning med fingerskarv	93
3.6.4	Fingerskarvningsmetod utvecklad vid KTH	94
3.6.5	Hållfasthetsprovningar	104
3.6.6	Diagonalplywood	113
3.6.7	Kommentar	114
	LITTERATUR	115

I rapporten har det äldre sortsystemet med kp och kp/cm² använts. Enligt beslut av Sveriges Standardiseringskommission skall numera det internationella SI-systemet användas och motsvarande sorter vara N och N/m². Följande omräkningsfaktorer gäller ungefärligen.

$$1 \text{ kp} = 10 \text{ N (noggrannare 9,81)}$$

$$1 \text{ kp/cm}^2 = 1 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 = 100 \text{ kN/m}^2 \text{ (noggrannare 98,1 kN/m}^2)$$

The older system of units employing kgf and kgf/cm² has been used in the Report. According to a resolution by the Swedish Standards Institute, the international SI system is to be used, and the corresponding units are to be N and N/m². The following conversion factors are approximately valid.

$$1 \text{ kgf} = 10 \text{ N (more accurately 9.81)}$$

$$1 \text{ kgf/cm}^2 = 1 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 = 100 \text{ kN/m}^2 \text{ (more accurately 98.1 kN/m}^2)$$

1 FINGERSKARVNING - EN METOD

ATT ÄNDSKARVA TRÄ

1.1 ÄNDSKARVNING

Människan har inom de flesta områden efter hand fått allt större krav på sin omgivning. Detta har fört med sig att hon ständigt fått ta till konster och knep för att hjälpa naturen uppfylla dessa krav.

Vad beträffar träkonstruktioner så har man ända fram till 1900-talets början i stort sett varit bunden till de längder som har getts av det växande trädet. Ett första steg mot att övervinna denna begränsning togs genom att man gjorde överlappsfogar som till att börja med fixerades med tågvirke, senare med järnband och bult.

I och med att Hetzer i Weimar omkring 1905 utvecklade en metod för att framställa vad vi idag kallar limträ, lamellerade massiva balkar och pelare, genom sammanlimning av klenare virke, uppstod ett akut behov av att på ett smidigt sätt kunna skarva detta klenare virke i längsled så att man utan förändring av tvärsektionen fick en skarv som i hållfasthet kunde mäta sig med det oskarvade träets.

Det vore givetvis mest elegant om man kunde göra en enkel stumfog, dvs. limma samman ändtvärsnitten direkt som de är efter kapning. Detta problem har länge varit föremål för forskning men man har kommit till den slutsatsen att det än så länge är omöjligt att skarva på detta sätt. Det finns inget lim som har en sådan vidhäftning till trä och egen inre hållfasthet att man tillnärmelsevis kan uppnå träets egen hållfasthet i en sådan skarv.

Däremot kan man göra mycket starka längsskarvar genom s. k. snedskarvning, dvs. med skarvar där ändarna på de virkesdelar som skall skarvas fräses sneda vanligen i lutning ca 1:10. De sneda ytorna beläggs med lim, läggs mot varandra och pressas samman så lång tid som erfordras för att limmet skall binda.

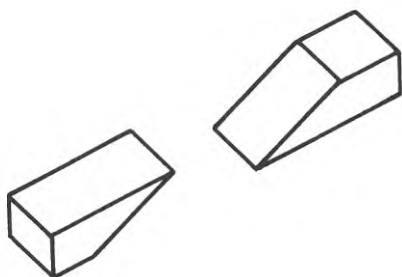


FIG. 1. Snedskarv
Plain scarf joint

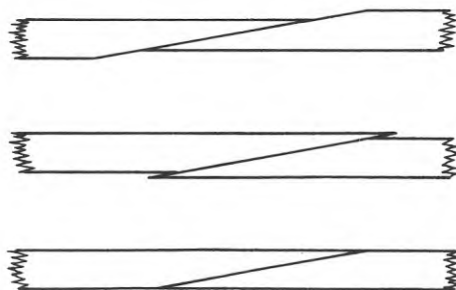


FIG. 2. Snedskarv, korrekt hopläggning (överst) samt felaktiga hopläggningar
Alignment of scarf joint

I FIG. 1 och FIG. 2 visas en snedskarv. Man ser de svårigheter som kan uppstå när skarven skall fixeras. Man kan få för stort överlapp och man kan få för litet överlapp. Självfallet medför båda dessa felaktiga utföranden skador. Vid för stort överlapp måste material hyvlas bort med minskad sektionensarea och virkesförlust som följd och vid för litet överlapp är det svårt att få god anliggning mellan fogytorna. Även här blir effektiva sektionensarean reducerad.

Snedskarven har använts inom limträindustrin i många årtionden och används på många håll än idag. Ibland har vissa modifieringar gjorts för att underlätta fabrikationen, bl. a. har de sneda fogytorna utformats med ett hak för att fixera skarvdelarna under pressningen. Det har också förekommit snedskarvar som fixerats med genomgående träplugg.



FIG. 3. Hakskarv
Hooked and stepped scarf joint

FIG. 3 visar principen för en hakskarv. Genom haket blir hopläggningen förenklad då överlappslängden blir entydigt bestämd. Man har ofta enbart ett hak på mitten för att undvika de brottanvisningar som den tvärt avhuggna änden vid ytan innebär.

Snedskarvar medför stort materialspill. Vid skarvlutningen 1:10 för-

lorar man 10 gånger virkestjockleken i längd. I vanliga limträ-lameller med 34 mm tjocklek förlorar man alltså 34 cm i längd för varje skarv. Då det i en fabrik kan vara fråga om många hundra eller tusen skarvar per dag är det uppenbart att denna förlust inte saknar betydelse.

I många fall vill man skarva virke utan särskilt höga krav på hållfasthet, framför allt inom snickeriindustrin. Det var också just inom snickeriindustrin som man började "vecka" snedskarvar på 1920-talet, de första fingerskarvarna. Dessa skarvar hade mycket breda fingrar och borde hellre karakteriseras som zinkfogar. Hållfasthetsegenskaperna hos dessa "snickeriskarvar" gjorde att de var helt otänkbara i konstruktionsvirke. Eftersom behovet fanns började man dock så småningom utveckla skarvar med bättre hållfasthetsegenskaper.

Vilka krav kan man egentligen ställa på en god ändskarv?

Några av de viktigaste egenskaperna hos en sådan skarv är följande:

1. Hållfastheten bör i det närmaste vara densamma som träets egen hållfasthet.
2. Den omedelbara hållfastheten efter sammansättning (initialhållfastheten) bör vara tillräckligt stor för att skarven skall tåla bearbetning och hantering.
3. Materialförlusterna skall vara små.
4. Tillverkningen av skarvprofilen skall vara enkel att utföra med jämn kvalitet.
5. Sammansättningen skall vara enkel, skarven bör helst vara självstyrande.
6. Tillverkningen skall ej kräva dyrbara, komplicerade maskiner.
7. Utseendet bör vara tilltalande, speciellt för snickeriändamål.

FIG. 4 visar ett antal mer eller mindre lyckade försök som gjorts för att uppfylla dessa krav.

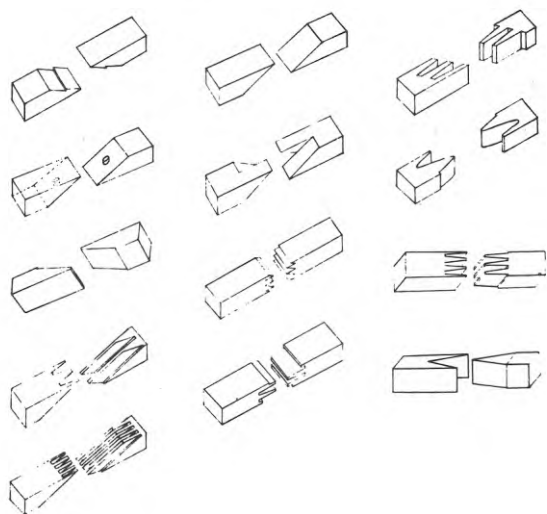


FIG. 4. Olika typer av ändskarvar
Different types of end joints

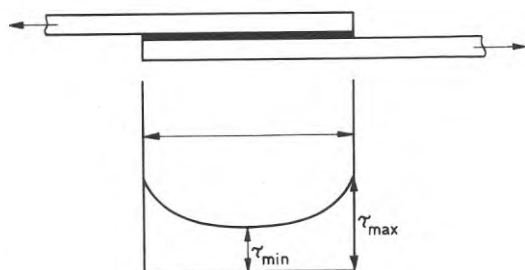


FIG. 5. Spänningsfördelning i en
limfog
Stress distribution in a
glued joint

Det har sagts att en fingerskarv är en "veckad" snedskarv. Det är också lätt att tillverka en fingerskarv med sådan geometrisk form att den har samma totala limyta som en snedskarv men som ger betydligt mindre virkesförlust. En sådan fingerskarv fungerar emellertid inte på samma sätt som en snedskarv.

Av FIG. 5 framgår hur spänningarna fördelar sig längs en limfog utsatt för skjuvning. Figuren visar en överlappsfog där de överlappade virkesdelarna har fullt utbildad tvärsektion. Om man snedskar dessa överlapp-

delar ut till intet kan spänningsfördelningen utjämnas så att samma påkänning uppstår i alla delar av skarven. Så är fallet i en vanlig snedskarv. I en fingerskarv är det praktiskt mycket svårt att åstadkomma helt spetsiga profiler. Man får därför alltid en viss koncentration av påkänningar vid profilspetsarna. Hela limfogen brister när någon del av den utsätts för påkänningar som överskrider limhållfastheten. Om det vore möjligt att framställa fingerskarvprofiler med mycket hög noggrannhet med fullständigt spetsiga fingrar skulle det sannolikt också gå att få en skarv som vore lika stark som träet självt. Av främst verktygstekniska skäl måste emellertid alltid fingerprofilerna vara mer eller mindre trubbiga. Detta medför, på grund av att man inte med någon större framgång kan limma ändträ mot ändträ, att man får en viss hållfasthetsnedsättning vid skarvning.

Även om skarvningen som sådan skulle vara lika stark som träet självt så skulle man emellertid ändå vid en jämförande provning av skarvat och oskarvat virke få en lägre medelhållfasthet för det skarvade virket. Detta kan illustreras med ett enkelt exempel:

Två oskarvade provkroppar A och B provas. A har brotthållfastheten 100, B brotthållfastheten 50. Medelvärdet blir då 75. Om vi i stället kapar av A och B på mitten och skarvar dem "korsvis", AB och BA, med en skarv som är lika stark som träet självt - ingen kedja är starkare än dess svagaste länk - kommer båda de skarvade provkropparna sannolikt att ha brottlasten 50, d. v. s. även medelvärdet 50. Detta enkla faktum kan vara nyttigt att betänka när man försöker analysera hållfasthetsprovningar i samband med virkesskarvning.

1.2 FINGERSKARVNING, DEFINITION OCH ALLMÄNNA SYNPUNKTER

Någon allmänt accepterad definition på en fingerskarv existerar inte. Blömer (1961) säger att "En fingerskarv är en olösbar drag-, tryck- och böjhållfast förbindning mellan två virkestycken i dessas fiberriktning och åstadkommes genom sammanlimning av i trästyckenas ändtytor sågade eller frästa trapetsformiga tappar. Av dessa tappar, som benämns fingrar och vilkas sammantagna geometriska bild benämns fingerprofil, måste i minst ett av de båda virkestyckena finnas två fullständigt utbildade."

Blömer har ansett det vara av stor betydelse att i definitionen ange det minimiantal fingrar som skall ingå, dels för att avgränsa fingerskarven från andra typer av skarvar, dels och kanske framför allt för att bestämma hur en fingerskarv måste orienteras i olika virkesdimensioner samt den klenaste dimension i vilken en viss fingerskarv kan användas.

Blömer har i sin definition även uttryckligen angett vilka framställningssätt som är tillämpliga. Även om de flesta fingerskarvar framställs genom fräsning med kilformade verktyg bör sådana angivelser vara rekommendationer och inte krav. Olika utvecklingsarbeten, t. ex. Stricklers (1967)"Impression Finger

Joint", som beskrivs senare, visar att det inte är tillrådligt att alltför hårt låsa sig vid någon viss bearbetningsmetod.

Huruvida en fingerskarv skall innehålla minst 2, 3 eller 4 lutande ytor kan visserligen ha ett akademiskt intresse, men det ur praktisk synvinkel mest väsentliga är att skarvens parametrar identifieras på ett entydigt sätt. FIG. 6 visar de parametrar som erfordras för att en fingerskarv skall kunna beskrivas.

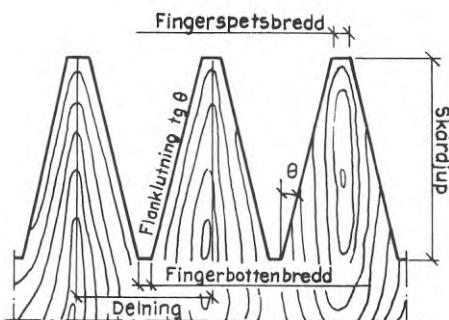


FIG. 6. Fingerskarv
Finger joint

Vid studium av fingerskarvningens litteraturen har vi ingenstans kunnat notera att man gjort skillnad mellan å ena sidan skarvlängd och å andra sidan fingerlängd eller skärdjup, det djup till vilket verktygen når. En och samma verktygssats kan ge ett oändligt antal olika fingerlängder beroende på

skärdjup, medan skarvlängden inte alls varierar på samma sätt, FIG. 7.

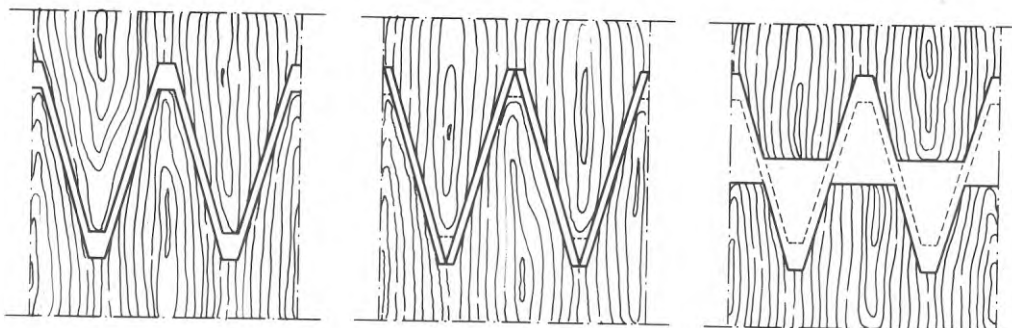


FIG. 7. Skärdjupets inverkan på en fingerskarv

- a) Skärdjupet avpassat så att helt kongruenta profiler erhålls.
- b) Största möjliga skärdjup. Fingerspetsarna botten innan fingerflankerna får god anliggning.
- c) Skärdjupet litet. Fingerspetsbredden = halva profildelningen. Profilerna går ej att föra in i varandra

The influence of the depth of the cut on a finger joint

- a) Depth producing congruent profiles.
- b) Largest possible depth. The finger tips reaches the finger bottoms bases before the slopes make proper contact.
- c) Small depth. The fingertipwidth = half the pitch. The fingers can not be mated

1.3 FRAMSTÄLLNINGSPRINCIPER

Fingerskarvprofiler kan framställas på olika sätt. Man använder sig idag huvudsakligen av fräsning, sågning, varmpressning och kallpressning samt kombinationer av dessa förfaranden.

Fräsningsmetoden är den vanligaste. Sågning utförs ofta som deloperation i samband med fräsning eller pressning. Vid kombinationen sågning-fräsning behöver fräsverktygen inte utföra hela arbetet och man uppnår härigenom i vissa fall bättre verktygsekonomi. Verktygsuppvärmningen och därmed slitaget är vid fräsning starkt beroende av avverkad volym varför skärpan på verktygen och därmed kvaliteten på snittytorna håller sig längre vid ett sådant tvåstegsförfarande. Såvitt bekant har ingen undersökning gjorts som gett svaret på frågan hur verktygsskärpan och därmed snittyornas kvalitet påverkar limfogshållfastheten. Klart är dock att skarpa verktyg ger minsta störningen av cellstrukturen nära limfogsytan.

Varmpressning av profilerna används kommersiellt på försök i USA (Strickler, 1967). Metoden innebär att man grovt försågar profilen varefter den slutliga formningen görs med ett hett verktyg med profilens form som pressas mot det försågade ändsnittet. Se 1.7.

Vid Forest Products Research Laboratory, (FPRL), Princes Risborough, England, har man experimenterat med en annan typ av "Impression Fingerjoint". Här har man helt enkelt pressat in profilmönstret med ett kallt verktyg, utan föregående mekanisk grovbearbetning. Denna metod är naturligtvis endast användbar då man arbetar med relativt lösa träslag. Verktygmässigt är metoden mycket billig. Hållfasthetsmässigt har man dock inte lyckats komma upp till de krav som kan ställas på skarvar för konstruktionsvirke. Maskiner som skarvar enligt denna princip marknadsförs i Sverige idag. Närmare uppgifter om hållfasthetsegenskaper för denna skarvtyp saknas emellertid ännu så länge.

1.4 LIMNING

Tillvägagångssättet vid limningen är beroende av limtyp, kapa-

citetskrav och kvalitetskrav. För konstruktionsändamål används idag huvudsakligen konsthartslim av resorcinoltyp. Dessa lim är förhållandevis dyra men har så goda hållfasthetsegenskaper och sådan beständighet mot klimatpåverkan att de ändå används i allt större utsträckning.

Även karbamidhartslim används i ganska stor utsträckning. Detta lim är bland de billigaste som finns att tillgå men inte så beständigt som resorcinollimmen. För snickeriändamål används i stor utsträckning polyvinylacetatemulsioner i vatten, PVA-lim eller vitlim som de också kallas.

Om limmet ifråga kan nå full hållfasthet i rumstemperatur kan sammanpressningen ske utan extra uppvärmning om skarven hålls under press tills limmet bundit. Detta är emellertid i de flesta fall opraktiskt då produktionskapaciteten blir låg och det krävs stora mellanlager av skarvat virke som måste ligga i press många timmar.

För att höja kapaciteten och kvaliteten använder man oftast någon form av uppvärmning av skarven i samband med pressningen.

Alla i dessa sammanhang aktuella lim binder snabbare vid höjd temperatur: vattenlösliga lim p. g. a. att vattenavgången påskyndas och hårdplastlim p. g. a. att den kemiska reaktionshastigheten ökar. Här gäller den gamla kemiska tumregeln att 10°C förhöjd temperatur ökar reaktionshastigheten ungefär till det dubbla, d. v. s. limmets härdningstid halveras.

Vid den nämnda "Impression Fingerjoint"-tekniken utnyttjas den uppvärmning av träet som uppstår vid profilpressningen till att påskynda limhärdningen. I övriga fall får skarven värmas på annat sätt, t. ex. genom att den pressas mellan varma metallplattor. Man får då en uthärdning av limmet i skarvens yttre delar som ligger närmast dessa värmeplattor. Denna uthärdning drivs så långt att hållfastheten blir tillräcklig för att fixera skarven under den fortsatta hanteringen. Limmet i skarvens inre delar får sedan härda ut efter hand.

Ytterligare en möjlighet som kommit att användas alltmer är dielektrisk högfrekvensuppvärmning. Denna metod kan användas

för såväl indirekt som direkt värmning av limfogen. Den indirekta metoden behandlas under 3.5 i denna rapport. Utveckling har även påbörjats för att använda mikrovågsenergi för direkt uppvärmning av limfogarna vid fingerskarvning.

1.5 PROVNINGSMETODER

Eftersom man länge diskuterat hur man skall förfara vid provning av ändskarvar, speciellt fingerskarvar, och eftersom lämpliga provningsmetoder är en nödvändighet för såväl utvecklingsarbete som kvalitetskontroll, kan det vara av intresse att göra en kort summering av olika synpunkter från ett antal forskare.

Inom detta område har M. L. Selbo, /3/, /56/ (1962), Forest Products Laboratory, FPL, Madison, Wisconsin, USA, utfört en viktig insats. Under sina försök vid FPL i slutet av 1950-talet insåg han att det inte existerade någon lämplig metod för provning av ändskarvar. Det han sökte var en enkel, snabb metod som kunde användas såväl under utvecklingsarbete som under driftförhållanden i form av kvalitetskontroll.

Den förhärskande metoden vid denna tidpunkt var dragprovning av s.k. "necked-down"-provkroppar, FIG. 8. Dessa prover är

både material- och arbetskrävande.

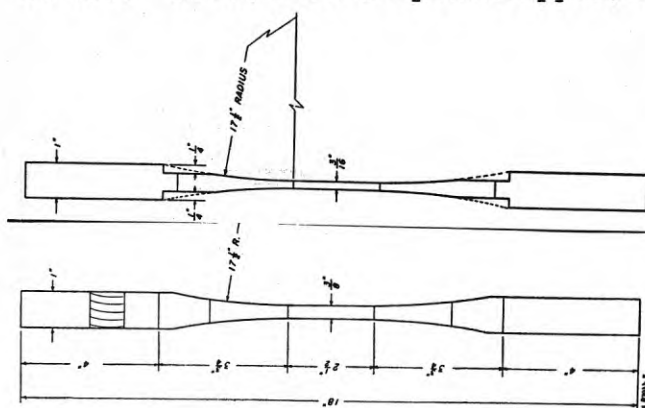


FIG. 8. Necked-down provkropp för dragprovning (ASTM)

Necked-down tension specimen (ASTM)

Selbo försökte i stället använda sig av provkroppar med rektangulärt tvärsnitt och provade dessa i en uni-

versalprovningssmaskin utrustad med kilformade infästningsbackar, gripyta ca 30 x 30 mm. Denna metod hade emellertid en nackdel: provkropparna utsattes för krossning i infästningarna, vilket medförde brott just där. I detta läge försökte man öka tryckhållfastheten i de delar som placerades i backarna genom att före provning doppa ändarna på provbitarna i polyvinylhartslösning och låta detta torka under 4 timmar före provning. Resultatet blev inte tillräckligt bra även om krossningen var mindre.

I stället provades längre infästningsbackar, 25 x 75 mm. Med dessa erhöles tillfredsställande resultat: krossning och därmed sammanhängande brott reducerades till acceptabel nivå.

Bredden på provkropparna krävde särskilda diskussioner. Vid FPL beslöt man att avgöra provkropparnas bredd från fall till fall, beroende på vilken skarv som skall provas. Man såg till att varje provkropp innehöll lika många fingerspetsar samt att de yttre fingrarna slutade i spets mitt på skarven, FIG. 9.

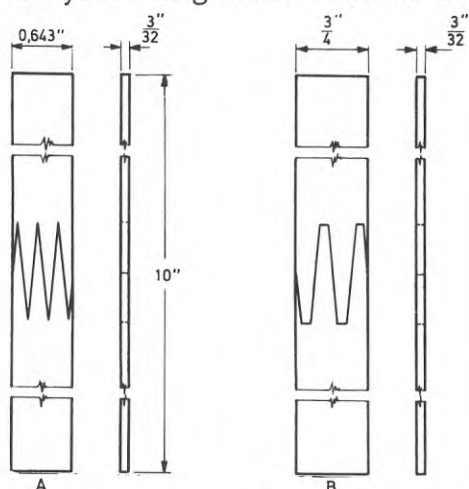


FIG. 9. Exempel på provkroppar för dragprovning (FPL)

Tension specimens (FPL)

Provkropparna fick alltså varierande bredd beroende på fingergeometrin.

Vid Vancouver Laboratory of the Forest Products Research Branch, Department of Forestry, hade man också bekymmer med krossning i infästningarna vid dragprovning. Tvärsektionen på dragprovkroppar minskades då till att börja med från 58 x 13 till 45 x 6

mm. Dessutom komprimerades i en värmepress de delar av provkropparna som skulle gripas av dragbackarna. Dessa åtgärder medförde att krossning inträffade endast i ett obetydligt antal fall.

Dawe (1964) har redovisat de provningsmetoder som används vid FPRL i England. Eftersom fingerskarvat konstruktionsvirke kan användas både som individuella strävor och som del i t. ex. en laminerad balk, kan det vara lämpligt med olika provningar beroende på användningsområde. Som individuellt bärande konstruktionsdel utsätts en sträva vanligen för böjpåkänningar, medan en limträlamell i stort sett endast utsätts för drag- och tryckpåkänningar. Draghållfastheten provades vid FPRL på provkroppar enl. FIG. 10, böjhållfastheten på provstavar med rektangulärt tvärsnitt, belastade i tredjedelspunkterna. Spännvidden var härvid ca 12 ggr provkropparnas höjd.

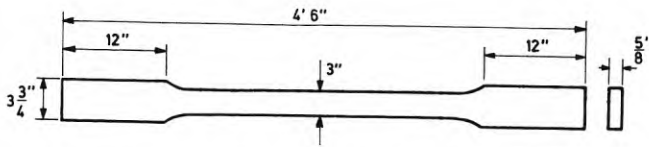


FIG. 10. Provkropp för dragprovning (FPRL)
Tension specimen (FPRL)

Den metod för hållfasthetsprovning som torde vara enklast att tillämpa såväl vid utvecklingsarbete som för kvalitetskontroll, är böjprovning. Man kan givetvis variera spännvidd och förhållandet spännvidd/provstavshöjd i det oändliga, men för att underlätta samarbete och jämförelser vore det av stort värde med ett standardiserat förfarande.

Svensk Limträkontroll använder vid provning av ändskarvade limträlameller en av Nordiska Kommittén för Byggnadsbestämmelser (NKB) rekommenderad metod. Provningsen utföres som

böjprovning enligt FIG. 11 och metoden har använts vid de provningar som behandlas under kap. 2 och 3 i denna rapport. Spännvidden är dock numera i rekommendationen ändrad till 15 gånger i stället för 24 gånger provkroppens höjd. Denna kortare spännvidd har använts i de provningar som redovisas i kap. 3.

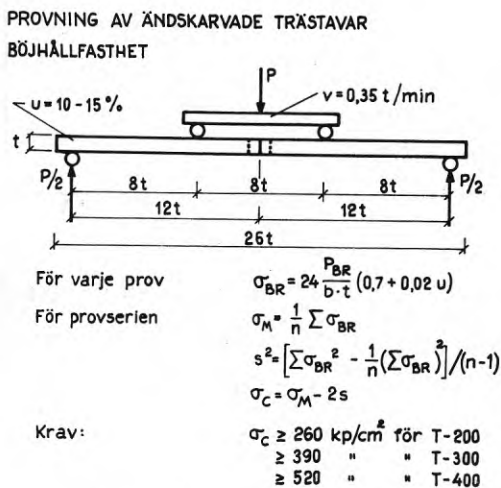


FIG. 11. Provning av ändskarvade trästavar enligt förslag till provningsnorm från Nordiska Kommittén för Byggnadsbestämmelser (NKB)¹

Procedure for bending test, according to NKB

normalfördelade, kan förvänta sig att 2,5 % av samtliga värden

¹ Spännvidden numera ändrad till 15 t i. st. f. 24 t.

är lägre än $\sigma_{B_{2,5}}$. Man har med andra ord 2,5 % brottrisk vid påkänningen $\sigma_{B_{2,5}}$. De siffror som förekommer i konstruktionsvirkesbeteckningarna T 200 och T 300 uttrycker just kraven på denna karakteristiska hållfasthet inom respektive hållfasthetsklass. Det har emellertid konstaterats att T-sorterade bräder och alltså även lameller avsedda för limträ i verkligheten har ca 30 % högre karakteristisk hållfasthet än de enligt sorteringen skall ha, d. v. s. T-300-sorterade bräder har alltså en karakteristisk hållfasthet av ca 390 kp/cm^2 . För att skarvat virke skall vara helt jämbördigt med oskarvat, krävs därför att skarvens karakteristiska hållfasthet också är 30 % högre än vad som anges av T-virkesbeteckningen. För fingerskarvade limträlameller av Klass T-300 krävs alltså att karakteristiska hållfastheten skall vara minst 390 kp/cm^2 och för T-200 minst 260 kp/cm^2 . Dessa krav är mycket hårda och det är tänkbart att man, när man får ett bättre statistiskt underlag för fingerskarvars hållfasthet, kommer att sänka kraven och ansluta dem helt till T-virkesbeteckningarna.

Draghållfasthetsprovningar kommer förmodligen att förbli en laboratorieangelägenhet, en viktig sådan. Den besvärliga tillverkningen av provkroppar samt avsaknaden av provningsapparat utgör härvid de främsta hindren för att metoden skall komma till användning i kvalitetskontrollerande syfte.

Av de olika förfaranden som undersöktes vid KTH visade sig en av Bohannan (1965) utvecklad metod för draghållfasthetsprovning uppfylla de krav på enkelhet som ställdes. Dragbackarnas infästningsytor är enligt denna metod utformade som övergångskurvor, vilket medför att klämkrafterna påföres successivt, varigenom man undviker att fibrerna nyps av vid backarnas ändar, FIG. 12. Med denna metod förenklas framställningen av provkroppar avsevärt. De kan göras helt raka med rektangulärt tvärsnitt, vilket enklast utföres i en klyvsåg. Med större backar kan hela limträlameller dragprovas på samma sätt.

För kontroll av vattenbeständigheten (utomhusbeständigheten) hos fingerskarvar har Selbo (1962) redovisat en metod utvecklad vid FPL. I stället för den vanliga 28-timmarscykeln, (4 h kokning + 20 h torkning vid $+63^{\circ}\text{C}$ + 4 h kokning + avkylning) använ-

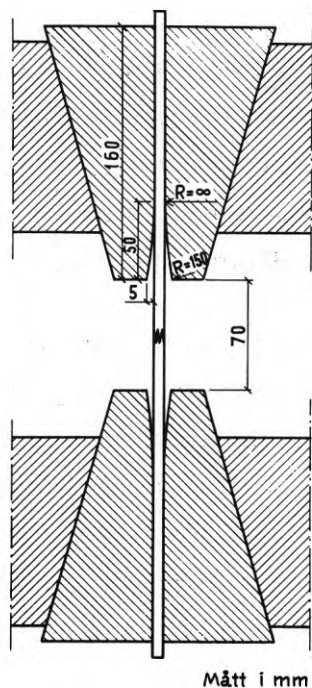


FIG. 12. Draghållfasthetsprovning enl. Bohannan
Tension test, after Bohannan

de man sig av en 1-timmescykel (30 min i 100°C vattenånga + 30 min kallvattenlagring under 10 kp/cm^2 tryck). Genom att jämföra de två metoderna kunde man dra slutsatsen att för melamin och fenolresorcinolhartslim var båda metoderna likvärdiga, medan för karbamidhartslim ångningsmetoden var avsevärt hårdare.

Oavsett vilken av metoderna som väljs bör korrelation med utomhusprover göras för att man säkrare skall kunna bedöma långtidseffekter på fingerskarvat virke.

Att en fingerskarv har en viss hållfasthet omedelbart efter sammanpressning har omnämnts av många forskare. Trots att denna hållfasthet, initialhållfastheten, är av vitalt intresse för industrin har det varit

omöjligt att finna att några egentliga undersökningar utförts inom detta område. Självfallet finns därför inte heller någon provningsmetod beskriven.

Den vid KTH använda apparaten för hoppresning av fingerskarvar, FIG. 13, anordnades så att ini-

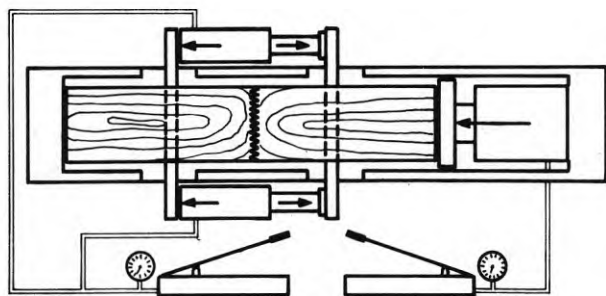


FIG. 13. Principskiss över den utrustning som användes för sammanpressning av skarvstycken (A) samt provning av initialhållfastheten (B)

Equipment used for applying end pressure to the finger joints (A) and testing of the initial strength (B)

tialhållfastheten för första gången kunde studeras närmare.

1.6 UTVECKLING AV FINGERSKARV- NINGSTEKNIKEN I EUROPA

I Europa utträttades det mest värdefulla utvecklingsarbetet till att börja med i Tyskland. Så småningom resulterade detta arbete i den tidigare nämnda normen för fingerskarvning, DIN 68140. De forskare som speciellt bör omnämnas är Egner (1942, 1944, 1952, 1961, 1964, 1957) och Blömer (1961).

Under åren 1952-1953 utfördes ett mycket intressant arbete av ryssen Pavlov (1954). Denne konstaterade att de väsentliga faktorer som påverkar en fingerskarvs styrka var flanklutning, spetsbredd och delning. Genom att variera dessa parametrar sökte Pavlov finna den optimala skarven. Även om den rapport i vilken hans resultat publicerades lämnar en del i övrigt att önska beträffande utförlighet kan följande observationer relateras:

flanklutningen bör vara mindre än 1:8
spetsbredden bör vara så liten som möjligt
delningen bör vara > 1 mm.

Hans resultat utnyttjades omgående i praktisk drift och den använda fingerskarvens karakteristika blev:

flanklutning:	1:8
delning:	8 mm
fingerlängd:	32 mm
spetsbredd:	0,3 mm.

Trots att Pavlov åtminstone teoretiskt mycket väl kunde tänka sig en avsevärt kortare skarv - en skarv med mindre delning - kan man alltså konstatera att han när det gällde praktisk användning fann det säkrast att förlita sig på en längre skarv.

I England har som nämnts fingerskarvar undersökts framför allt vid Forest Products Research Laboratories (FPRL), Princes Risborough, av Sunley & Dave (1963). De har bl. a. jämfört en snedskarv, lutning 1:8 med en fingerskarv med måtten 55 x 12,5 x 1,5 mm d. v. s. längd x delning x fingerspetsbredd. Dessa parameterförhållanden ger flanklutningen 1:12,5 ($4,56^\circ$).

Resultaten visade genomgående att snedskarven hade högre hållfasthet än fingerskarven, men att båda skarvtyperna kunde accepteras i konstruktionsvirke. Viktigt var förslaget att fingerskarvar bör jämföras med naturliga defekter, t. ex. kvistar. Undersökningen visade att fingerskarvens hållfasthetsreducerande inverkan var ungefär lika stor som en 19 mm kvist i 75 mm brett material.

Bland övriga iakttagelser kan nämnas de olika brottbilderna; antingen följde brottet fingermönstret eller också skedde brottet mellan fingerbottarna. Vanligen uppträdde en kombination av dessa brottyper. Beträffande lämpligt presstryck, alltså total presskraft dividerad med tvärsnittsarean anges att en höjning från 5 kp/cm^2 till 20 kp/cm^2 ökar den slutliga hållfastheten med ca 20 %. Högre presstryck än 20 kp/cm^2 ansågs medföra skador på fingerspetsarna, vilket kunde medföra sänkning av hållfastheten.

Vid FPRL har även utvecklats ett fingerskarvningsförfarande som bygger på kallformning av fingerprofilerna utan spånavslikande bearbetning. Maskiner som arbetar enligt metoden marknadsförs nu i Sverige. Skarvtypen lämpar sig för skarvningar i lösa träslag då inte alltför höga anspråk på hållfasthet ställs.

Från de undersökningar som utförts vid Nordisk Treteknisk Institut (NTI) av bl. a. Brynildsen (1964, 1965), kan nämnas bl. a. att man erhållit goda resultat vid fingerskarvning av virke med fuktkvoter nära fibermättnadspunkten.

Notabelt i övrigt är Brynildsens konstaterande att det är svårare att fingerskarva stora tvärsnitt än små, verifierat av prov med tvärsnitt om 50×100 resp. 75×200 mm.

1.7 UTVECKLING AV FINGERSKARVNINGSTEKNIKEN I USA

Den industri som är mest betjänt av höghållfasta fingerskarvar är limträindustrin, (Ivansson & Ström (1969)). Denna industri har varit den som kraftigast stött alla strävanden att åstadkomma en kvalificerad fingerskarv.

Limträindustrin i USA anses allmänt räkna sitt ursprung från

1934 då en byggnad med limträbågar uppfördes vid Forest Products Laboratory (FPL) i Madison, Wisconsin. Till att börja med växte industrin ganska långsamt, i början på 1940-talet fanns bara 5-6 tillverkare och produktionen var ganska blygsam. När det gällde längdskarvning av limträlameller arbetade man vid denna tid uteslutande med snedskarvar. Fingerskarvningsteknik var vid denna tidpunkt emellertid långt ifrån okänd - i Europa användes den redan inom limträindustrin, - men i USA var användningen begränsad till snickerivirke och liknande. Dessa tidiga skarvar var, med undantag för spetsstjockleken, som var avsevärt större än idag, mycket lika de fingerskarvar som under senare år dominerat bilden.

Varför tog det då så lång tid - i det närmaste 30 år - innan limträindustrin kunde acceptera fingerskarvar och använda dem i produktionen? Svaret står att finna inom åtminstone 3 områden:

1. Utveckling av skarvningsteknik och skarvgeometri.
2. Utveckling av nya maskiner och verktyg.
3. Omarbetning av de gamla normerna.

1.7.1 Skarvningsteknik och skarvgeometri

Standardförfarandet inom limträindustrin i USA har ända in på 1960-talet varit att ändskarva medelst s.k. skäft- eller snedskarvar varvid skarvarnas flanklutning legat mellan 1:10 och 1:12. Bortsett från att sådana skarvar är både materialkrävande och fordrar mycket manuellt arbete, uppfyller de hållfasthetsmässigt högt ställda krav, åtminstone vid noggrann tillverkning. Omständigheten att metoden är relativt dyrbar ledde dock till att man 1941 vid FPL började undersöka möjligheterna att även i USA använda fingerskarvar. Den skarv som härvid provades var 70 mm lång och hade en spetsbredd om 3-4 mm. Hållfastheten relativt oskarvat virke befanns vid böjprovning vara 30-60 %. Eftersom snedskarvarnas relativa hållfasthet låg mellan 85-90 % så förstår man att provningsresultaten inte var särskilt uppmuntrande.

1964 inleddes en stor undersökning vid FPL av flera olika slags skarvar: snedskarvar och hakskarvar med flanklutningar mellan 1:3 och 1:20 samt fingerskarvar. Fingerskarvarna hade fort-

farande spetsar som var 3 mm eller bredare och detta ledde givetvis till att resultaten blev nedslående. Draghållfasthetsprovningarna gav följande resultat, uttryckt som relativ hållfasthet eller verkningsgrad:

Vertikala fingerskarvar 45 % (med fingrarna synliga på flatsidan)

Horisontella fingerskarvar 20 % (med fingrarna synliga på kantsidan)

Snedskarvar, lutning 1:10 90 %!

Det är möjligt, kanske rent av troligt, att just denna ambitiösa undersökning kraftigt bidrog till att intresset för fingerskarvning svalnade och hade svårt att ta sig igen.

Det fanns emellertid några forskare som fortfarande trodde på möjligheten att fingerskarva konstruktionsvirke. Richards (1958, 1963, 1959), inledde undersökningar 1952 där han bl. a. studerade de presstryck som erfordrades, både ändtryck och sidotryck. Han kom härvid fram till att sidotryck under härdningsprocessen är viktigare än ändtryck, vilket mycket väl kan släppas omedelbart efter sammanpressning. Om även sidotrycket släpps vid denna tidpunkt kommer de ytterst liggande fingrarna att böjas ut. Därmed försvagas skarvens yttre delar, där en skada, speciellt vid böjning, är mest kritisk.

Under 1957 fortsatte Leonard Selbo, som varit eldsjälens bakom fingerskarvens acceptering, sina försök vid FPL varvid han använde sig av "Wisconsin-knivar",¹ spets 0,1 mm, längd 25 mm. Carl Rasmussen testade en annan uppsättning "Wisconsin-knivar", spets 1 mm, längd 20 mm. Grundat på Selbos och Rasmussens tidiga provningar beställde Weyerhaeuser en uppsättning knivar, spets 0,5 mm, längd 35 mm, flanklutning 1:10, för att pröva dessa nya, kortare skarvar. Skarven gjordes horisontell d. v. s. med profilerna synliga på virkets kantsida. Vid böjprovning erhöll man verkningsgraden 85 %, vid dragprovning 80 %. Verkningsgraden definierades som förhållandet mellan hållfastheten hos skarvat och oskarvat virke. Nu började man

¹ Verktyg tillverkade av Wisconsin Knife Works.

komma i närheten av de resultat man hoppats på.

Man lyckades alltså slutligen komma dithän att man insåg att det var spetstjockleken som var den kritiska parametern. Detta bevisades också så småningom av Selbo (1963) när han publicerade resultatet av sin forskning under titeln "Effect of Joint Geometry on Tensile Strength of Finger Joints".

Under samma tid hade Strickler (1967) angripit fingerskarvningsproblemet på ett helt nytt sätt. Hans forskning, som inleddes 1958, var inriktad på att man i stället för att tillverka fingerskarvprofilerna med skärande verktyg skulle utföra en grovprofilering genom mekanisk bearbetning efterföljd av en "varmpressning". Han använde sig av en "stämpel", som upphettad och med viss kraft trycktes in i ändträet, på så sätt formade fingerprofilerna. På detta sätt kunde spetstjockleken göras så liten som 0,1 mm. Längden varierade mellan 6 och 10 mm. Så småningom lyckades man utveckla en skarv med mycket hög hållfasthet, och två industrier, Timber Structures Inc. Portland, Oregon och Potlatch Forests Inc. Lewiston Idaho, började på försök använda Stricklers skarvningsmetod, FIG. 14.

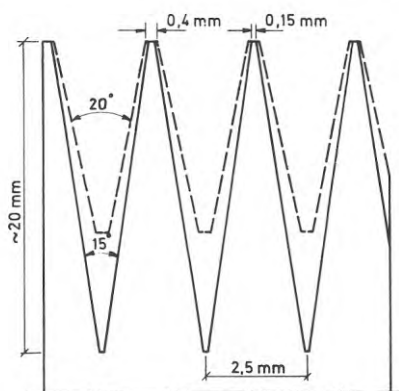


Fig. 14. Formning av fingerprofiler enligt Strickler

- a) Streckad kontur formas genom fräsning eller sågning
- b) Heldragen kontur formas genom varmpressning

Manufacture of finger joints according to Strickler

- a) The dashed line represents the preshaped profile
- b) The full line represents the impressed profile

I Canada hade ett företag, Glulam Products Limited, under ledning av Borg Madsen provat åtskilliga fingerprofiler, samtliga med fingrarna synliga på flatsidan, d. v. s. vertikala. Arbetet resulterade i en fingerskarv som ansågs ha god hållfasthet och vara enkel att tillverka, FIG. 15. Det kan påpekas att även om

skarven är mycket lik den som specificeras i DIN 68140 så skedde utvecklingen helt oberoende av denna.

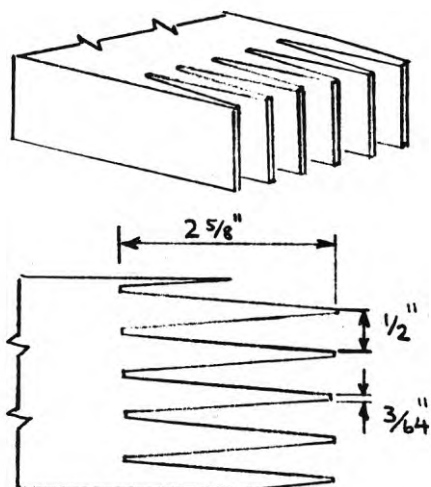


FIG. 15. Fingerskarv utvecklad i Canada

Finger joint developed in Canada

1.7.2 Maskiner och verktyg

När det gäller maskiner för fingerskarvning av konstruktionsvirke måste konstateras att det dröjde länge innan någon sådan blev tillgänglig på marknaden. En av de första var faktiskt tysk, en Hübel & Platzer-maskin som blivit hedrad genom att man än idag talar om "Hübel & Platzer-skarven", d. v. s. en 65 mm lång skarv som orienteras vertikalt.

Maskiner i övrigt kommer att behandlas längre fram, varvid olika konstruktionsprinciper kommer att beskrivas och i någon mån värderas.

Den mest intressanta utvecklingen ägde rum på verktygssidan. Som redan framgått hade de första fingerskarvarna mycket breda profilspetsar, mer än 3 mm. Allteftersom man insåg att spetstjockleken hade avgörande inverkan på hållfastheten försökte man få verktyg med tunnare spets tillverkade. Detta till synes enkla problem visade sig vara mycket svårlöst. Weyerhaeusers lyckade försök med relativa hållfastheter på över 80 % har redan omtalats. Det visade sig emellertid att knivarerna, speciellt då spetsarna, ej tålde långvarig kontinuerlig fräsning. Detta var en brist som industrin inte kunde acceptera. De följande åren ägnades därför i huvudsak åt experimenterande med varierande skärvincklar, spetstjocklekar, skärhastighe-

ter, matningshastigheter samt kylning av knivarna. Man gjorde även en mängd försök med olika verktygsmaterial som snabbstål, stället och hårdmetall. Mot slutet av 1950-talet hade man kommit så långt att tillverkare av knivar kunde lämna garanti på verktyg med spetsbredden 1,0 mm. Givetvis kunde även knivar med tunnare spetsbredd tillverkas, men ingen garanti kunde då lämnas på användbarhet och ståndtid. Alla resultat tydde på att den praktiskt användbara spetsbredden var 1,0 mm.

I detta läge var det alltså opportunt att, såsom M D Strickler gjorde, framställa spetsiga fingrar på annat sätt än genom skärande bearbetning. I den "impression finger-joint" som han utvecklade formades spetsarna genom att ett hett verktyg pressades in i ändytorna. Denna lösning betraktades av många med skepsis men det fanns även de som i detta nya förfarande såg en definitiv lösning på ett gammalt problem.

1.7.3 Normer

De ovan beskrivna teknologiska framstegen var givetvis nödvändiga för att man skulle kunna acceptera fingerskarvar i konstruktionsvirke. Det torde dock inte råda någon tvekan om att bildandet av AITC (American Institute of Timber Construction) och i samband därmed omarbetandet av normerna och formuleringen av ett program för kvalitetskontroll, betydde minst lika mycket om inte mer.

Enligt de gamla normerna ställdes skarvens hållfasthet i relation till hållfastheten i helrent, oskarvat virke. Ändskarven gjordes i ett virkesstycke och ett annat matchande stycke användes oskarvat som kontroll. Bitarna draghållfasthetsprovades och hållfastheten hos skarven uttrycktes sedan relativt hållfastheten hos det oskarvade stycket. FPL hade gjort omfattande provningar för att fastställa vilken relativ hållfasthet som kunde accepteras och kommit fram till att en snedskarv med lutningen 1:10 hade en relativ hållfasthet av 85 %, medan lutningen 1:12 gav relativa hållfastheten 90 %. Dessa värden hade framkommit genom provning av laboratorietillverkade skarvar och är i och för sig riktiga, de kan, och har vid många andra provningar verifierats. Ett av de fel som begicks var att håll-

fasthetsklassningen helt utgick från lutningen. Om ett företag tillverkade skarvar med lutningen 1:12 så kunde hållfasthetsberäkningarna göras med utgångspunkt från värdet 90%! Industrier behövde alltså inte kontrollera att de skarvar som producerades verkligen hade denna hållfasthet, Lyckligtvis "behövs" endast en relativ hållfasthet av 50-60% för att uppta påkänningarna i konstruktionsvirke och man kan anta att snedskarven i allmänhet uppfyllde detta lägre krav eftersom snedskarvat virke i de allra flesta fall har fungerat tillfredsställande.

Det dröjde dock ända fram till 1963 innan de nya normerna accepterades och det kan vara av intresse att visa några av de omständigheter som gjorde att tänkandet ändrades.

Vid de provningar som utfördes i slutet av 1950-talet visade det sig att de fingerskarvar som hade en spetsbredd som var mindre än 0,5 mm kunde godkännas enligt då gällande normer, men de kunde, som tidigare omtalats inte användas industriellt. Skarvar med 1 mm spets däremot kunde tillverkas men de klarade inte hållfasthetsfordringarna. Det observerades vid provningarna att trots att helrent virke användes så inträffade många brott utanför skarvzonen, 40 % vid böjprovning och 25 % vid dragprovning. Det noterades också att de högsta värdena erhöles med små och de lägsta med stora provkroppar. Detta indikerade att även helrent trä har, eller kan ha svaghetszoner som påverkar hållfastheten mer än en välgjord fingerskarv.

Ett annat steg mot fingerskarvens kommersiella användande togs helt överraskande vid provning av 90 cm höga balkar. Brottspänningarna var acceptabla, 400-600 kp/cm², men det överraskande var att inget av brotten i den yttersta dragna lammellen inträffade i en ändskarv utan hade inletts vid kvistar och fiberstörningar. Detta belyste ytterligare att den hållfasthetsreduktion som orsakas av tillåtna virkesfel kan vara större än den som normalt orsakas av en skarv.

Ovanstående och andra försök ledde fram mot ett övergivande av de gamla normerna där det krävdes en viss relativ hållfasthet hos skarvarna. Istället ansåg man att man borde utgå från de påkänningar en skarvad virkesdel utsätts för. Tidpunkten för

dessa tankegångar var den bästa tänkbara eftersom AITC under åren 1959-1962 arbetade på sin handbok och därmed även på normerna. Det föreslogs att varje enskilt företag måste kvalificera "sin" ändskarv, att provningen skulle utföras som dragprov och att kvalificeringen skulle grunda sig på de spänningar som virkesdelen skulle komma att utsättas för i en konstruktion.

Detta förslag accepterades och som ett exempel på utformningen kan nämnas att om den tillåtna påkänningen är 180 kp/cm^2 (alla sifferuppgifter som lämnas är avrundade och ungefärliga och gäller för högsta konstruktionsvirkesklassen i Douglas Fir) så skall medelhållfastheten vid provning vara 555 kp/cm^2 , värdet 425 kp/cm^2 skall överskridas av 95 % av proverna, medan samtliga prov skall ha en hållfasthet som överskrider 325 kp/cm^2 .

Eftersom de flesta limträ tillverkare aldrig kontrollerat sin ändskarvproduktion var man mycket bekymrad över huruvida de nya bestämmelserna var alltför stränga. Det finns fortfarande personer som anser att det är onödigt svårt att få en fingerskarv kvalificerad, men limträindustrin som helhet måste dock anses ha accepterat de nya normerna. Vid införandet av de nya normerna måste de företag som redan tillverkade acceptabla ändskarvar bli mer noggranna och höja nivån på sin kvalitetskontroll medan de företag som insåg att de icke kunde möta normerna måste förnya eller förbättra sin utrustning. Ganska stora summor spenderades för att få utrustning och processer i det skick som erfordrades. Sedan detta gjorts och sedan man insett att det trots allt inte är orimliga krav som ställs är den allmänna inställningen inom industrin den att man inte vill vända tillbaka till tiden före de nya normernas införande!

1.7.4 Situationen idag och i morgon

Den 65 mm långa "Hübel & Platzer-skarven" är idag i stort sett ett minne blott. Det finns fortfarande något enstaka mindre företag som använder sig av den, men stora och moderna företag gör det inte.

Som ett kuriosum kan den enligt uppgift längsta fingerskarven i praktiskt bruk beskrivas, FIG. 16, Ström (1969). Fingrarna

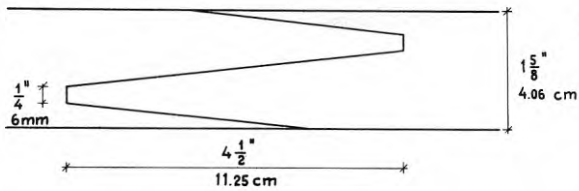


FIG. 16. Extremt lång
fingerskarv, USA

Extremely long
finger joint, USA

som är horisontella, är till antalet 1 1/2 i tvåtumsmaterial och tillverkas genom sågning. Vid limträ tillverkningen bygger två man upp ett torrt balkpaket. Detta går så till att balkpaketet byggs upp successivt genom att den senast pålagda lamellen hela tiden sågas av vid balkänden varvid den avsågade över-skjutande delen får utgöra början till nästa lamell osv., FIG. 17. De torra lamellerna placeras därefter en och en i en press-

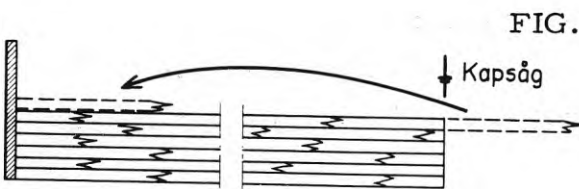


FIG. 17. Hopläggning av lim-
träbalk - integrerad
fingerskarvning

Assembly of a beam -
integrated finger
jointing

bänk där fingrarna belimmas varefter presstryck appliceras i lamellernas båda ändar. Medan presstrycket fortfarande ligger på, "förankras" skarvarna med spikpistol varefter de försiktigt förs genom en limspridare och placeras i en balkpress.

Notabelt är att man på detta sätt lyckats integrera kall fingerskarvning med laminering. Självfallet kan denna metod endast användas för tillverkning av raka balkar, för krökta måste limmet i fingerskarvarna tillåtas härda innan laminering kan utföras.

Den skarv som idag helt dominerar bilden har följande karakteristika: längd 28 mm, delning 6,7 mm, spetsbredd 0,8 mm. Således har man lyckats göra spetsen ytterligare ett par tiondels mm tunnare. Denna skarv kan orienteras såväl horisontellt som vertikalt. Till att börja med lades den oftast horisontellt men på några få år har en omsvängning skett så att den idag vid de flesta företag läggs vertikalt.

Den enda skarvtyp i övrigt som är intressant är Stricklers (1962) "Impression finger-joint". Den har nu i flera år använts av framför allt Timber Structures Inc. och de erfarenheter som vunnits är i stort sett att skarven som sådan är ypperlig, det är inte troligt att det i USA idag förekommer någon annan typ av fingerskarv med högre kvalitet. Problemet är dock dels att maskinutrustningen är mycket dyr, dels att kapaciteten är förhållandevis låg - endast två skarvar per minut - samt slutligen att maskinen trots att den är "automatisk" kräver betjäning av 3-4 man. Utvecklingen lär dock fortsätta och det är möjligt att de praktiska nackdelarna kan reduceras.

Den tillverkare av fingerskarvningsmaskiner som dominerar bilden i USA är Tri-State tillsammans med Mann-Russell som svarar för den elektroniska utrustningen. En av de senast konstruerade maskintyperna som bl. a. används av Rosboro och Timber Structures är imponerande. Kapaciteten är 6 fullt färdiga skarvar i minuten i fulllångt virke. Skarvarna härddas i en högfrekvenstunnel.

FIG. 18 visar principen för en Tri-State-anläggning. Det mest karakteristiska för maskinen är det stora svängbordet som roterar varvet runt.

I USA sker oftast ingen hyvling av limträlamellerna efter skarvning. Det överskottslim som pressats ut i samband med skarvningen skrapas nödtorftigt bort för hand. Limfogarna uthärdas helt eller delvis i skarvningsmaskinen genom tillförsel av värme. Den praktiskt taget enda metod som tillämpas för tillförsel av värme vid mängdframställning av fingerskarvar är högfrekvensuppvärmning. Metoden fungerar tämligen bra men blir förhållandevis dyr.

I den utveckling av fingerskarvningsmetoderna som skett i USA har fingerlängden kontinuerligt minskat, från 70 mm ner till 28 för konventionellt frästa fingrar och ända ner till 7-10 mm enligt Stricklers metod. På samma sätt har spetsbredden reducerats från 3-4 mm till 0,8 mm konventionellt och till 0,1 mm enligt Strickler. Tyvärr anser sig verktygstillverkarna i USA inte kunna tillverka praktiskt användbara verktyg med

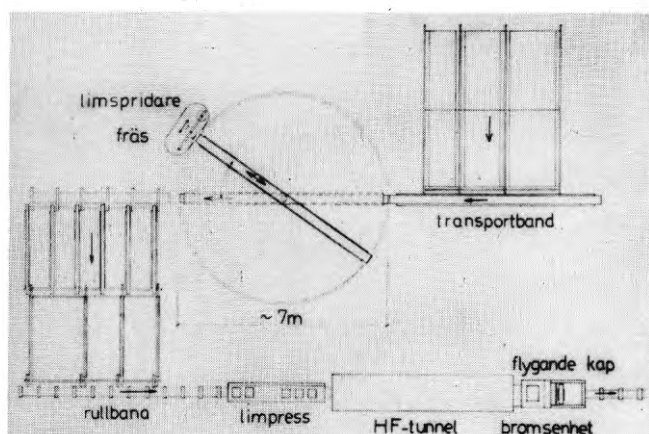


FIG. 18. Principskiss över fingerskarvningsanläggning, system TRI-STATE, USA

Arbetsgång: Virket kommer in på transportbandet från höger, 6 lameller i taget. Svängbordet står då i position så att lamellerna kan matas in på svängbordets transportrem, som i det läget rör sig åt samma håll som det inkommande virket. När alla lamellerna har kommit helt in på svängbordet vrids detta så att dess vänstra ände kommer upp mot fräs och limspredare. Lamellerna går därefter upp mot ett anslag och kläms fast med en tryckluftkolv. Fräsning och limpåföring utföres, lamellerna frigöres, svängbordet svänger 180°, så att fräsning och limpåföring kan ske i lamellernas andra ände. Efter denna operation återgår svängbordet till utgångsläget, 6 nya lameller matas in samtidigt som de profilerade och belimmade lamellerna matas ut från svängbordet. Efter en tvärtransport till rullbanan förs lamellerna efter varandra in i limpress och HF-tunnel, genom vilken den nu "ändlösa" lamellen rör sig kontinuerligt. Efter HF-tunneln kapas lamellen på vanligt sätt med en programmerbar flygande kap.

Finger jointing machine, TRI-STATE, USA

tunnare spetsar än ovan angivna 0,8 mm. Med Stricklers metod, som har eliminerat verktygsproblemet, kan verkligt höghållfasta skarvar framställas, men metoden lider som nämnts av vissa nackdelar, framför allt den mycket dyrbara maskinen och den förhållandevis låga kapaciteten.

Alla tecken tyder alltså på att om verktygsindustrin i USA kunde tillverka lämpliga verktyg, så skulle limträindustrin fortsätta på den redan inslagna vägen mot kortare fingrar med tunnare spets. Är nu detta ett oöverstigligt problem?

Som framgår av kap. 2 i denna rapport, i vilken en ny fingerskarvningsmetod beskrivs, har problemet lösts på ett helt acceptabelt sätt genom det arbete som utförts vid Institutionen för Byggnadsteknik, KTH. Möjligheterna finns alltså att omgående utnyttja kortare fingrar med tunnare spets.

Några fabriker i USA har experimenterat med "integrerad" skarvning, dvs. skarvarna har omedelbart efter sammanpressning lagts in i balkpaketet utan att vara uthärdade. Med de metoder som använts har detta lett till misslyckanden eftersom skarvarna ofta glidit isär. Skarvarna har omedelbart efter limning förhållandevis låg hållfasthet och hela förfarandet bygger på en oerhört försiktig hantering, vilket kräver manuellt arbete och medför därmed höga kostnader. I de flesta fall kan en "öppen" skarv inte upptäckas förrän i den färdiga produkten, limträbalken, och då är det för sent, hela balken måste kasseras.

Den vid KTH utvecklade fingerskarven, Fickler & Helgesson (1968), Ivansson & Ström (1968a), Ivansson & Ström (1968b) och Marian (1968), kräver tack vare sin höga initialhållfasthet ingen uppvärmning, utan kan hanteras omedelbart efter sammanpressning. Den är således synnerligen lämpad för "integrerad" fingerskarvning, där man alltså omedelbart efter fingerskarvning belimmar limträlamellen och lägger in den i balkpaketet. Eftersom sådant tillvägagångssätt är lämpat för förhållandena i USA måste detta räknas som en anledning till att denna skarv uppmärksammas i vida kretsar och kan förväntas få stor betydelse för utvecklingen på området.

2 EN NY FINGERSKARVNINGSMETOD UTVECKLAD VID KTH

2.1 BAKGRUND

Den hypotes som låg till grund för utvecklingsarbetet vid KTH var att det borde vara möjligt att konstruera en fingerskarv som i hög grad uppfyllde de krav på en god ändskarv som formulerats tidigare (se 1.1).

Generellt kan sägas att alla fingerskarvar har två av de önskvärda egenskaperna:

Fingrarna styr skarven i rätt läge vid sammanpressningen.

Materialförlusterna är, relativt en snedskarv, små.

De provningar som utförts har därför inriktat sig på de återstående egenskaperna hos "idealskarven", nämligen: enkel framställning, tilltalande utseende, god initial- och sluthållfasthet.

Efter noggranna analyser samt vissa inledande provningar bestämdes den fingerprofil som kunde förväntas motsvara ställda önskemål. Limytans storlek ansågs vara tillräcklig vid en flanklutning av ungefär 1:8. Fingerbottenbredden som ju är direkt beroende av de skärande verktygens spetsbredd, bestämdes till ungefär 0,2 mm och skarvlängden valdes till ungefär 7,5 mm.

2.1.1 Verktyg

Den verktygsprofil som med hänsyn till ovanstående synpunkter kunde antas uppfylla ställda krav erhöll följande karakteristika: spetsbredd 0,2 mm, flanklutning 1:7,6, delning 2,5 mm, FIG. 19. - Då verktygstekniken numera medger flanklutningar mindre än 1:8 även vid så liten profildelning som 2,5 mm bör detta utnyttjas. Det är fördelaktigt att ha en något större limarea än den som flanklutningen 1:7,6 ger. - Förutom denna profil provades även verktyg med flanklutning 1:5,7 och 1:4,5.

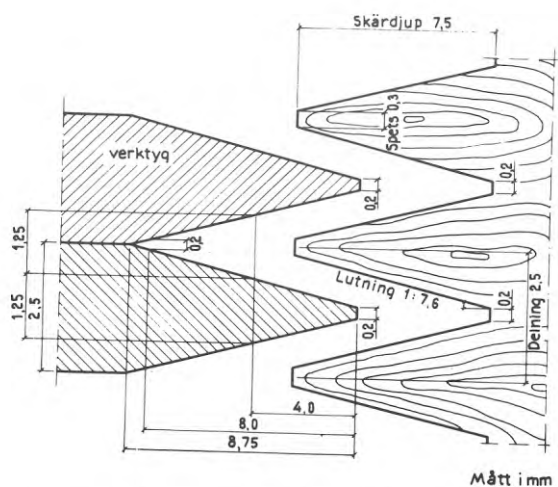


FIG. 19. Den vid KTH huvudsakligen använda fingerprofilen
Finger joint, developed at KTH, Sweden

lig utformning, varför de frångicks. För ett verktyg med liten skärdiameter är skärbetingelserna gynnsammare än för ett

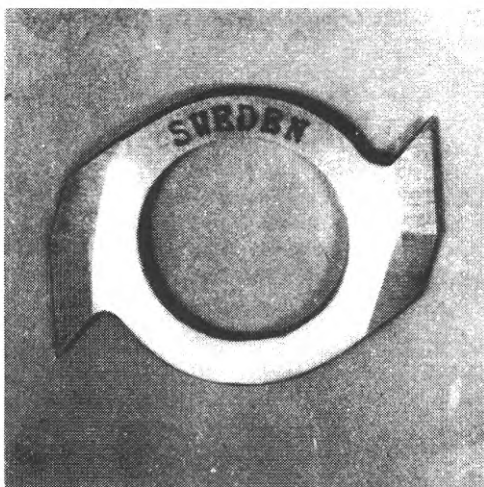


FIG. 20. Enskild verktygsbricka. Avstånd mellan spetsarna 60 mm
Single tool with two knives. Distance between tips 60 mm

Verktygens skärdiameter, dvs. avstånd mellan knivspetsarna, var 60 mm, FIG. 20. Inledningsvis användes även två verktygssatser med 100 mm skärdiameter, den ena med hårdmetallskär, den andra av snabbstål, men dessa visade sig ha en med hänsyn till värmeutvecklingen mindre lämp-

lig utformning, varför de frångicks. För ett verktyg med liten skärdiameter är skärbetingelserna gynnsammare än för ett verktyg med större diameter, bl. a. beroende på att verktygsspetsen får kortare skärväg per rotationsvarv hos det förra, vilket underlättar spånutrymningen med minskad uppvärmning som följd. Det är vidare mindre påfrestande att skära parallellt med fibrerna än vinkelrätt mot dem. Av FIG. 21 framgår att den ömtåligaste delen, spetsen, vid liten diameter arbetar med i medeltal mindre vinkel mot fibrerna än vad den gör vid stor verktygsdiameter.

Det står klart för de flesta att en idealisk fingerprofil bör ha

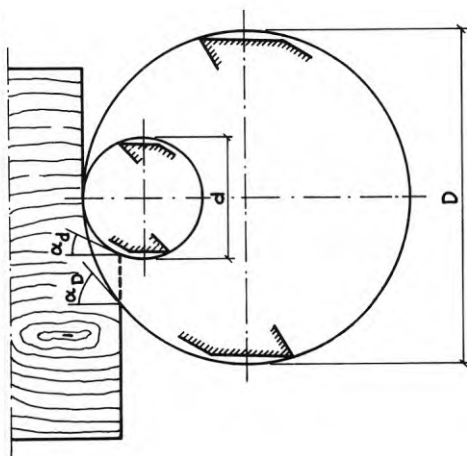


FIG. 21. Skärvinklar för små och stora verktyg
Cutting angles with small and large tools

laboratoriet, motsvarande ca 300 m fräst profil, har inget verktyg skadats i spetsen. Vid undersökningar gjorda av ett maskinföretag har mer än 600 m profil frästs i ändträ utan omslipning av verktygen. Det har då gällt snabbstålsverktyg.

fingerbottenbredden (verktygens spetsbredd) lika med 0 mm, men det har länge ansetts omöjligt att använda verktyg med mindre spetsbredd än ca 1 mm i praktisk drift. Man har emellertid med gott resultat gått ned till 0,6 mm, t. ex. vid Töreboda Limträ AB. Den verktygssats som huvudsakligen använts under arbetet vid KTH har haft verktyg med en spetsbredd av endast 0,2 mm. Vid de ca 6 000 fräsningar som utförts i

2.1.2 Konventionell fingerskarvning

Konventionell fingerskarvning har baserats på antagandet att den längsta skarven är den starkaste, vilket bl. a. framgår av den tyska standarden DIN 68140, FIG. 22, där en skarvlängd

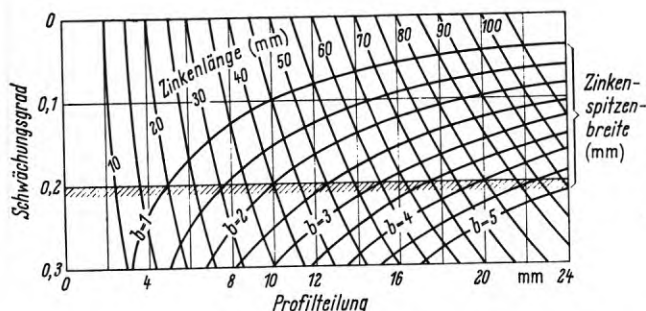


FIG. 22. Nomogram ur DIN 68140, visande fingerspetsbreddens inverkan på hållfastheten vid olika profildelning och fingerlängd

Nomogram from DIN 68140 showing the influence of the width of the fingertip with varying pitch and length of the fingers

av 40-60 mm föreskrivs för den högsta hållfasthetsklassen. Denna slutsats emanerar förmodligen från tanken att fingerskarven är en

veckad skäftskarv, vilket är en sanning med modifikation. Orsaken till att en snedskarvs hållfasthet ökar med längden torde främst vara att vinkeln mellan limytan och fiberriktningen då blir mindre och att limytan blir större.

Även en fingerskarvs hållfasthet är givetvis beroende av limytans storlek, men när denna är tillräckligt stor, vilket den blir vid flanklutningar mindre än ca 1:8, blir fingerspetsbredden den bestämmande faktorn vad beträffar skarvens styrka. Svagheten hos en fingerskarv ligger alltså huvudsakligen i den tvärsnittsreduktion som uppstår på grund av att limningen av ändträet i fingerspetsarna ej är verksamt. En förstärkning av hållfasthetsreduktionen föreligger vid de s.k. sinkspel - hålrum vid fingerspetsarna - som DIN 68140 kräver för att säkerställa att fingerflankerna får tillräckligt presstryck vid limningen. Av ovanstående följer att skarvlängden från hållfasthets-synpunkt är av underordnat intresse medan fingerspetsbredd och limyta, den senare bestämd av flanklutningen, är av avgörande betydelse.

För att få en uppfattning om fingerspetsbreddens och även sinkspelets inverkan på hållfastheten utfördes prov med felfritt, oskarvat virke. Provkropparna klövs i längsled i två lika delar. I den ena delen borrades cylindriska hål, diameter 1, 2 och 3 mm, i samma mönster som sinkspelen i en 35 mm lång fingerskarv enligt DIN 68140 uppvisar, den andra behölls som den var. Resultatet från efterföljande böjprovning blev att en ökning av håldiametern med 1 mm reducerade hållfastheten med ca 7 %. Även DIN 68140 uttrycker klart att ökande fingerspetsbredd reducerar fingerskarvens styrka, vilket också verifierats av Selbo (1963) m. fl.

2.2 TILLVERKNING AV FINGERSKARVAR

2.2.1 Framställning av fingerprofiler

Fingerskarvprofilerna framställdes vid KTH med en vanlig fräsmaskin utrustad med ett åkbart uppspanningsbord, och med vertikal spindel, \emptyset 30 mm, FIG. 23.

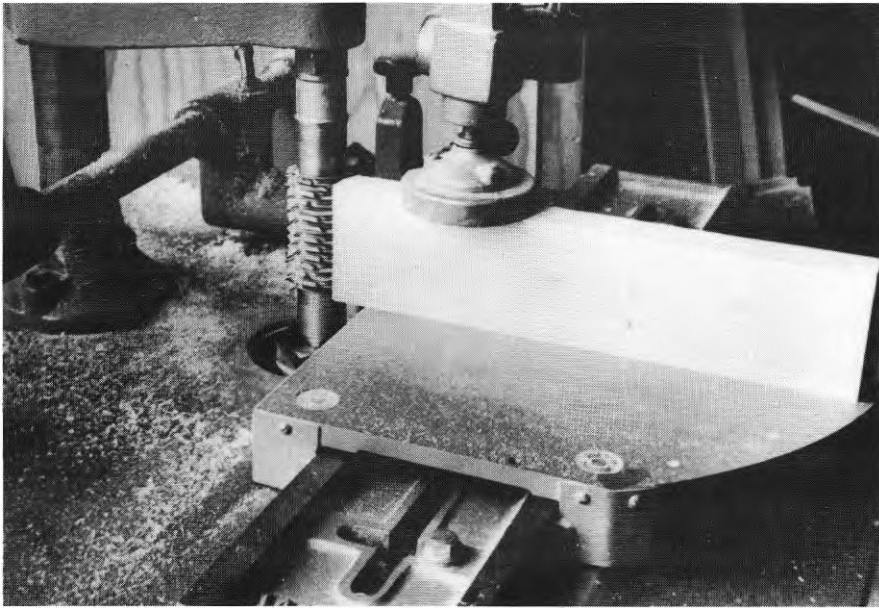


FIG. 23. Fräsmaskin med uppspänningsbord
Machine for cutting the fingers

Före fräsningen justerades de ändtytor som skulle profileras genom kapning eller planfräsning, för att bli plana och parallella med det plan i vilket fräsverktyget rörde sig under fräsoperationen.

Stora urslag på skarvstyckenas baksida, till men både för hållfasthet och utseende, uppträder vid många fingerskarvningsanläggningar som arbetar med stora, konventionella fingerprofiler. Vid fräsning av små fingerprofiler däremot blir urslagen mycket små, endast några tiondels mm, trots att inget mothåll anbringas på verktygens utgångssida. På grund av verktygssatsens ringa massa samt den lilla volymen utskuret trä kan man vid profilfräsningen använda lätta maskiner med litet effektbehov. Då det dessutom är lätt att byta ut en verktygsskiva som av någon anledning skadats - något som aldrig inträffat vid provningarna - kan man konstatera att tillverkningen av fingerprofilerna uppfyller önskemålet om enkelhet.

2.2.2 Limning

Vid provningarna utfördes limpåföringen på enklaste sätt, nämligen genom att doppa profilerna i lim.

Under arbetets gång provades även andra metoder att sprida lim på fingerprofilerna. Målsättningen var att finna en metod lämplig för industriellt bruk med vilken man kan tillföra fogen exakt så mycket lim som erfordras för en fullgod limning, men icke mer. Tre olika metoder undersöktes:

- 1) att spruta limmet på profilerna
- 2) att trycka en i lim doppad lämpligt utformad stämpel mot profilerna
- 3) att använda en roterande limvals.

Metod 1), sprutning har stora principiella fördelar och fungerade tillfredsställande i laboratorieskala. Då metoden med tillgänglig utrustning och använda limtyper visade sig vara känslig (föroreningar sätter igen munstycken, härdande lim kan, särskilt vid intermitterent drift, börja hårdna i munstycken och rörledningar etc.), bedömdes den vid tidpunkten ifråga vara mindre lämplig för industriellt bruk och övergavs. Senare har metoden dock åter tagits upp till utveckling i samband med fingerskarvning. (Se kap. 3.6.4.) Metod 2), som används i många konventionella fingerskarvningsanläggningar, ansågs mindre lämplig på grund av stort limspill, medan metod 3) i form av en tvåvals-spridare med profilerade valsar, visade sig uppfylla de krav som ställts. En limpåförare av denna typ specialtillverkades vid institutionen. FIG. 24.

Vid användning av denna limspridare, som gav en väl avvägd limmängd, blev limåtgången ungefär 5 g per skarv vid 2" x 4" virke, vilket motsvarar ca 160 g/m² limfog. Som jämförelse kan nämnas att det vid konventionell skarvning går åt mer än dubbelt så mycket lim varav större delen utgöres av spill, vilket avsätter sig i maskiner och på golv.

2.2.3 Sammanpressning

För sammanpressning av fingerprofilerna tillverkades en pressbalk av en 113 mm U-profil, uppstyvad med en kraftig H-profil. U-profilen försågs i båda ändar med kraftiga tvärväggar, mellan vilka skarvstyckena och en 10-tons hydraulcylinder placerades. Hydraulcylindern manövrerades med en handpump och

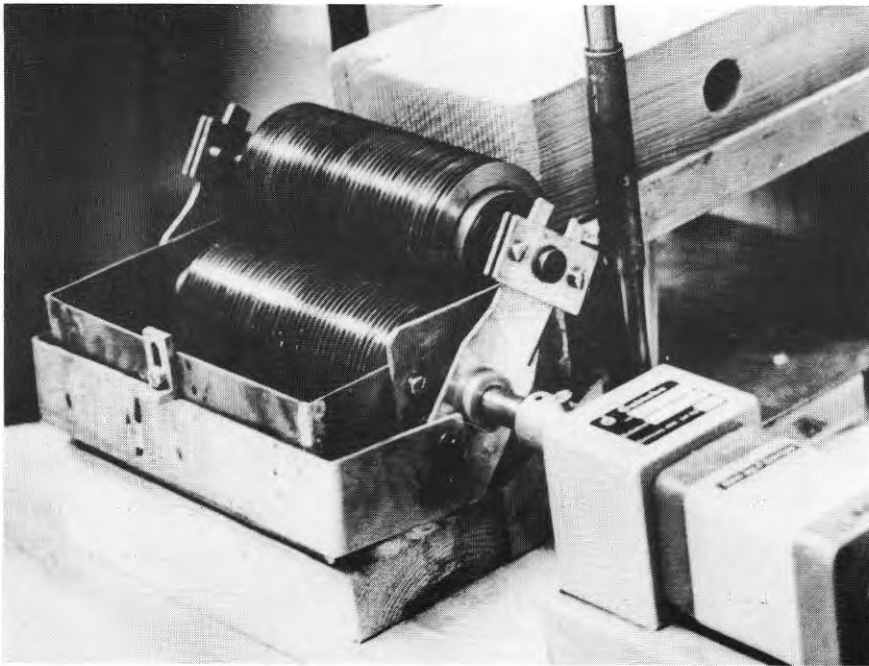


FIG. 24. Limpåförare. Den profilerade träbiten rör sig i vertikalled med ungefär samma hastighet som periferin på den övre valsen, vilken drivs av den undre valsen med hjälp av vätskefriktion i limskiktet mellan valsarna

Glue applicator. The profiled end moves vertically with the same speed as the periphery of the upper roll, which is rotating due to friction in the glue line between the rolls

presskraften kunde avläsas på en manometer, kalibrerad för den använda cylindern. Maximal presslängd var ca 85 cm, FIG. 13.

På grund av skarvens täta delning bör skarvstyckena under sammanpressningen styras så att deras längdaxlar bringas att sammanfalla på önskat sätt.

Genom att komplettera utrustningen med bl. a. ett par hydraulcylindrar (B i FIG. 13) kunde även, som tidigare nämnts, skarvens omedelbara hållfasthet, initialhållfastheten, undersökas.

2.3 ORIENTERANDE PROVNINGAR

För att på ett tidigt stadium få en uppfattning om skarvens kvaliteter i olika avseenden utfördes en rad orienterande försök.

Sluthållfastheten ansågs vara viktigast - om skarven inte kunde

tillåtas i konstruktionsvirke skulle ju användbarheten starkt reduceras - varför intresset till att börja med koncentrerades på denna. För att få en uppfattning om skarvens verkningsgrad användes helren furu, fri från synliga defekter. (Med verkningsgrad avses förhållandet mellan hållfastheten hos skarvat virke och hållfastheten hos samma virke oskarvat.) Härigenom stördes inte bedömningen av eventuell inverkan av kvistar och andra felaktigheter. Limningen utfördes med ett karbamidhartslim, Cascorit 1201¹ med separat härdare 2560. Vid pressningen användes olika presstryck i intervallet 10-100 kp/cm² för att undersöka presstryckets inverkan på sluthållfastheten, vilken bestämdes genom böjprovning.

Resultaten av provningarna var förbluffande. Relativt de oskarvade stavarna var de skarvades hållfasthet av storleksordningen 98-105 %. Absolutvärdena var också goda, medelvärde ca 640 kp/cm² och karakteristisk hållfasthet, σ_c , ca 470 kp/cm². Beträffande verkningsgraden måste reservation göras för de orimligt höga värdena då dessa var en följd av en ofullkomlighet i provningsutrustningen. Upplagens radie var nämligen för liten för de belastningar som krävdes för att uppnå brott. I stället för att få brott inom området för största böjmomentet, som är det normala, fick man för många stavar brott under upplagen. Detta gällde i särskilt hög grad de oskarvade stavarna.

Presstryckets inverkan på hållfastheten i det undersökta intervallet verkade vara obetydlig. Det bör dock framhållas att 10 kp/cm² gav ca 1,0 mm sinkspel (avståndet mellan finger-spets och fingerbotten) medan 75 kp/cm² gav en i det närmaste tät fog. Hållfasthetsmässigt bör detta ha betydelse även om det inte framgick av denna undersökning. Dessutom bör skarven av utseendeskäl göras så tät som möjligt.

Redan vid de första försöken med fingerskarven noterades dess goda initialhållfasthet. Undersökningen av denna intressanta egenskap innebar till att börja med vissa problem då det inte fanns någon lämplig provningsmetod. För ändamålet konstrue-

¹ Tillverkare AB Casco, Nacka.

rades därför den tidigare beskrivna utrustningen, FIG. 13.

De inledande försöken utfördes huvudsakligen med två lim, dels ett Polyvinylacetatlim, Cascol 3325¹ och dels det tidigare nämnda karbamidhartslimmet, Cascorit 1201¹ + H2560. Av resultaten framgick att man vid tryck över 50 kp/cm² redan omedelbart efter sammanpressning får så pass hög hållfasthet att virket utan svårighet torde kunna hanteras och bearbetas. De båda limmen skilde sig i ett avseende: Medan PVA-limmet visade starkt ökande initialhållfasthet, både med ökande presstryck och tid så var karbamidlimmet mindre beroende av tiden, dvs. tiden närmast efter sammanpressning. Denna olikhet, som ytterligare accentuerades vid användande av andra lim, kommer närmare att belysas i det följande.

Vad gäller skarvens utseende så framgick redan av dessa provningar att resultatet var lyckat. Dels blir urslagen som nämnts mycket små, dels har sinkspelet genom användande av spetsiga verktyg och högt presstryck eliminerats. Skarven blir vid användande av färglösa eller ljusa lim, praktiskt taget osynlig. Detta är av stor betydelse, i synnerhet för snickeriindustrin, då ytbehandling som målning och lackering kan utföras utan speciell förbehandling.

För att kontrollera fogens egenskaper vad beträffar målningsbarhet fick en färgfabrikant, Klint-Bernhard & Co. utföra några normalytbehandlingar på skarvade trästycken och därefter testa dem i blisterbox. Vid denna undersökning erhöles inte några som helst blåsor eller sprickor i anslutning till skarven. Blisterboxprovet är mycket hårt, varför skarven kan sägas ha mycket god målningsbarhet.

2.4 INITIALHÅLLFASTHET

En av fördelarna med fingerskarvning är att man i många fall får en viss omedelbar hållfasthet vid sammanpressning som gör att skarvstyckena inte faller isär spontant även om presstrycket avlastas innan limmet i skarven hunnit binda. I några fall har

¹ Tillverkare AB Casco, Nacka.

man lyckats utnyttja denna initialhållfasthet på så sätt att man kunnat transportera virket till upplag omedelbart efter kall sammanpressning. Trots betydelsen av denna egenskap har det ej varit möjligt att någonstans finna uppgifter om att initialhållfasthetsegenskaperna närmare undersökts. Orsakerna till detta kan vara många men avgörande torde vara att man med konventionella fingerskarvar, oftast längre än 30 mm, ej kunnat uppnå särskilt hög initialhållfasthet, något som skall förklaras senare.

Med den enkla anordning för initialhållfasthetsprovning som beskrivits tidigare, FIG. 13, har man möjlighet att snabbt växla mellan tryck och dragning i provstyckenas längdriktning varigenom det är möjligt att mäta draghållfastheten omedelbart efter sammanpressning.

2.4.1 Inverkan av presstryck, limtyp och tid

Då målsättningen var högsta möjliga sluthållfasthet, och då detta kräver en tät fog utan nämnvärt sinkspel, undersöktes initialhållfastheten främst vid fingerlängden 7,5 mm, som med den använda profilen ger en i det närmaste tät fog vid de presstryck som är aktuella. Förutom inverkan av olika lim och presstryck studerades även hållfasthetstillväxten under den första halvminuten. Då också fingrarnas längd och därmed fingerspetsbredden har en avgörande inverkan på initialhållfastheten utfördes en särskild undersökning av detta.

Det bör påpekas att skarvning av träslag med annan volymvikt och hårdhet än furu kan medföra att optimum för presstryck och fingerlängd förändras.

Presstryckets inverkan på initialhållfastheten är närmast lineär. På grundval av prov gjorda utan något tillsatsmedel i fogen, alltså med enbart friktionskrafter som bindning har diagrammet i FIG. 25 upprättats.

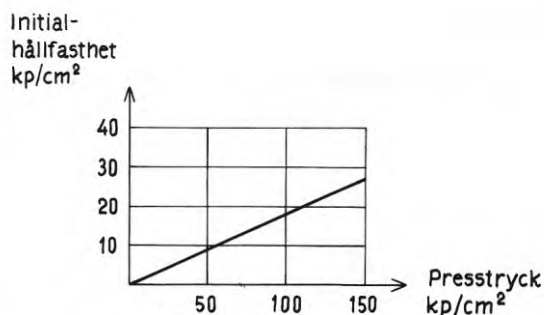


FIG. 25. Initialhållfastheten som funktion av presstrycket. Enbart friktionskrafter verksamma

Initial strength as a function of pressure. Only friction forces active

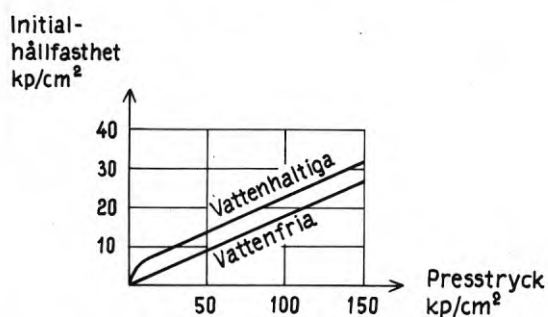


FIG. 26. Initialhållfastheten som funktion av presstrycket. Jämförelse mellan vattenhaltiga och vattenfria substanser

Initial strength as a function of pressure. Comparison between substances with and without water

Redan vid de inledande provningarna konstaterades skillnader mellan olika limtyper. För att kunna fastställa anledningen till att olika lim ger olika initialhållfasthet utfördes provningar inte bara med lim, utan även med många andra ämnen, som vatten, sprit, smörjolja, glycerin etc. Resultaten har sammanfattats i FIG. 26.

Man konstaterar att de olika ämnena kan delas in i två grupper:

Den ena gruppen utgörs av s. k. vattenfria ämnen eller ämnen som visserligen innehåller vatten men har detta bundet så att det inte omedelbart kan åstadkomma någon svällning av träet. Hit hör ämnen som glycerin och smörjolja samt lim av epoxy- och resorcinoltyp.

Den andra gruppen innefattar vatten och vattenhaltiga substanser som sprit, PVA- och karbamidhartslim, vilka har förmåga att omedelbart svälla träet och därigenom ge upphov till en ökad hållfasthet, beroende på ökat normaltryck mellan fingerflankytorna. Det är även troligt att friktionskoefficienten ökar p. g. a. att träets ojämnheter genom svällningen griper in i varandra och åstadkommer en förankring, "interlocking effect".

För de vattenfria ämnena åstadkommes initialhållfastheten praktiskt taget uteslutande av friktion, medan man vid de vattenhaltiga ämnena dessutom får ett svällningstillskott vilket gör att initialhållfastheten ökar med ca 5 kp/cm^2 .

Beträffande tidsfaktorn (förhållandet omedelbart efter sammanpressning samt 30 sekunder därefter) konstaterades följande skillnader mellan olika lim:

Epoxylimmet är helt vattenfritt och visar ingen hållfasthetsökning under den första halvminuten. Resorcinolhartslimmet ger en måttlig hållfasthetsökning beroende på att vatteninnehållet i någon mån frigjort sig från limmet och börjat svälla träet. Ökningen av initialhållfastheten vid karbamidhartslim torde bero på att vattnet trängt in i träet så långt att hela tvärsnittet kan sägas vara helt svällt med härav följande ökning av normalkraften mellan kontaktytorna. PVA-limmet slutligen ger en mycket starkt ökande hållfasthet med tiden till följd av limmets verkningssätt. PVA-limmet utbildar nämligen vid avvattning omedelbart en PVA-film som i kombination med friktion och maxi-

mal svällning ger en mycket hög hållfasthet.

Initialhållfasthetens beroende av de faktorer som här genomgått (presstryck, lim och tid) har sammanfattats i FIG. 27. I samband

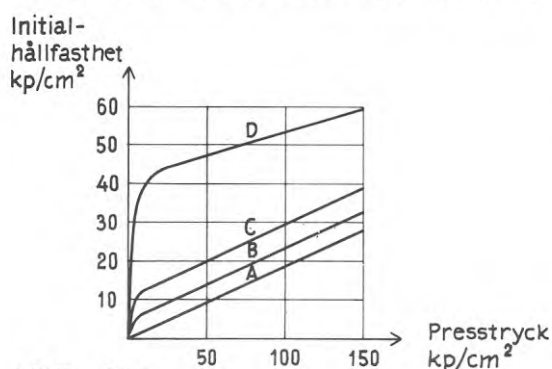


FIG. 27.

Initialhållfastheten som funktion av tid efter sammanpressning, lim och presstryck

	0 sek	30 sek
Epoxyharts	A	A
Fenol-resorcinolharts	A	B
Karbamidharts	B	C
Polyvinylacetat (PVA)	B	D

Initial strength as a function of time after assembly, glue and pressure

	0 sec	30 sec
Epoxy resin	A	A
Phenol-resorcinol resin	A	B
Urea resin	B	C
Polyvinylacetate (PVA)	B	D

härmed har vissa generaliseringar varit nödvändiga; avstegen från erhållna försöksresultat är emellertid inte större än att de ryms inom ramen för försöksresultatens spridning.

2.4.2 Inverkan av fingerlängd och flanklutning

Beträffande begreppen fingerlängd och flanklutning hänvisas till 1.2.

Undersökningen av inverkan av ovanstående parametrar utfördes endast med karbamidhartslim av den anledningen att detta lim är det enda som synes aktivera både friktions- och svällningskrafter omedelbart, utan inverkan av andra bindningskrafter. Av FIG. 28 framgår att initialhållfastheten är starkt beroende av fingerlängden. Kurvans branta lutning visar att man

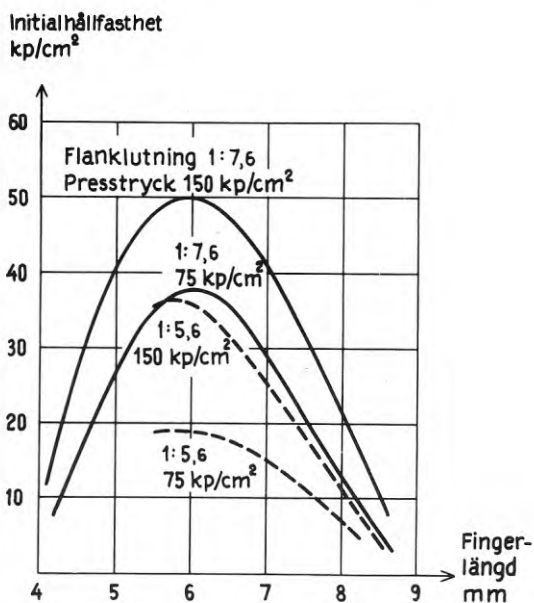


FIG. 28. Initialhållfastheten som funktion av fingerlängden vid olika flanklutning och presstryck
Initial strength as a function of length of the fingers at varying slopes and pressures

kan förbättra eller försämrara initialhållfastheten avsevärt genom en liten förändring av fingerlängden (=skärdjupet). Som framgår av figuren är optimal fingerlängd med avseende på initialhållfastheten ca 6 mm för den här aktuella profilen. Det bör dock påpekas att den bästa sluthållfastheten erhöles vid en fingerlängd av 7,5 mm.

Anledningen till att initialhållfastheten varierar på ovan angivet sätt kan med utgångspunkt från fingerlängden 7,5 mm, som visat sig ge en tät fog vid presstryck omkring 75

kp/cm^2 , förklaras på följande sätt. Ökas fingerlängden får man en avlastning av fingerflankerna genom att fingrarna bottnar och spetsarna börjar ta upp en del av presstrycket, med mins-

kad friktionskraft som följd. Om man i stället minskar fingerlängden blir den effektiva kontaktytan på fingerflankerna mindre med ökat normaltryck som följd, då samma totala presskraft skall upptagas. Som tidigare nämnts får man då troligen en högre friktionskoefficient p. g. a. "interlocking". Friktionskoefficienten växer med ökat yttryck så snabbt att produkten av effektiv yta och friktionskraft per ytenhet växer, trots att effektiva ytan minskar med fingerlängden. Detta sker upp till den gräns där normalkraften inte kan öka mer p. g. a. plastisk deformation av fingerflankerna. Därefter kommer följaktligen friktionskraften att minska allteftersom den effektiva ytan minskar vid ytterligare förkortning av fingret. En konsekvens av detta resonemang är att den för initialhållfastheten optimala fingerlängden bör vara kortare vid högre presstryck än vid lägre, eftersom man vid högre presstryck får en tät fog med ett något kortare finger. FIG. 28 visar också en svag sådan tendens.

I FIG. 28 visas även flanklutningens inverkan på initialhållfastheten. Det framgår klart att en större flanklutning ger lägre initialhållfasthet.

2.4.3 Jämförelse med konventionella fingerskarvar

Ovan har visats att man med den aktuella profilen vid den för sluthållfastheten optimala fingerlängden 7,5 mm även får en hög initialhållfasthet. Av vilken anledning kan man då inte erhålla samma höga initialhållfasthet med hittills vanligen använda större fingerprofiler?

Klyvkraften per finger fås genom enkla geometriska samband ur FIG. 29.

$$T = \sigma_p \cdot b \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{\cos\beta - \mu \sin\beta}{\sin\beta + \mu \cos\beta}$$

Om flanklutningen är densamma för två typer av fingerskarvar och friktionskoefficienten antages vara konstant samt 1 breddenhet betraktas, kan formeln förenklas till

$$T = \sigma_p \cdot b \cdot k$$

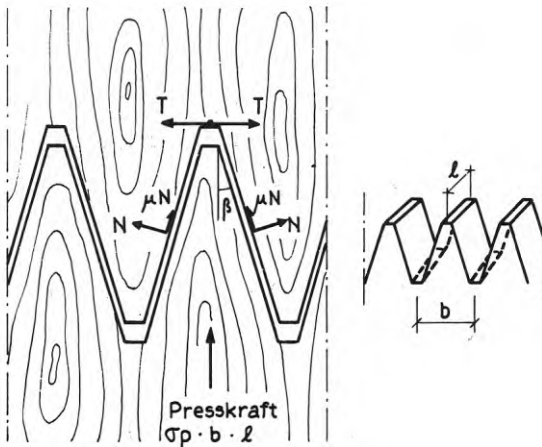


Fig. 29. Beteckningar använda vid härledning av klyvkraften T
 Symbols used in the derivation of the splitting force T

fasthet. Det kan nämnas att i furu tål en fingerskarv av den typ som här behandlas upp till ca 225 kp/cm^2 presstryck utan att ta skada.

Vidare kan konstateras, att då vattenhaltiga lim används, svällningstillskottet till initialhållfastheten vid små fingrar förmodligen blir maximalt, dvs. inom skarvlängden är sektionen fullt svälld, medan däremot vid större fingrar endast de ytliga delarna av fingrarna hinner uppta vatten och svälla. Dessa slutsatser har verifierats genom försök utförda med en 30 mm lång skarv och det finns ingen anledning att förmoda att resonemanget inte skulle vara allmängiltigt.

Redan vid relativt låga presstryck, $10\text{-}15 \text{ kp/cm}^2$ måste man vid konventionella fingerskarvar oftast anbringa presstryck i tvärläng för att få en fullgod skarv. Denna åtgärd är också föreskriven för högsta hållfasthetsklass enligt DIN 68140, då man annars får en utböjning av de yttersta fingerflankerna p. g. a. de spjälkningskrafter som uppstår i skarven vid pressning.

Den korta fingerskarven tål som tidigare nämnts mycket höga tryck utan att skadas. Man får dock en utböjning av det yttersta halvfingret som gör att detta inte blir perfekt limmat. Då delningen är så tät som 2,5 mm blir detta yttersta halvfinger endast maximalt 1,25 mm. Det skarvade virket skall så gott som

där alltså klyvkraften per finger är direkt proportionell mot presstrycket (σ_p) och delningsmättet (b). Man kan alltså anbringa högre axiellt presstryck på en kort skarv än på en lång med samma flanklutning, utan risk för att skarvstyckena splittas och härigenom få högre initialhåll-

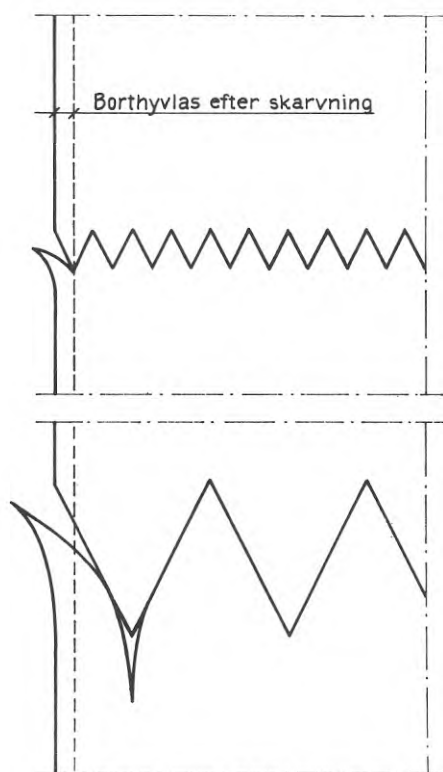


FIG. 30. Utböjning av det
yttersta fingret
Bending of the
outer finger

alltid bearbetas på något sätt efter skarvning varför de yttersta 1,25 mm i samband härmed arbetas bort. Den färdiga skarven blir därför perfekt limmad över hela tvärsnittet utan att sidotryck behöver anbringas, FIG. 30.

2.5 SLUTHÅLLFASTHET

2.5.1 Böjhållfasthet

Av utförda böjhållfasthetsprovingar redovisas här den som bedöms vara mest representativ då den utfördes med 43 x 100 mm konstruktionsvirke, T-300, som togs slumpmässigt från virke avsett för limträ tillverkning. Virket ställdes till förfogande av Töreboda Limträ

AB. Virkespartiet bestod av 90-cm bitar, varav några var finger-skarvade vid Törebodafabriken med en fingerprofil med 32 mm längd och 6,5 mm delning. Spetsbredden var endast 0,6 mm, vilket är ovanligt litet för en så lång skarv. Av de oskarvade bitarna uttogs några som kontrollprov medan de övriga kapades på mitten, oberoende av om kapsnittet föll i virkesfel eller ej, varefter de frästes, blandades om så att skarvkombinationerna blev helt slumpmässiga, och limmades. Av nedanstående tabell framgår förutom hållfasthetsvärden även de olika limtyper som användes.

Resultat av böjhållfasthetsprovning av konstruktionsvirke.

Skarvtyp	KTH kort	Töreboda Limträ AB	Oskarvade kontrollprov	
Lim	Resocoll ^a	Cascorit 1201 ^b	Karb.hartslim	
Härdare	H 25	H 2560		
σ_m (kp/cm ²)	603	608	626	695
S (")	68	48,5	104,5	165,5
$\sigma_{b_{2,5}}$ (")	467	511	417	364

^a Resorcinollim, Petunia AB

^b Karbamidhartslim, Casco AB

σ_m = medelvärde av samtliga hållfasthetsvärden

S = standardavvikelse

$\sigma_{b_{2,5}}$ = $\sigma_m - 2 s$ = karakteristisk hållfasthet (enl. NKB).

Medelhållfastheten för det oskarvade virket var högre än för det skarvade. Den karakteristiska hållfastheten var däremot högre för det skarvade virket, allra högst för den korta skarven, vilket beror på den mindre hållfasthetsspridningen. Även Brynildsen (1965) m. fl. har observerat att man får mindre spridning vid böjprovning av skarvat virke jämfört med oskarvat.

2.5.2 Draghållfasthet

En limträbalks styrka är starkt beroende av hållfastheten hos de yttersta dragna lamellerna. I här redovisade undersökning utfördes dragprovningar enligt FIG. 12 med små provkroppar, tvärsnitt 6 x 40 mm, vilket innebar fördelar - enkel tillverkning och provning - men även nackdelar - små virkesfel får stor inverkan. FIG. 31 visar erhållna draghållfasthetsvärden i form av stapeldiagram.

Enligt Madsen & Littleford (1962) når en fingerskarv en övre hållfasthetsgräns vid ca 700 kp/cm². Föreliggande undersökning gav inte belägg för detta påstående; någon markant högsta gräns

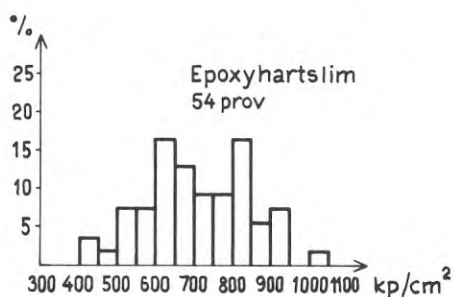
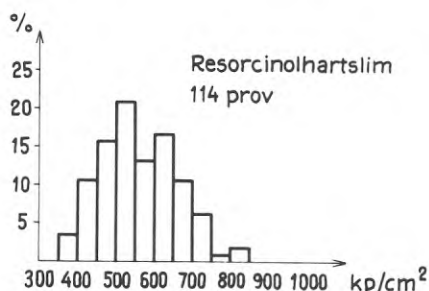
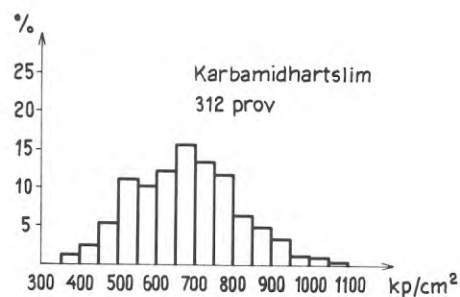


FIG. 31. Stapeldiagram visande draghållfasthetsfördelningen vid olika limtyper

Bar graph showing tension strength distribution of various types of adhesives

för hållfastheten kunde inte konstateras. Däremot har, oavsett vilket lim som använts, endast för 3 % av proverna brott skett vid lägre värden än 400 kp/cm², dock aldrig under 380 kp/cm², såvida icke förekommande virkesfel utanför fogen varit så stora att brott skett i dessa.

Hållfasthetsspridningen vid denna dragprovning var avsevärt större än vid de böjprovningar som utförts. Förklaringen till detta kan vara att p. g. a. provkropparnas små dimensioner, ur en 50 x 100 mm regel fås 10 prov, även små virkesfel får stor inverkan på hållfastheten. Ett tecken på detta är att man med provkroppar tagna ur ett och samma tvärsnitt om 50 x 100 mm kan få värden från 400 till 1000 kp/cm². Om det i stället varit

möjligt att dragprova virke i full skala skulle man förmodligen kunnat vänta sig en spridningsbild som mer överensstämmer med den som erhöles vid böjprovning.

För konstruktionsändamål är det främst fenol-resorcinol- och karbamidhartslim som är intressanta och därför har nästan uteslutande dessa limtyper använts vid hållfasthetsprovningarna. Tack vare den goda initialhållfastheten kan den nya skarven med fördel användas för limning i rumstemperatur utan tillförsel av värme. Det resorcinolhartslim som använts, Resocoll + Härda-re H21¹ har gett fullgoda limningar vid + 20°C.

¹ Tillverkare Petunia AB, Lidingö.

2.6 JÄMFÖRELSE MED EN 35 MM

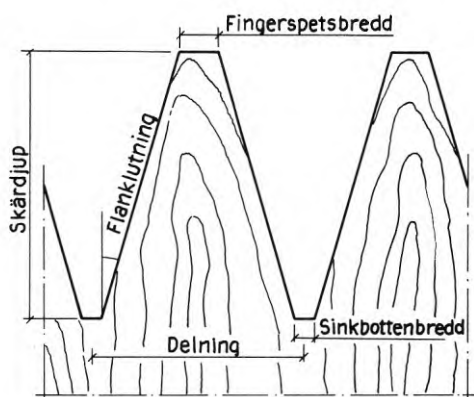
LÅNG FINGERSKARV

I början av år 1967 började Ji-Te AB, Åstorp som första företag i Sverige, tillämpa den nya fingerskarvningsmetod som utvecklats vid Institutionen för Byggnadsteknik, KTH.

Till att börja med använde sig Ji-Te AB inte av den undersökta, rekommenderade skarvlängden, utan stannade för en något längre skarv, ungefär 12 mm, med avsikt att successivt, efter vunnna driftserfarenheter, förkorta skarven.

För att övergå till en ännu kortare skarv önskade man en direkt jämförelse av de mekaniska egenskaperna hos den tidigare använda 35-mm-skarven och den nya ca 8 mm långa, något som tidigare provningar inte medgav.

Den undersökning som redovisas i detta kapitel tillkom på initiativ av Dr Hans Baumann, Ji-Te AB. Undersökningsmaterialet, virke och lim, ställdes till förfogande av Ji-Te AB, Åstorp, resp. Petunia AB, Lidingö.



	Kort skarv	Lång skarv
Flanklutning	1:8,4	1:8,4
Delning	2,5 mm	10,75 mm
Skärdjup	8,0 mm	34,0 mm
Fingerspetsbredd	0,4 mm	1,5 mm
Sinkbottenbredd	0,2 mm	1,1 mm

FIG. 32. De fingerprofiler som användes vid jämförande undersökning av kort resp. lång skarv

Finger profiles used for the comparison between a short and a long finger joint

Som framgår av FIG. 32, kan de jämförda profilerna anses vara i det närmaste likformiga. Det bör påpekas att båda verktygen slipats om för att ge denna överensstämmelse; sålunda hade Ji-Te:s verktyg ursprungligen något trubbigare spets, ca 2 mm och det mindre verktyget något brantare flanklutning, 1:7,6.

För att begränsa undersökningens omfång användes endast ett lim, ett vanligt karbamidhartslim med separat härdare.

2.6.1 Initialhållfasthet

Provningen av draghållfastheten omedelbart efter sammanpressning av skarvstyckena gav väntade men överraskande stora skillnader mellan de båda skarvarna, FIG. 33.

Man kunde förvänta sig att hållfasthetsökningens beroende av presstrycket skulle vara lika stor för de båda typerna upp till

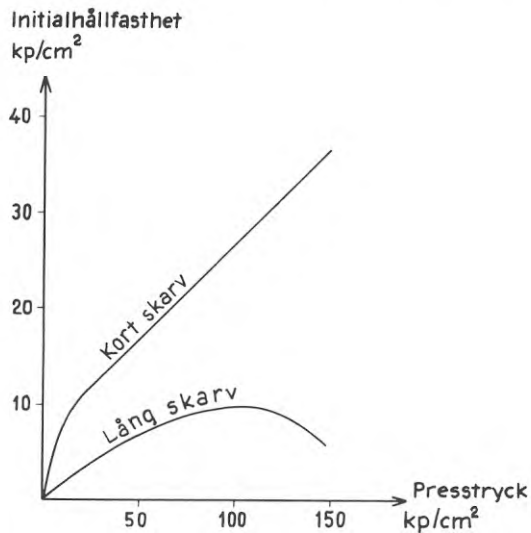


FIG. 33. Initialhållfasthet som funktion av presstrycket
Initial strength as a function of pressure

det presstryck vid vilket den större skarven splittas. Detta var emellertid alls icke fallet. Redan vid låga presstryck var skillnaden i draghållfasthet avsevärd, något som blev alltmer markant vid högre presstryck. Strax över presstrycket 100 kp/cm² omöjliggjordes vidare jämförelse då skarvstyckena med den långa skarven började splittas vid hoppresning. Den korta skarvens initialhållfasthet fortsatte att stegras med presstrycket.

Då den korta skarvens initialhållfasthet utförligt behandlats i kap. 2.4 avstås här från ytterligare kommentarer.

2.6.2 Sluthållfasthet

Sluthållfasthetsprovningen utfördes som böjprovning enligt den av NKB rekommenderade metoden, FIG. 11. Vid vart och ett av de olika presstryck som användes, limmades 25 provbitar av vardera skarvtypen, för 175 kp/cm² dock bara 18 st. Dessutom uttogs 20 provbitar vilka provades oskarvade, detta för att ge möjlighet till en uppskattning av skarvarnas resp. verkningsgrad. Det bör påpekas att virkespartiet ej utgjordes av hållfasthetssorterat virke. Resultatet av provningarna framgår av FIG. 34, där medelvärdena på brothållfastheten finns redovisade.

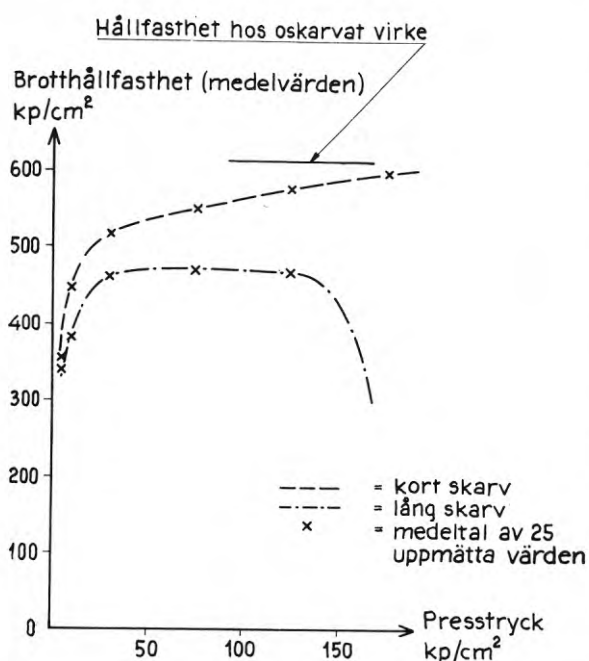


FIG. 34. Böjhållfasthet som funktion av presstrycket
Bending strength as a function of pressure

50 kp/cm² varefter de vid sammanpressningen verkande klyvkrakterna blev så stora att en hållfasthetsreduktion inträdde.

2.6.3 Kommentar

De utförda undersökningarna var en viktig och nödvändig komplettering till de som tidigare utförts. Dels hade den slutliga hållfasthetens beroende av presstrycket ej nöjaktigt fastställts, dels hade en konsekvent genomförd jämförande undersökning av två likformiga skarvar med olika längd ej utförts.

Båda dessa saker belystes genom den utförda undersökningen och resultaten styrkte uppfattningen att den korta fingerskarven, förutom sina klara ekonomiska fördelar, små virkesförluster, billiga verktyg och ringa effektbehov för fräsning, även svarar mot högt ställda krav på såväl initial- som sluthållfasthet.

Att Ji-Te AB delade denna uppfattning kan man utgå ifrån då det inte dröjde länge innan man började utnyttja den rekommenderade fingerlängden om ca 8 mm.

Det överraskande med dessa resultat är dels att den korta skarven vid samtliga presstryck hade högre hållfasthet än den längre, dels att den korta skarvens verkningsgrad var så hög vid de högsta använda presstrycken, ca 96 %. Den längre skarven lyckades inte uppnå 80 % verkningsgrad, vilket var väntat. Medan den korta skarven uppvisade ökande hållfasthet med ökande presstryck i hela det provade intervallet, uppnådde den längre skarvens hållfasthet ett maximum vid ca

2.7 ANVÄNDNINGSSOMRÅDEN

Inom industrin finns ett stort och ständigt växande behov av att kunna skarva konstruktionsvirke. Undersökningarna av den vid KTH utvecklade fingerskarven visade att den borde kunna bli godkänd för användning i konstruktionsvirke. På grund av skarvens små dimensioner och den minimala limåtgången bör kostnaden per skarv bli så låg att det lönar sig att skarva även mycket korta trästycken för att öka virkesutbytet. Skarvens goda initialhållfasthet gör det möjligt att använda ett kalllimningsförfarande, då limmet ej behöver vara uthärdat när skarven lämnar pressen. Som tidigare nämnts finns idag resorcinolhartslim med egenskaper som gör att även denna limtyp kan användas för limning i rumstemperatur. Detta öppnar möjligheter att skarva sågat virke i allmänhet då limtypen dessutom medger limning av virke med relativt hög fuktkvot. Såvitt man idag kan bedöma kommer skarvning av konstruktionsvirke att få mycket stor ekonomisk betydelse.

Inom snickerisektorn är hållfastheten ofta av underordnad betydelse, intresset fokuseras i stället på virkesekonomi, utseende samt enkelhet i tillverkning. Man har länge arbetat med 30-35 mm långa fingerskarvar, vilket innebär att den kortare skarven ger en virkesbesparing av 20-25 mm per skarvning. Dessutom är skarven enklare och billigare att framställa och kräver mindre lim. Utseendet har tidigare berörts. På grund av att skarvningen medför så liten virkesförlust kan man tänka sig att på ett helt annat sätt än hittills höja kvaliteten på virket genom att kapa bort kvistar och andra virkesfel.

Fingerskarvning används ofta vid tillverkning av dörr- och fönsterkarmar samt ramar av olika slag. Man vinner här förutom ett högre virkesutbyte även bättre formstabilitet, ty de längsgående spänningar som orsakar krokighet och skevhet tycks inte överföras genom en ändskarv. Det är även möjligt att skarva olika lister, ämnen till rundstav och annat klenvirke.

Vid industriell tillverkning av timrade fritidshus måste man ofta skarva stockarna för att få önskade längder. Skarvningen har hittills utförts som enkel bladfog. En sådan fog är virkes-

krävande, svår att fixera och svår att få tät. Vid skarvning av sågfärska (fuktkvot ca 100 %) blocksågade stockar med den nya fingerskarven, har det visat sig att initialhållfastheten var fullt tillräcklig för att tillåta upptimring omedelbart efter skarvning. Sluthållfastheten vid böjprovningar som vid denna applikation är av helt underordnat intresse var ungefär 300 kp/cm^2 , vilket är imponerande med hänsyn till den extrema fuktkvot vid vilken limningen skedde.

2.8 KOMMENTAR

Då det gäller att utveckla en ny metod med allt vad detta medför, har det inte funnits utrymme för hållfasthetsundersökningar i stor skala utan dessa har begränsats till vad som varit oundgängligen nödvändigt för utvecklingsarbetet. En brett upplagd undersökning, som avsett att ge ett mera omfattande statistiskt underlag för bedömning av fingerskarvars inverkan på hållfastheten i konstruktionsvirke, har genomförts vid Svenska Träforskningsinstitutets avdelning för träteknik. I denna undersökning har den skarv som utvecklats vid KTH ingått jämsides med konventionella fingerskarvar. Resultatet av provningarna av konventionella fingerskarvar har publicerats av Edlund (1969) och (1971).¹ KTH-skarven har även provats med gott resultat vid Otto Graf Institut i Stuttgart. Denna provning var dock av mindre omfattning.

¹ Resultaten av provning av KTH-skarven har redovisats i STFI, Medd. Serie B, Nr 57. 1971.

3 KOMPLETTERANDE ARBETEN INOM FINGERSKARVNINGSOMRÅDET

3.1 BAKGRUND

De resor och det litteraturstudium som ligger bakom del 1 av denna rapport, och det utvecklingsarbete som redovisas i del 2, gav en mängd uppslag till intressanta arbetsuppgifter. Vidare resulterade samarbete med Svenska Träforskningsinstitutets trätekniska avdelning i ett par undersökningar som genomfördes vid Institutionen för Byggnadsteknik, KTH. Denna tredje och avslutande del av rapporten omfattar några av de mest intressanta projekten, som samtliga ligger inom fingerskarvningssektorn.

3.2 HÅLLFASTHETEN HOS FINGER- SKARVAR LIMMADE MED OLIKA LIM VID OLIKA TEMPERATURER

Lokalförhållandena inom den industri som har det största intresset för fingerskarvning av konstruktionsvirke - limträindustrier och sågverk - är sådana att man vintertid måste räkna med förhållandevis låga temperaturer; $+10 - +15^{\circ}\text{C}$ får anses som normalt i de lokaler där virke hanteras och bearbetas. Virkeslagringen sker vidare oftast i helt ouppvärmade utrymmen. Krav på förhöjd temperatur vid limning och efterlagring av fingerskarvar utgör idag ett produktionstekniskt problem och har stor ekonomisk betydelse. Det skulle för berörd industri vara mycket värdefullt att ha tillgång till ett lim godkänt för användning i konstruktionsvirke, användbart vid de temperaturer som normalt råder i tillverkningslokaler.

Idag används vid fingerskarvning av konstruktionsvirke uteslutande resorcinollim, vilken limtyp är den enda tillåtna. För de resorcinollim som finns i marknaden krävs minst $+20^{\circ}\text{C}$, och rekommenderas $+30^{\circ}\text{C}$ vid uthärdning av limfogar.

3.2.1 Orienterande provningar

I samband med att fingerskarvningstekniken blev högaktuell inom träindustrin uppstod allt starkare önskemålet om lågtem-

peraturhärdande lim godkända för utomhusexponering och naturligtvis på sikt även godkända för användning i konstruktionsvirke. År 1968, i slutet av det utvecklingsarbete vid Institutionen för Byggnadsteknik, KTH, som resulterade i den fingerskarv som betecknats "miniskarv" genomfördes en undersökning för att belysa hur olika limtyper förhåller sig vid limning vid låga temperaturer.

Vid försöken iordningställdes provkropparna på så sätt att virke med tvärsnittsdimensionen 50 x 100 mm fingerskarvades med profil enl. FIG. 19 och lagrades i det för respektive prover avsedda klimatet. Strax före hållfasthetsprovningen klövs de skarvade provstyckena upp till provstavar med sektionensarean 7 x 40 mm. Provstavarnas längd var ca 40 cm. Träet hade vid provningen en fuktkvot omkring 14 %. Hållfasthetsprovningen utfördes som dragprovning enligt FIG. 12.

FIG. 35 visar hållfasthetstillväxten under normala betingelser, +20°C, rel. luftfuktighet 65 %. Som framgår av figuren uppnådde både epoxylimmet och karbamidlimmet full hållfasthet redan

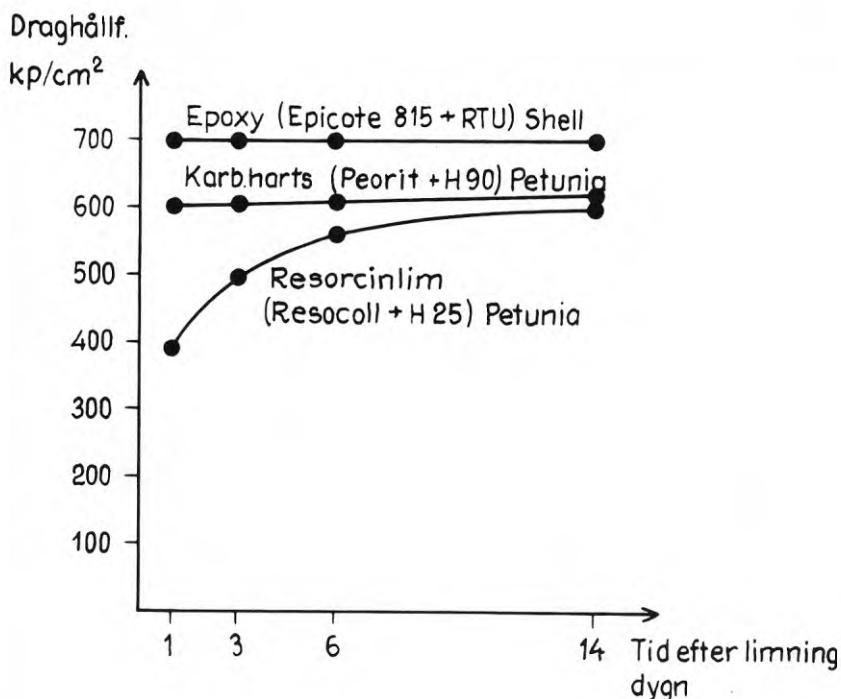


FIG. 35. Hållfasthetstillväxt för olika limtyper vid rumstemperatur

Increase in strength of different adhesives at room temperature

efter 1 dygn medan resorcinlimmets hållfasthetstillväxt avstannade först efter 14 dagar.

Om samma limtyper används för fingerskarvning av virke som lagrats vid $+10^{\circ}\text{C}$ före skarvning och därefter lagras i samma temperatur fram till provning en vecka senare, erhålls i vissa fall helt andra hållfastheter, FIG. 36.

Draghållfasthet hos virke fingerskarvat med KTH-skarv längd 7,5 m

Beteckningar:

- Lagrat i $+10^{\circ}\text{C}$, limmat, lagrat i $+10^{\circ}\text{C}$ i 1 vecka
- x Lagrat i $+10^{\circ}\text{C}$, limmat, lagrat i $+10^{\circ}\text{C}$ i 1 vecka, lagrat i $+20^{\circ}\text{C}$ 4 dygn
- ⊙ Lagrat i $+20^{\circ}\text{C}$, limmat, lagrat i $+20^{\circ}\text{C}$ i 1 vecka
- (⊙ Brott i kvist utanför fogen)

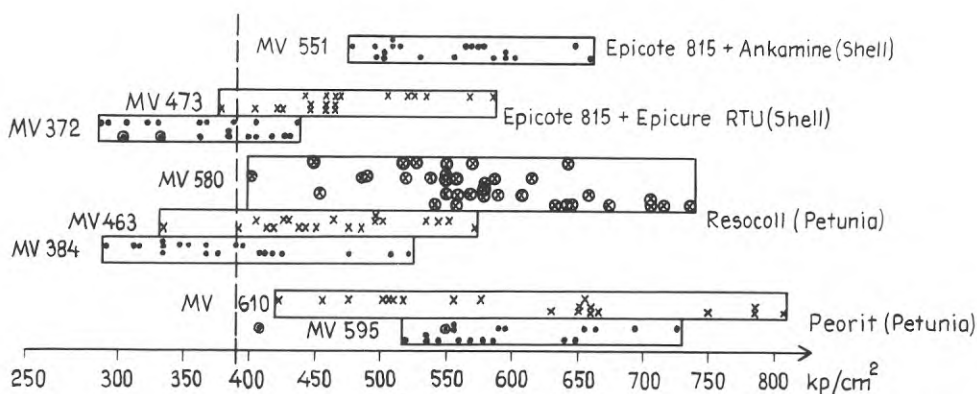


FIG. 36. Hållfasthetstillväxt för olika limtyper vid $+10^{\circ}\text{C}$
Increase in strength of different adhesives at $+10^{\circ}\text{C}$

Karbamidlimmet påverkades mycket litet av den sänkta temperaturen. Både resorcinlimmets och epoxylimmets hållfastheter reducerades däremot betydligt. För båda dessa lim gav dock en efterföljande lagring i $+20^{\circ}\text{C}$ under 4 dygn en klar hållfasthetstillväxt, dock uppnådde inget av limmen full hållfasthet. Som jämförelse provades en speciell lågtemperaturhärdare till epoxylimmet och denna gav tillfredsställande resultat, dock icke motsvarande värdena vid $+20^{\circ}\text{C}$ och normal härdare.

Uppvärmning av epoxy- eller karbamidlimmade fingerskarvar senare än 1 dygn efter limning, under vilken tid de förvarats i normalklimat, visade sig vara meningslöst. Däremot påverkar givetvis en uppvärmning omedelbart efter limningen hållfasthetstillväxten kraftigt.

Beträffande resorcinlimmet kunde påverkan av uppvärmning konstateras ännu 10 dygn efter limning. Detta innebär praktiskt att man kan limma kallagrat virke vid förhållandevis låg temperatur om virket kan förväntas komma att lagras varmt inom några dagar. De provningar som redovisas längre fram verifierar ytterligare denna tendens.

Vid kokprovning, i form av enkel kokning under 2 timmar direkt följt av tordning i $+100^{\circ}\text{C}$ och därefter lagring i $+20^{\circ}\text{C}$, konstaterades att resorcinlimmade skarvar hade fullgod hållfasthet oavsett om värmebehandlingen hade utförts 1 eller 10 dygn efter limningen.

Epoxylimmet påverkades inte alls av denna behandling medan karbamidlimmade fogar i det närmaste helt förstördes.

3.2.2 Fingerskarvning med lågtemperaturhärdande resorcinollim

För att komplettera de undersökningar som redovisats ovan ansågs det vara av intresse att prova en försöksprodukt som AB Casco har utvecklat: ett resorcinollim som uppgavs kunna användas för limningar vid temperaturer ned till $+10^{\circ}\text{C}$.

Avsikten med undersökningen var att studera dels skarvhållfastheten efter en veckas lagring vid 0°C , $+10^{\circ}\text{C}$ resp. $+22^{\circ}\text{C}$, dels huruvida man för limmets uthärdning kan tillgodogöra sig uppvärmning i efterhand, t. ex. genom lagring 1 vecka i 0°C och därefter lagring i $+22^{\circ}\text{C}$.

Provkropparna tillverkades i kvistrent furuvirke som planhyvlats till dimensionen 45 x 95 mm. Den använda fingerprofilen hade måtten 7,5 x 2,5 x 0,2 mm (längd x delning x fingerbottenbredd. Se FIG. 19).

Det lågtemperaturhärdande resorcinlimmet, här benämnt "Casco försöksprodukt", uppgavs av tillverkaren kunna användas såväl med iblandad härdare som med separat härdare, dvs. antingen blandas harts och härdare före limningen eller också påföres harts på den ena och härdare på den andra av de ytor som skall sammanlimmas. Vid de provningar som här redovisas ut-

fördes limningarna med iblandad härdare.

Ett allmänt problem med lim avsedda för limning vid låga temperaturer är att de i allmänhet har kort "pot-life", dvs. limblandningen börjar snabbt hårdna. Så var även fallet med detta lim. Temperaturen i lokalen där limmet blandades var ungefär 22°C och ca 500 g lim blandades i första satsen. Redan efter ca 10 minuter var limblandningen så viskös att den ej gick att använda. För att undvika denna snabba gelning kan man antingen tillgripa kylning eller, vilket förefaller mer praktiskt, separat påföring av lim och härdare.

Det är emellertid inte så lätt att dosera lim och härdare i lämpliga proportioner när de skall appliceras var för sig direkt på arbetsstycket. Det pågår emellertid, som tidigare nämnts, försök med sprutapplicering av lim och härdare vilka kan komma att ge lösningen på detta problem.

Sammanpressningen av skarvstyckena skedde vid iordningsställande av prover för denna undersökning i samma pressbalk som använts vid de tidigare arbetena, FIG. 13.

Presstrycket i axialled, räknat på skarvstyckenas tvärsektion, var vid samtliga limningar 100 kp/cm². - Detta är ett mycket högt presstryck om man jämför med de som är aktuella i de anläggningar för fingerskarvning som idag finns i industrin. Vid användning av en fingerprofil med så korta fingrar och tät delning som den här använda kan höga presstryck som ger en hög initialhållfasthet användas utan att skarvstyckena skadas. - Presstrycket byggdes upp under några sekunder och släpptes därefter genast, varefter de skarvade provkropparna omedelbart flyttades till den lagringsplats de enligt försöksprogrammet skulle ha. Vid limningen var fuktkvoten 17 % i medeltal.

Hållfasthetsprovningsen gjordes i form av böjprovning enligt NKB:s rekommendation dvs. belastning med linjelaster i spännviddens 1/3-delspunkter. Totala spännvidden var = 15 h där h är provkroppens tjocklek vinkelrätt mot böjningsriktningen, FIG. 11.

Belastningen skedde direkt till brott med en belastningshastighet av 900 kp/min. Brottvärde, fuktkvot och volymvikt registrerades. Volymvikten vid provning var för samtliga provkroppar mycket nära $0,5 \text{ g/cm}^3$.

Provingsresultaten är sammanställda i FIG. 37.

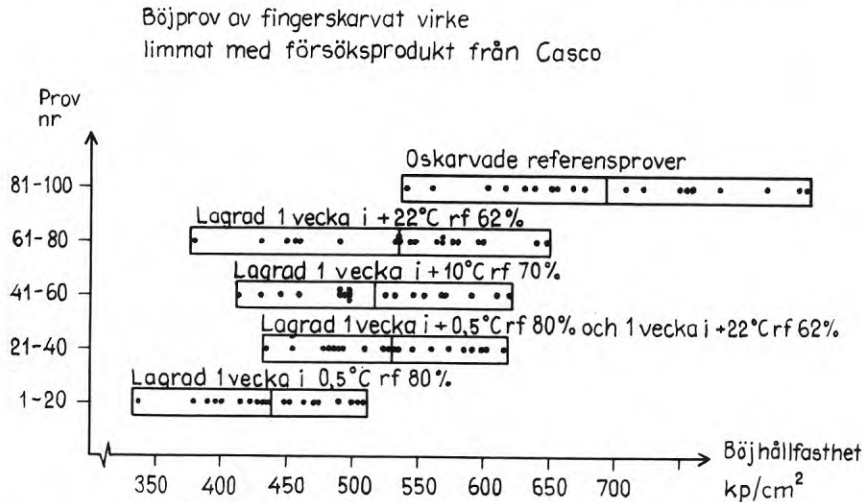


FIG. 37. Hållfasthetstillväxt för resorcinollim vid låga temperaturer

Increase in strength of resorcinol adhesive at low temperatures

3.2.3 Kommentar

Som tidigare påpekats är resorcinlim de enda som för närvarande tillåts för fingerskarvning av konstruktionsvirke. De orienterande provningar, som genomfördes 1968, visade att värme på något sätt måste tillföras för att resorcinlimmet skulle er hålla fullgod hållfasthet.

Den försöksprodukt från Casco som provats under 1970 har dock gett så lovande resultat att, om resultaten kan verifieras vid en större undersökning, stora lättnader skulle kunna vara möjliga för dem som skarvar konstruktionsvirke.

De skarvar som provats har i samtliga fall uppfyllt de krav som ställs på konstruktionsvirke T 300. Detta gäller även de prover som lagrats vid så låg temperatur som 0°C .

En statistisk test av hypotesen att medelvärdena för samtliga provgrupper är lika ger ingen signifikant skillnad i hållfasthet.

Prov 21-40 (FIG. 37) indikerar att man för limmets härdning mycket väl kan tillgodogöra sig lagring vid högre temperatur efter en veckas lagring i låg temperatur. De hållfasthetsvärden som uppnåtts vid sådan "eftervärmning" överstiger t. o. m. de värden som erhållits för prover lagrade hela tiden i +22 °C. Skillnaden är dock som redan berörts inte signifikant.

Det enda problem som kan förutses är det korta pot-life som limmet har. En utveckling av appliceringstekniken så att harts och härdare kan påföras separat skulle innebära en lösning även av detta problem.

3.3 LIMTRÄTILLVERKNING GENOM FINGERSKARVNING AV FLATSIDORNA

Den höga hållfasthet omedelbart efter sammanpressning, initialhållfasthet, som uppnås med tät profildelning och höga presstryck kan utnyttjas så att de sammanpressade skarvstyckena transporteras och vidarebearbetas omedelbart efter limning trots att limmet i skarven inte ens börjat härdas.

Då denna effekt även borde kunna utnyttjas vid limning av trä kant i kant (på limning av list, framställning av limträbalkar etc.), genom fräsning av fingerprofilerna i arbetsstyckenas längdriktning, utfördes några orienterande försök. Till att börja med användes de fräsverktyg som egentligen var avsedda för fräs-

ning av ändskarvprofiler.

Resultaten var så goda att även andra profilutformningar provades. Det ursprungliga verktyget gav ett profildjup av ca 7,5 mm, medan det verktyg som specialtillverkades för ändamålet gav en profil med ett nominellt skärdjup av 3,25 mm, profildelning 2,0 mm och spetsvinkel 30°. Profilens utseende framgår av FIG. 38.

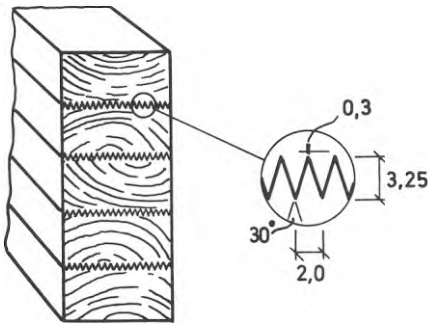


FIG. 38. Fingerskarvprofil för laminering
Finger joint used for lamination

3.3.1 Fräsning, limning, pressning

Vid försöken utfördes profilfräsningen på en vanlig bordfräsmaskin, och limmet påfördes med en enkel handspridare med mjuk skumgummivals.

För att ge bindning omedelbart efter sammanpressningen måste profilens utformning och den påförda limmängden samverka så att man får största möjliga friktion mellan profilerna. Limmet får inte fullständigt fylla ut hålrummet mellan de båda profilerna, i så fall uppstår vid sammanpressning ett hydrostatiskt tryck i limfogen som kan göra att lamellerna skiljs åt när presstrycket släpps. Dessutom måste den effektivt limmade ytan ha sådan storlek att tillräcklig sluthållfasthet erhålls.

Till att börja med skedde sammanpressningen mellan pressplattorna på en universalprovningssmaskin. För att metoden skulle kunna användas praktiskt måste man dock finna ett sätt att utföra sammanpressningen kontinuerligt. Därför konstruerades och byggdes en rullpress där presskraften påfördes över ett par motställda gummibeklädda hjul med en diameter av 40 cm. Dessa hjul kunde med hjälp av en hydraulisk domkraft över ett hävarmsystem med kraftiga spiralfjädrar ge önskad presskraft, FIG. 39. Med denna rullpress tillverkades med utmärkt resultat ett antal lamellbalkar bestående av 4-5 lameller med bred-

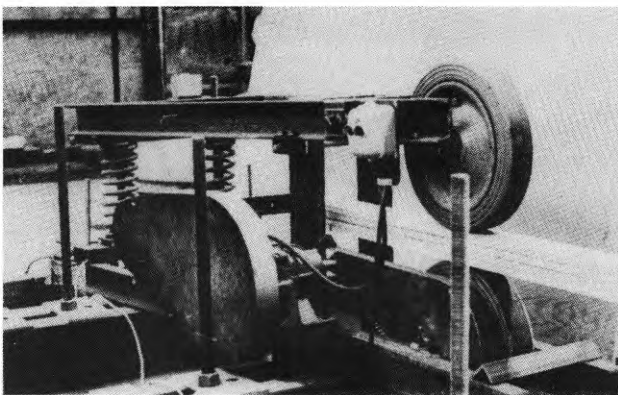


FIG. 39. Press för laminering
medelst fingerskarvar
Press for laminating by
finger jointing

den 70 mm och längden varierande mellan 1 och 2,5 m. I vissa fall skedde en delaminering i mellersta limfogen omedelbart efter passage genom rullpressens "nyp". Detta berodde dels på den korta press tiden som erhålls vid passage av ett rullpar, genomlöpningshastigheten hölls vid ca 2,4 m/min, dels och framför allt på att man vid be-

lastning av ett lamellpaket med en linjelast tvärs över paketet får en tendens till "solfjädersformering" av paketets ändar.

Med ledning av de erfarenheter som vunnits vid pressning dels mellan plattor och dels i rullpressen kunde den slutsatsen dras att en bandpress, dvs. en press där presskraften kontinuerligt påförs över en längre sträcka med ett på lämpligt sätt anordnat par av motstående band, borde ha de rätta egenskaperna för att ge en effektiv och säker sammanpressning. Genom tillmötesgående från Töreboda Limträ AB gavs möjlighet att använda den mekaniska delen av den bandpress för kontinuerlig laminering med högfrekvensuppvärmning som fanns vid detta företag. Vid försöken i Töreboda tillverkades två raka balkar om vardera fem lameller med bredden 10 cm och längden 240 cm. Profilfräsningen utfördes med en bordfräsmaskin och limmet rullades på med en enkel handspridare på samma sätt som i laboratoriet. Efter limpåföringen lades lamellerna på högkant bredvid varandra i pressens ingångsdelen, varefter lamellpaketet sköts in mellan pressbanden. Under indragningen fick lamellerna själva anpassa sig till varandra vilket visade sig gå alldeles utmärkt trots att de var normalt krokiga. Redan vid laboratorieförsöken hade det visat sig att man kan tillåta ganska stor sidokrokighet hos lamellerna utan att sammanpressningen omöjliggörs. Någon tendens till delaminering vid utgång ur bandpressen kunde icke observeras. Omedelbart efter sammanpressningen kapades några bitar från balkarnas ändar. Bitarna provades genom uppspjälkning för att ge en kvalitativ uppfattning om hur pass stark den initiala bindningen var. Det visade sig att det blev nästan fullständigt träbrott i anslutning till fogen. En stund efter limningen klövs en balk med bandsåg, även detta gick alldeles utmärkt.

Bandpressens längd var ca 120 cm och matningshastigheten 1,0 m/min, vilket var maximum för denna maskin. Presstiden som i detta fall blir drygt 1 min. är onödigt lång. Man borde med stor sannolikhet kunna öka hastigheten till åtminstone 5 m/min. Presstrycket var ca 10 kp/cm^2 vinkelrätt mot lamellernas flatsidor.

3.3.2 Kommentar

Efter profilering blir ytan ungefär tre gånger så stor som den ursprungliga, planhyvlade ytan, vilket innebär att det skulle erfordras tre gånger så mycket lim som vid vanlig laminering om man hade samma krav på limspridning. Försöken visade emellertid att det är tillräckligt att lägga på ca 400 g/m^2 plan yta dvs. ca 130 g/m^2 verklig profilyta. Detta är endast obetydligt mera än vad som f. n. är brukligt vid limträ tillverkning. Det bör noteras att man inte behöver ställa samma krav på limningen vid denna metod som vid vanlig laminering; ytan som skall ta upp förekommande spänningar är ju på grund av profileringen ca 3 gånger så stor.

Det har tidigare nämnts att en viss kantkrokighet inte utgör något hinder för profilfräsning och sammanpressning. Även viss skevhet kan accepteras. En förutsättning för god passning och sammanhållning av lamellerna vid pressning är att profilerna är fullt utbildade över hela ytan. För att åstadkomma detta måste lamellerna före profilfräsningen vara i det närmaste plana. Vid planhyvling av breda kupiga lameller kan man pressa dessa till planhet vid själva hyvlingen och sedan låta dem återta sin ursprungliga kupade form. Vid limningen pressas de åter plana. Ett sådant förfarande är med hänsyn till kraven på passning mellan profilerna inte möjligt vid profilfräsningen. Metoden är därför mindre lämplig för framställning av breda limträbalkar.

Provning av hållfastheten hos limfogar i balkar tillverkade enligt denna nya metod ger vissa svårigheter då det av naturliga skäl inte finns några normer. Fogen har en svaghetszon i anslutning till profilspetsarna varför det ansågs riktigt att man för att kontrollera skjuvhållfastheten lade skjuvsnittet genom det plan som går genom profilernas spetsar. Vid utförda provningar uppfyllde fogen de krav som ställs på limträ, nämligen skjuvhållfasthet 60 kp/cm^2 .

Parallellimningsmetoden innefattar i sig en viss virkesförlust i det att man fräser bort material då de långslöpande profilerna formas. Utgående från den profilgeometri som använts vid försöken uppstår en förlust av 2,5 - 3 mm för varje dubbelsidigt

profilerad lamell. Man behöver emellertid inte vid profilering-
en utgå från så släthyvlade ytor som krävs vid "vanlig" limträ-
tillverkning. Det är tillräckligt att utgå från råplanade ytor
före profilfräsningen varför den verkliga virkesförlusten blir av
samma storleksordning vid båda metoderna.

För framställning av profilerna har vid försöken använts vanliga
snabbstålverktyg. Dessa verktyg har varit helt tillfyllest. Vid
industriell drift med hög matningshastighet och långvarig kon-
tinuerlig fräsning torde det dock vara lämpligt att använda hård-
förkromade verktyg eller hårdmetallverktyg. Profilfräsningen
görs lämpligen dubbelsidigt i en hyvelmaskin i vilken man er-
satt de vanliga plankuttrarna med profilfräsverktyg. Förhyvling-
en kan göras i samma arbetsoperation. Limmet kan påföras med
en vanlig limpåföringsmaskin med släta valsar. För att få en
jämnare, säkrare limfördelning bör man dock använda passande
profilerade valsar eller ev. sprutning.

Parallellimningsmetoden kan med fördel användas även i andra
sammanhang där hållfastheten är av underordnad betydelse och
det i stället är enkelhet och snabbhet i tillverkningen som efter-
strävas. I sådana fall är det möjligt att arbeta med billigare
lim, varvid även den något ökade limåtgången får mindre bety-
delse. Utrustningen kan variera allt efter de speciella kraven i
varje enskilt fall. För tillverkning av limträbalkar krävs en
stabil press med tillräcklig längd (ca 1 m) som medger ett press-
tryck av ca 10 kp/cm^2 medan man för t. ex. pålimning av list
o. d. kan nöja sig med en enkel rullpress.

I övrigt kan konstateras att kostnaderna för nödvändig utrust-
ning vid parallellimning är mycket små; planhyvel, fräs, lim-
påförare och något slags press är allt som behövs, medan man
vid den metod som beträffande användningsområde ligger när-
mast, högfrekvenslimning, måste räkna med relativt stora in-
vesteringar.

Parallellimningsmetoden har i olika sammanhang provats indust-
riellt. I Sverige har bl. a. en tillverkare av åror funnit att me-
toden för honom är närmast idealisk. Vidare används metoden
för pålimning av anslagslister o. d. vid dörrkarmstillverkning.

3.4 DIAGONALFINGERSKARVAR¹

3.4.1 Allmänt

Vid användning av långa fingerskarvar tillverkade utan sidotryck, dvs. utan presstryck vinkelrätt mot profilerna, är dålig limning av de yttersta profilflikarna oundviklig. De yttersta flikarna utsätts vid skarvens sammanpressning för osymmetriskt tryck och böjs därför ut en aning, med dålig limning och dålig hållfasthet som följd. Vid böjpåkänning av en skarvad virkesdel kan en sådan fellimning få stor betydelse om något av dessa ytterfingrar kommer att ligga i mest ansträngt parti eftersom böjstyvheten är proportionell mot kvadraten på sektionshöjden.

Det har hittills ansetts vara omöjligt att eliminera denna brist utan sidotryck under limmets uthärdning.

Ett intressant uppslag härvidlag har kommit från Finland. Assistent Ahti Roth vid Statens Tekniska Forskningsanstalt har undersökt fingerskarvar med profilerna orienterade i sneda vinklar i förhållande till virkets kantsidor. Avsikten är att minimera randeffekten av osymmetriskt pressade profilfingrar genom att förlägga dessa fingrar i tvärsnittets hörn, FIG. 40.

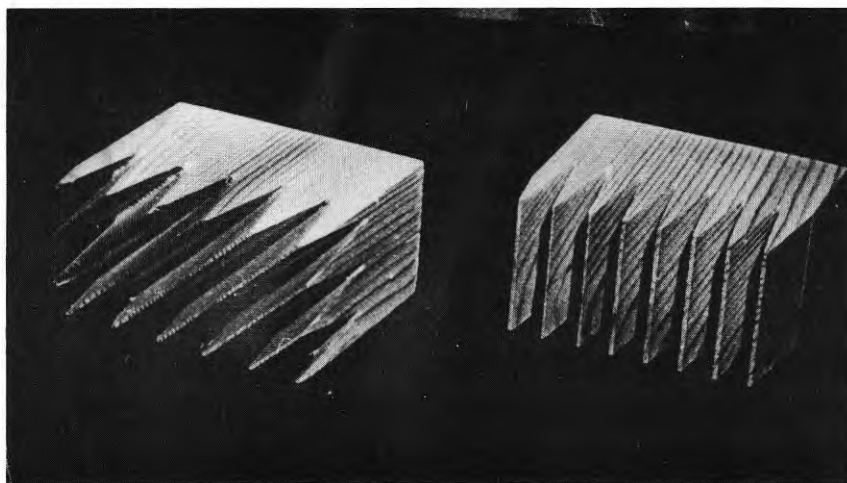


FIG. 40. Två fingerskarvtyper. Diagonalfingerskarv t. v. och vanlig vertikalfingerskarv t. h.

Two different finger joints. The left joint has the fingers oriented diagonally, the right joint vertically

¹ Det experimentella underlaget till detta kapitel erhöles genom ett examensarbete vid Institutionen för Byggnadsteknik av teknologerna Kristian Haraldsson och Einar Torvardarsson.

Behovet av sidotryck bortfaller visserligen helt vid användande av korta fingerprofiler med tät delning. Då emellertid ett stort antal fingerskarvanläggningar för långa profiler finns ute i industrin ansågs det finska uppslaget intressant. Tyvärr förelåg mycket knapphändig redovisning av provningar av diagonalskarven, varför det bedömdes lämpligt att göra en undersökning i Sverige.

Denna jämförande undersökning av fingerskarvar med olika profilorientering utfördes som examensarbete vid Institutionen för Byggnadsteknik vid KTH. Försöken planerades i samråd mellan Svenska Träforskningsinstitutet och KTH.

3.4.2 Försökens uppläggning

Avsikten med försöken var att jämföra hållfastheten hos fingerskarvar där fingerprofilernas vinkel (α) i förhållande till virkets flatsida varierades, se FIG. 41.

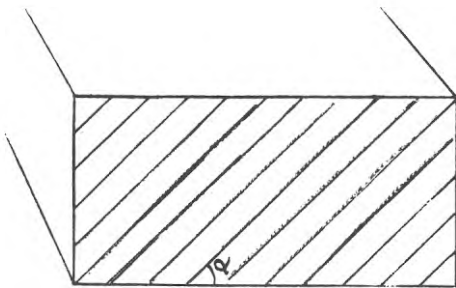


FIG. 41. Profilorienteringen har här genomgående angetts med vinkeln α mot flatsidan

The orientation of the fingers is shown by the angle, α , between the fingers and the plane surface

Hållfasthetsundersökningen gjordes i form av böjprovning av fingerskarvade furustycken med tvärsnittsmåtten 50 x 150 mm, där fingerprofilerna orienterats enligt FIG. 42.

Antal prov i de olika serierna begränsades till 20. Denna provseriestorlek är knappast tillräcklig för en säker statistisk jämförelse men bör ändå ge en indikation på hur de olika typerna förhåller sig till varandra. Provnings omfattning och fördelning på oli-

ka provserier framgår av nedanstående tablå

Fingrarnas orient. mot virkets flatsida (α)		0°	90°	30°	45°	60°
Skarvtyp nr		1	2	3	4	5
Böjning på högkant	Sidotryck	20	20			
	Utan sidotryck	20	20	20	20	20
Böjning på lågkant	Sidotryck	20	20			
	Utan sidotryck	20	20	20	20	20

Totalt antal prov 280

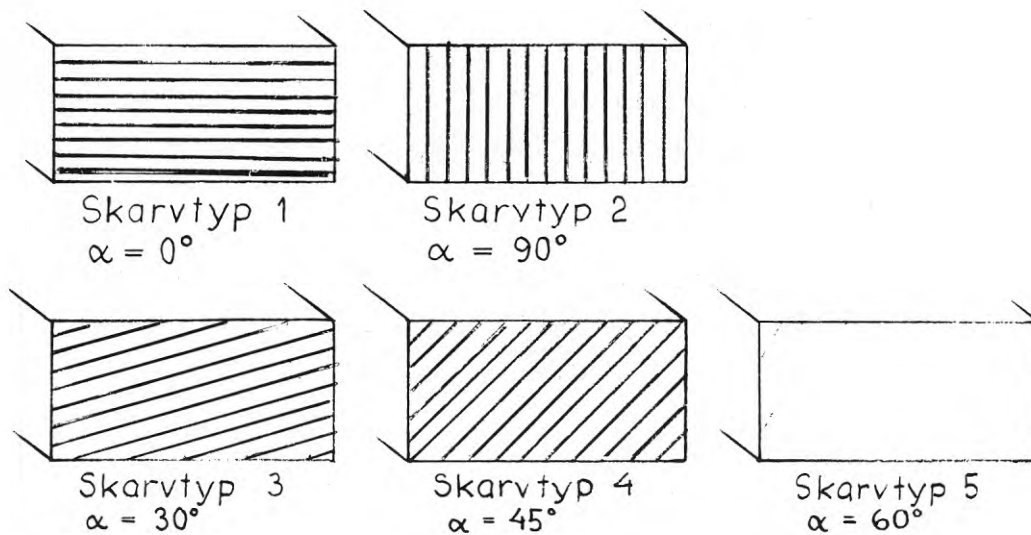


FIG. 42. De fem profilorienteringar som provats

The five different orientations of profiles that have been tested

För att i möjligaste mån renodla skarvarnas inverkan på hållfastheten valdes virke till provkropparna ur sorteringsklasserna II och III. Vid böjning på högkant visade det sig emellertid att även i dessa sorteringsklasser virket innehöll alltför många kvistar. För högkantsböjning togs därför provkropparna ur sorteringsklass I. Virket hade vid leveransen en fuktkvot om ca 20 %. Denna fuktkvot hade beställts då den är vanlig för det virke som lämnar sågverken.

All limning utfördes med resorcinollim, Cascosinol 1761 + 20 % härdare 2612. Denna limtyp har anbefallts för limning av finger-skarvar i konstruktionsvirke. Limmet är lämpligt för limning

av virke med hög fuktkvot, är mycket motståndskraftigt mot klimatisk påverkan och kan härda vid tämligen måttliga temperaturer, ca 20°C.

Limpåföringen utfördes genom doppning av fingerprofilerna i limblandningen före ihoppressningen. Denna metod ger stort limspill men är enkel och torde inte påverka hållfastheten.

Presstrycket vid sammanpressningen valdes till 25 kp/cm². Detta presstryck är ganska vanligt i de anläggningar som används ute i industrin och är fullt tillräckligt från limningssynpunkt samtidigt som det inte ger upphov till några splittringstendenser i fingerbottnarna.

I förekommande fall anbringades sidotryck med vanliga skruvtingar som kalibrerats och befunnits ge ett sidotryck om ungefär 5 kp/cm².

Det skarvade virket lagrades efter limning i ett klimat med en relativ luftfuktighet av ungefär 80 % och en temperatur av ca 28°C. Lagringstiden mellan limning och provning uppgick till mellan 13 och 15 timmar.

3.4.3 Försökens genomförande

Böjprovningsen skedde enligt den av NKB rekommenderade metoden, se FIG. 11. Lasten påfördes som linjelaster i spännviddens tredjedelspunkter. Spännvidden var 15 x tvärsnittshöjden.

Vid tillverkningen av skarven placerades den så att en fingerbotten alltid hamnade på någon av virkets kantsidor. Denna sida placerades vid provningen så att den utsattes för dragning vilket är ogynnsammast ur hållfasthetssynpunkt. Provkropparna orienterades vidare så att kvistar närmast skarven hamnade på trycksidan för att brott i kvisten eller brott som initierats p. g. a. kvistar skulle undvikas.

Vid provningen registrerades brottlasten och virkesdimensionen för varje prov. Omedelbart efter provningen uttogs prov för bestämning av fuktkvot och volymvikt i den skarvbit där brott uppstått.

Belastningen skedde på sådant sätt att nedböjningen blev ungefär 0,25 t mm per min; t anger virkets höjd vinkelrätt mot böjningsriktningen.

3.4.4 Försöksresultat

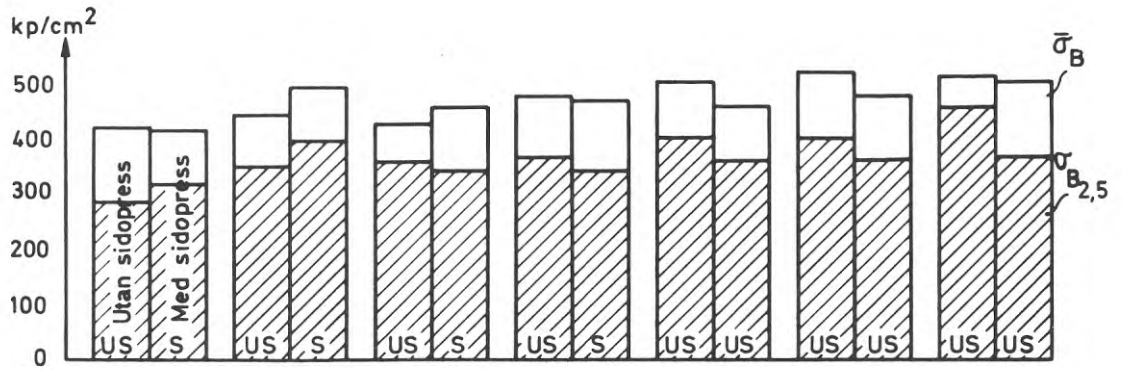
Resultaten av hållfasthetsprovningen har sammanställts i FIG. 43. Hela stapeln anger medelvärdet av böjhållfastheten för varje provserie och den snedstreckade delen anger den karakteristiska hållfastheten. Av diagrammen framgår vidare belastningstyp, antal prov, antal prov där skarvbrott inträffat, fuktkvot, volymvikt, standardavvikelse, variationskoefficient, lägsta och högsta observerade värde samt skarvorientering.

3.4.5 Kommentarer till resultaten

En absolut jämförelse mellan de olika provserierna blir osäker, beroende bl. a. på olikheter i virkets fuktkvot, volymvikt och kvistinnehall. Resultaten kan dock användas för bedömning av tendensen i hållfasthetsskillnaderna mellan olika provserier. Volymvikten har för flertalet serier legat vid ca 0,40 g/cm³. Endast ett par serier uppvisar så höga volymviktsmedelvärden som 0,45 och 0,47 g/cm³. Enligt tidigare gjorda undersökningar (Edlund, 1968) har inget direkt samband mellan volymvikt och skarvhållfasthet kunnat konstateras. Detta torde delvis bero på att brotten sällan är renodlade träbrott utan i stället en kombination av lim- och träbrott. Limfogens hållfasthet är ej i samma utsträckning som virket beroende av virkets volymvikt. Fuktkvotens inverkan kan för de små skillnader som uppmättes under försöken i det närmaste försummas. För övrigt har ingen säker korrelation någonsin kunnat påvisas mellan fuktkvot och skarvhållfasthet.

Kontroll gjordes av att diagonalskarvarnas hållfasthet var normalfördelad. Undersökningar vid STFI har visat att skarvhållfastheten är normalfördelad för skarvtyp 1 och 2. (FIG. 42.)

En statistisk jämförelse av medelvärdena för hållfastheten för de olika skarvtyperna visar att diagonalskarvarna är signifikant starkare än 0°- och 90°-skarvarna vid böjning på högkant. Vid



Belastningstyp	BH ^a		BL ^b		BH		BL		BH		BL		BH		BL	
Antal prov (Skarvbrott p. g. a. kvist)	20 (6)	20 (8)	20 (0)	20 (0)	20 (2)	20 (6)	20 (0)	20 (1)	20 (0)	20 (0)	20 (0)	20 (1)	20 (0)	20 (0)	20 (2)	
Antal skarvbrott	13	10	20	15	20	15	19	15	19	20	19	20	17	19		
Medelfuktkvot \bar{U}_o %	17	16	17	18	19	18	17	17	16	19	17	18	16	18		
Medelvolymvikt \bar{T}_{ov} g/cm ³	0,39	0,40	0,40	0,43	0,40	0,41	0,40	0,39	0,45	0,42	0,47	0,39	0,47	0,41		
Medelbøjhållfasthet $\bar{\sigma}_B$ kp/cm ²	418	415	443	492	424	454	477	470	499	458	521	476	513	500		
Standardavvikelse S_{σ_B} kp/cm ²	61	41	48	49	35	57	57	64	51	50	60	58	30	67		
Variationskoefficient %	14,6	9,9	10,8	9,9	8,3	10,3	11,9	13,6	10,2	10,9	11,5	12,2	5,8	13,4		
$\sigma_{B,2,5} = \bar{\sigma}_B - C \cdot S_{\sigma_B}$ kp/cm ²	285	313	348	394	354	340	363	342	397	359	401	359	453	366		
Lägsta observerade värde kp/cm ²	322	342	295	380	358	344	380	335	416	340	432	336	458	416		
Högsta observerade värde kp/cm ²	555	482	500	547	488	520	625	588	604	534	630	558	562	662		
Skarvorientering	0°	0°	0°	0°	90°	90°	90°	90°	30°	30°	45°	45°	60°	60°		

^a BH = böjning på högkant

^b BL = böjning på lågkant

FIG. 43. Resultat av böjhållfasthetsprovingen
Results from tests of the bending strength

denna jämförelse bör dock noteras att virket till diagonalskarvarna haft något lägre (ca 2 %) fuktkvot, något högre volymvikt samt något mindre kvistinnehåll. Det är p. g. a. detta skäligt att anta att medelvärdena för 0° - och 90° -serien bör höjas med ca 5 %. Diagonalskarvarna är dock även efter en sådan korrektion signifikant starkare. Någon inbördes skillnad mellan diagonalskarvar med olika orientering kunde ej påvisas, ej heller mellan 0° - och 90° -skarvarna.

Vid böjning på lågkant kan samma tendenser utläsas, dock är 60° -skarven i detta fall signifikant starkare än 30° -skarven. I FIG. 44 är resultaten av signifikanstesten sammanställda. De

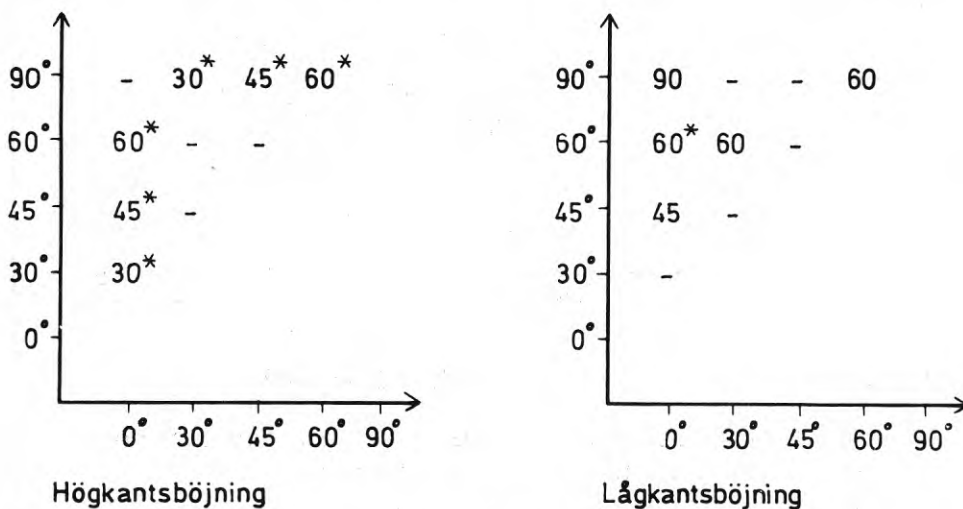


FIG. 44. Sammanställning av resultat från signifikanstest.

De provade skarvororienteringarna har avsatts längs var sin axel. Om det i skärningspunkten mellan två jämförda skarvororienteringar står t. ex. 60° innebär detta att 60° -orienteringen är signifikant bättre (på 5 % nivån) än den den jämförs med. En asterisk anger signifikans på 1 % nivån

Results from the significance test.

The finger-joint orientations have been set off along the axes. If the reading in an intersection is 60° , the 60° -orientation is significantly better (at the 5 % level) than the compared joint. An asterisk shows significance at the 1 % level

provade skarvororienteringarna har avsatts längs var sin axel. I skärningspunkten mellan två värden står ett tecken som anger om skillnaden mellan de jämförda skarvtyperna varit signifikant eller ej.

Av FIG. 45 jämte angivna statistiska test framgår att sidtryck höjer hållfasthetsmedelvärdet signifikant för 0° -skarven vid böjning på lågkant och för 90° -skarven vid böjning på högkant. Detta torde få tillskrivas den tidigare nämnda tvärsnittsreduktionen som dålig limning av yttersta fingret medför. Inverkan av den dåliga limningen blir naturligtvis mest märkbar när detta parti utsätts för hög påkänning, vilket blir fallet vid ovannämnda böjningsriktningar och skarvtyper. Då antalet prov är litet kan inga säkra slutsatser dras beträffande spridningen.

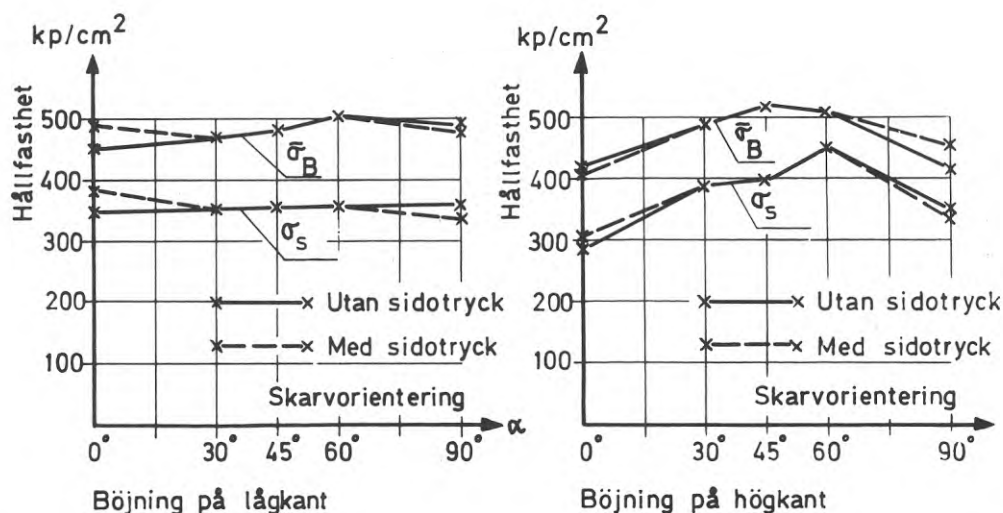


FIG. 45. Skarvhållfasthet som funktion av profilorienteringen vid böjning på lågkant resp. högkant

The strength of the joints with varying orientations of profiles. Bending performed on the wide as well as on the narrow side

3.4.6 Sammanfattning

Resultatet av böjprovningar av fingerskarvar med olika profilorientering kan vara svårt att direkt omsätta i praktiken. Antalet prover var relativt begränsat och framställdes laboratoriemässigt. Resultaten visar dock att den karakteristiska hållfastheten i samtliga fall utom ett överstiger värdet 300 kp/cm^2 , som är kravet för virkesklass T 300. Diagonalskarvarna visade sig starkare än de vanliga 0° - och 90° -skarvarna, men kräver vissa förändringar av de skarvningsanläggningar som för närvarande finns i marknaden.

Frånvaro av sidotryck sänkte skarvarnas böjhållfasthet med

mindre än 10 %. Det är troligt att denna reduktion skulle vara något större vid ren dragning, dock knappast mer än 20 %. Det bör dock ytterligare utredas huruvida dåligt limmade ytterfingrar kan samverka med närliggande kvistar och på så sätt utgöra brottanvisningar.

De erhållna resultaten tyder på att det bör finnas möjligheter att uppfylla kraven för konstruktionsvirkesklassen T 200, även vid användning av konventionella skarvar utan sidotryck.

3.5 METOD FÖR FÖRVÄRMNING AV VIRKE I SAMBAND MED FINGER- SKARVNING¹

3.5.1 Allmänt

Ett problem vid fingerskarvning är att de yttre fingrarna vid sammanpressningen böjs utåt med dålig limning som följd. Detta problem har även behandlats under 2.4.3 och 3.4.

Ett sätt att eliminera de brister som uppstår på grund av denna utböjning av ytterfingrar är att hyvla bort de yttre partierna av det skarvade virket. Så gör man idag i stor utsträckning vid tillverkning av lameller för limträbalkar. För att kunna utnyttja fingerskarvningstekniken för vanligt konstruktionsvirke ter sig en sådan nedhyvling av tvärsnittet av ekonomiska skäl orealistisk.

Undersökningen av diagonalskarven, se kap. 3.4, visade att sådana skarvar har högre hållfasthet än konventionella skarvar tillverkade utan sidotryck. Det är emellertid av många skäl lämpligare för industrin med en metod som direkt kan kombineras med de maskinutrustningar som finns på marknaden. De flesta av dessa existerande anläggningar kan inte utan omfattande och dyrbara ändringar användas för tillverkning av diagonal-fingerskarvar.

¹ Det experimentella underlaget till detta kapitel har givits av teknologerna Christer Hilding och Åke Carlsson under samma förutsättningar som gällt vid kap. 3.4.

Det enda realistiska alternativet idag om högsta möjliga hållfasthet eftersträvas är att anbringa sidotryck. Man måste då beakta att detta sidotryck måste appliceras så länge att tillräcklig uthärdning av limmet skett för att hålla de yttre fingrarna på plats.

För att minska den för produktionen störande erforderliga press-tiden måste man tillgripa accelererad uthärdning av limmet. Sådan accelererad uthärdning kan åstadkommas med uppvärmda pressplattor som pressas direkt mot skarven, kontaktvärme, genom dielektrisk högfrekvensuppvärmning (HF-värmning) av hela den sammanpressade skarven eller genom förvärmning av virket med högfrekvens eller värmeplattor. Sådan behandling har även den effekten att den höjer skarvens initialhållfasthet dvs. hållfasthet omedelbart efter sammanpressning vilket förbättrar hanterbarheten.

Ett fåtal anläggningar för förvärmning med HF har redan installerats i svensk träindustri. Några systematiska undersökningar av resultaten av en sådan förvärmning har emellertid inte gjorts. Det har därför ansetts vara lämpligt att under laboratorieförhållanden studera vilken inverkan sådan förvärmning har. I FIG. 46 visas hur en fingerskarvningsanläggning med HF-förvärmning kan tänkas vara uppbyggd.

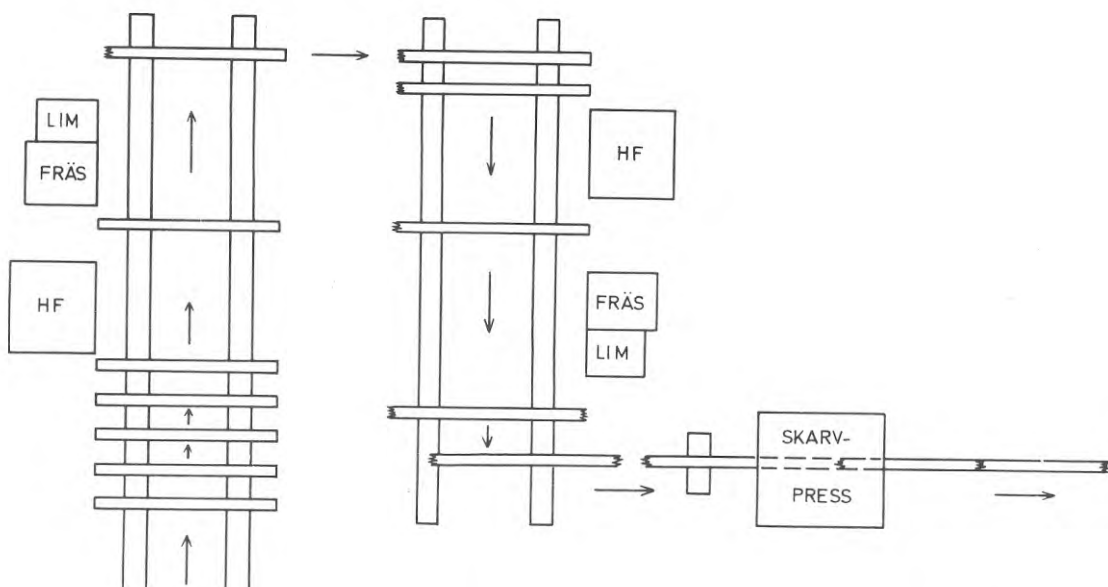


FIG. 46. Principskiss över fingerskarvningsanläggning med HF-förvärmning

Drawing showing the principle of the equipment used for RF-preheating

Vid HF-uppvärmning utnyttjas det förhållandet att lika laddningar repellerar varandra och olika laddningar attraherar varandra. Många ämnen innehåller polära molekyler eller är dissocierade i positiva och negativa joner. Vatten har båda dessa egenskaper och ingår i större eller mindre mängder i trä.

Ett trästycke inplacerat mellan två elektroder matade med högfrekvent växelspänning kommer att uppvärmas genom att vattenmolekylerna och de joner som finns i materialet oscillerar i takt med fältet men samtidigt bromsas genom friktion i materialet. Det är alltså de dielektriska förlusterna i materialet som utnyttjas. Vatten har stora sådana förluster varför fuktigt trä värms snabbare än torrt sådant. Detta förhållande har stor betydelse vid applikationer av HF-värmning inom träindustrin.

3.5.2 Undersökningens uppläggning och omfattning

Föreliggande undersökning avsåg att med hjälp av en HF-generator, ställd till förfogande av Philiphs Högfrekvensvärme AB, värma upp virkesändar samt mäta temperaturförloppet under uppvärmnings- och avsvälningsskedet vid olika uppvärmningstider och olika längd på den uppvärmda zonen. Uppvärmningsförsök gjordes endast med obearbetade virkesändar medan avsvälningförloppet studerades såväl för obearbetade som för profilfrästa virkesändar.

Vidare bestämdes limfogens hållfasthetstillväxt efter sammanpressningen, samt gjordes hållfasthetsjämförelser mellan limfogar som härdats med hjälp av förvärmning av virket och limfogar härdade i förhöjd rumstemperatur utan förvärmning.

3.5.3 Försöksapparaturen

För uppvärmning av virket användes den tidigare nämnda HF-generatorn som hade en maximal utgående effekt av 12 kW. Den vid varje uppvärmningsförsök utnyttjade effekten kunde ej enkelt mätas. Då målsättningen för undersökningen primärt var att studera temperaturutvecklingen och effekten av olika temperaturer på virket bedömdes kännedom om den tillförda effekten

vara av underordnad betydelse. Detta är en praktisk-ekonomisk fråga som bör kunna besvaras vid en industriell tillämpning.

Den principiella uppbyggnaden av uppvärmningsanordningen framgår av FIG. 47. HF-fältet avgränsades tämligen skarpt av elektroderna varför uppvärmningszonen enkelt kunde regleras genom varierande instickslängd. Elektrodiståndet kunde enkelt varieras efter önskemål.

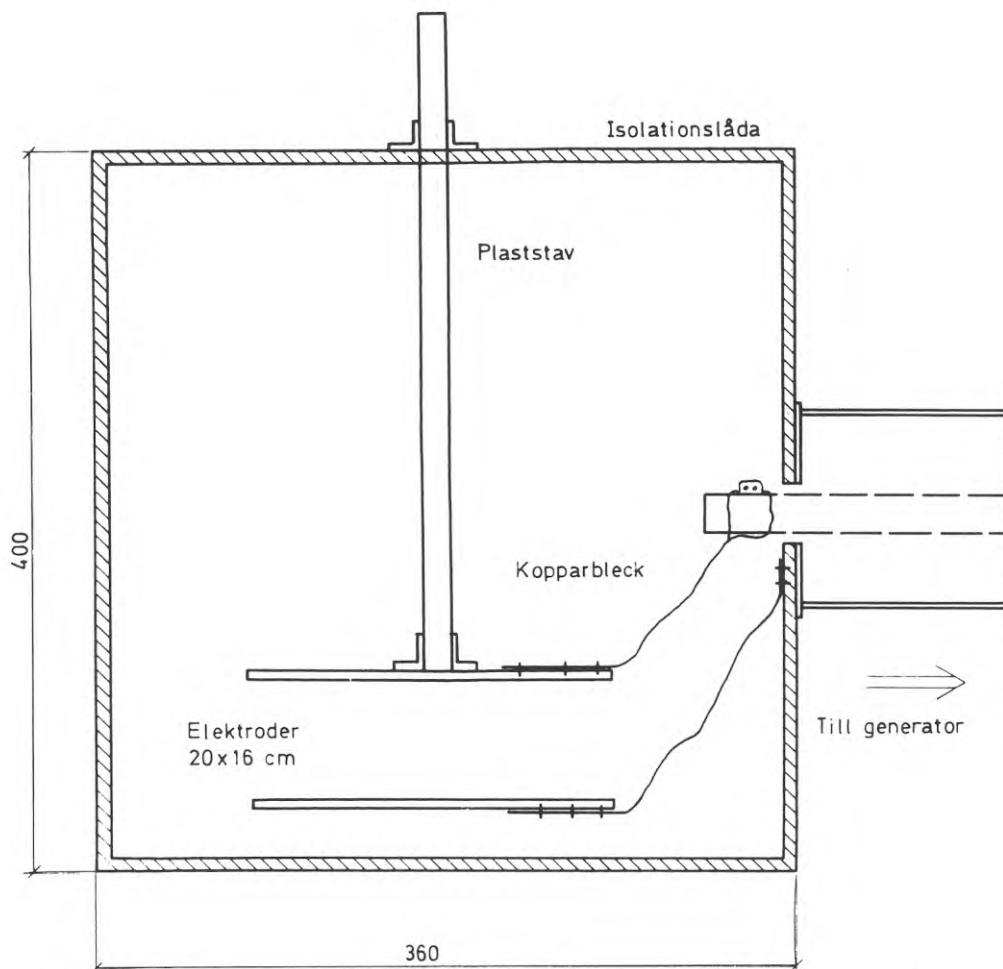


FIG. 47. Principskiss över elektrodarrangemang

Drawing showing the principle of the electrode-arrangement

För att mäta temperaturförloppet användes termoelement av koppar-konstantan. Registreringen skedde med en elektronisk kompensationskrivare av märket Honeywell-Brown. Skrivaren kan kopplas till 16 mätpunkter från vilka registrering sker var 20:e sekund i tur och ordning. Detta innebär att varje mätpunkt

registreras var 320:e sekund. Vid de här aktuella mätningarna användes högst 4 mätpunkter och för att erhålla en i tiden tätare temperaturregistrering för varje mätpunkt, seriekopplades skrivaren så att ett termoelement motsvarades av fyra kopplingsställen i skrivaren.

För sammanpressning och isärdragning av skarvarna användes den anordning som beskrivits i FIG. 13.

3.5.4 Provmaterial

Vid undersökningen användes furuvirke 2" x 4", vilket levererades enligt beställning med ca 20 % fuktkvot. Det vackra sommarväder som rådde vid tiden ifråga med temperaturer på ca +28°C medförde emellertid att virket torkade ned till medelvärdet 17,6 % innan det kunde tas om hand.

Före uppkapning till längder om ca 90 cm hyvlades virket på alla fyra sidorna. Därefter lagrades virket i ett kylrum som avsågs hålla en temperatur av 0°C. Mätningar visade emellertid att virket höll en lagringstemperatur under försöken om +0,5 - +1,0 °C.

Den skarvtyp som provades hade måtten 35 x 9 x 1 mm, tillverkad med fingrarna synliga på flatsidan, FIG. 48. Skarvarna limmades med resorcinollim, Cascosinol 1761 + 20 % härdare 2612.

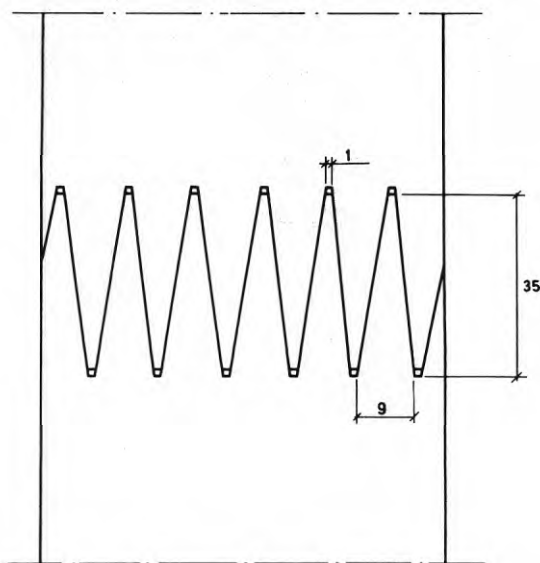


FIG. 48. Den vid försöken använda fingerprofilen

The finger joint that has been tested

3.5.5 Försökens utförande

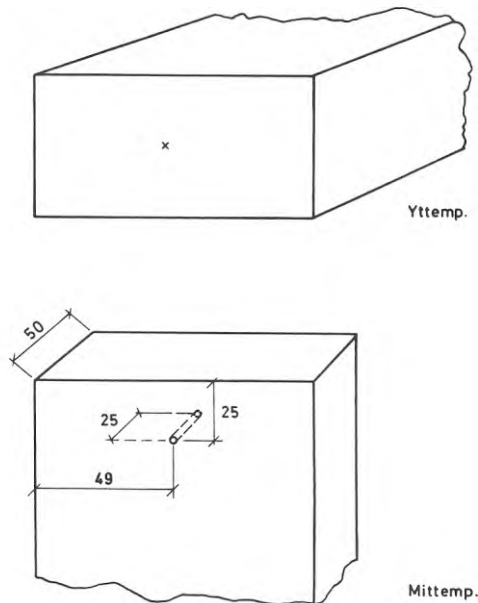


FIG. 49. Mätpunkternas läge vid registrering av uppvärmningsförloppet

The points where the temperature in the wood was measured when heating

Mätpunkternas läge framgår av FIG. 49.

Det var inte möjligt att direkt registrera uppvärmningsförloppet med termoelement eftersom varje metalltråd som läggs in i ett HF-fält med den effekt som här var aktuell ger en störning och i de flesta fall upphettas så kraftigt att den brinner av. En metalltråd i fältet får dessutom en potential som ligger mellan de båda elektrodernas, varför det inte går att koppla in mätinstrument utan stor risk för haveri. På grund härav måste temperaturutvecklingen registreras indirekt. Efter varje uppvärmning togs provstycket ut ur fältet varefter temperaturmätning skedde med hjälp av termoelement som så snabbt som

möjligt anbringades i mätpunkterna. För att kompensera skrivarens tröghet mot snabba temperaturväxlingar hölls denna före varje mätning nära den förväntade temperaturen genom uppvärmning av termoelementen. Tidsförlusten mellan uppvärmningens avslutande och registrering av temperaturen uppgick till några sekunder varvid naturligtvis provstyckets temperatur hann sjunka något. Detta hade emellertid inte så stor betydelse. Av större betydelse var att varje provstycke p.g.a. uttorkningen endast kunde användas en gång. För att det skulle vara möjligt att rita upp en uppvärmningskurva måste olika provstycken värmas olika länge, 5, 10, 15 sek. osv.

Eftersom trä är ett inhomogent material med varierande struktur, volymvikt etc., blir mätningar av ifrågavarande slag blir behäftade med en viss osäkerhet. Det förhållandevis stora

antal provningar som utfördes torde dock ge en tämligen rättvisande bild.

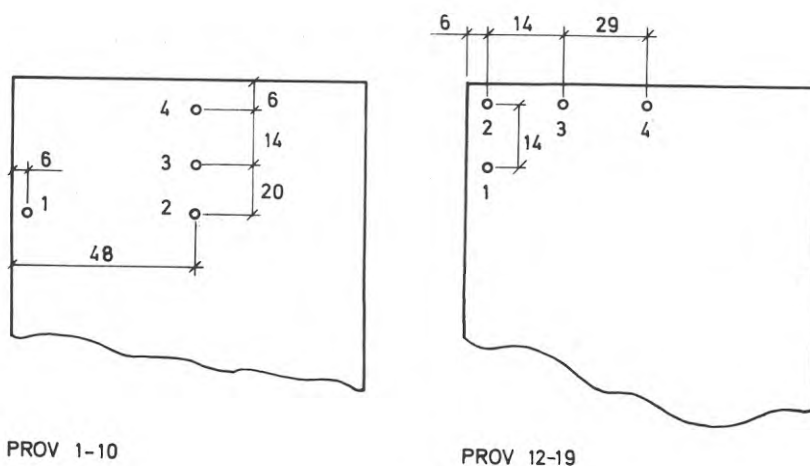
Uppvärmningen mättes dels mitt inuti provstycket dels på provstyckets yta. För mätningen inuti borrades i förväg ett hål in till avsedd mätpunkt. Hålet var så stort att man nätt och jämnt kunde sticka in ett termoelement. Vid mätning på ytan trycktes termoelementet mot avsedd mätpunkt på provstyckets yta med hjälp av en bit kork. Även andra metoder provades, bl. a. mätning med värmebildskamera. Den använda metoden med termoelement och kork visade sig emellertid vara enklast och ge de mest tillförlitliga resultaten.

Avsvalningsförloppet för obearbetade profiler registrerades direkt med hjälp av skrivaren. Mätpunkternas placering framgår av FIG. 50. Vid mätning av innertemperaturen anbringades termoelementet i ett hål på samma sätt som vid uppvärmningsmätningen. Vid mätning av yttemperaturen gjordes med en syl ett litet hack i vilket termoelementet kunde appliceras.

Tiden mellan avslutad uppvärmning och första registrering varierade här mellan ca 5 och 25 sekunder. Dels tog det ungefär 5 sekunder att lyfta ut provstycket och applicera termoelementen, dels var det som tidigare nämnts 20 sekunder mellan registreringarna på skrivaren. Mätningarna skedde i fyra punkter vilket innebar 80 sekunder mellan registreringarna i varje punkt.

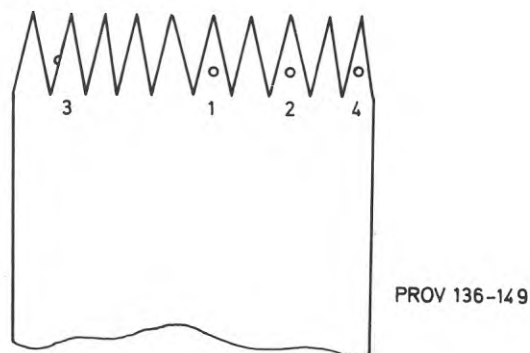
Mätningarna på frästa profiler utfördes på samma sätt som för obearbetade profiler med den skillnaden att yttemperaturen genomgående mättes genom att termoelementet trycktes mot ytan med hjälp av en bit kork. Temperaturen registrerades även före och under fräsning i några fall men detta förfarande måste överges p. g. a. risken för att termoelementtrådarna skulle fastna i fräsen. Temperaturregistreringen efter fräsning tog sin början ca 1 1/2 minut efter uppvärmningens avslutande.

Provningsen av frästa, limbestrukna profiler genomfördes i princip som för ej limbestrukna profiler. Limmet var detsamma som tidigare, Cascosinol 1761 med härdare 2612. Limmet förvarades i rumstemperatur, ca 21°C. Tiden mellan avslutad uppvärmning och registrering var ungefär 2 minuter.



PROV 1-10

PROV 12-19



PROV 136-149

FIG. 50. Mätpunkternas placering vid registrering av avsvältningsförloppet

The points where the temperature in the wood was measured when cooling

Förvärmningens inverkan på limmets uthärdningsförlopp omedelbart efter sammanpressning undersöktes genom hållfasthetsprovning.

Virkesstyckena värmdes två och två i 20, 30 resp. 40 sekunder, vilket motsvarade en temperatur av ca 60° , 80° resp. 100°C .

En exakt uppvärmning till de önskade temperaturerna var som tidigare nämnts omöjlig av praktiska skäl.

Omedelbart efter värmningen profilfrästes provstyckena, be-

ströks med lim och pressades samman med 40 kp/cm^2 under 5 sekunder i den tidigare beskrivna pressbalken. Skarvarna drogs isär efter 1, 2 resp. 3 minuter. Som jämförelse inlades försök där virket frästes, beströks med lim och pressades samman utan att någon värme tillförts. Uppbrytningen av skarven skedde direkt efter sammanpressningen.

Provets omfattning framgår av nedanstående uppställning.

Tid mellan sammanpressning och isärdragning, min.	Virkets uppvärmningstid, sek.			
	0	20	30	40
0	5			
1	5	10	10	10
2	5	10	10	10
3	5	10	10	10

Undersökning av den slutliga hållfastheten utfördes för att klargöra om limfogar som härdat med hjälp av förvärmning hållfasthetsmässigt är jämförbara med limfogar som härdat vid förhöjd rumstemperatur men utan förvärmning. Presstrycket var här liksom tidigare 40 kp/cm^2 under 5 sekunder.

De provkroppar som skulle härda i förhöjd rumstemperatur placerades omedelbart efter sammanpressningen i en låda, där temperaturen hölls vid ca 25°C med hjälp av en termostatstyrd värmebläkt. De förvarades i denna låda ca 20 timmar.

De provkroppar som skulle förvärmas, värmdes i 30 resp. 40 sekunder, vilket motsvarade ungefär 80° resp. 100°C . Några provkroppar värmdes endast en längd lika med fingerlängden, andra värmdes en längd lika med fingerlängden plus 20 mm. Provkropparna placerades ungefär 1 minut efter sammanpressningen i ett 0 -gradigt utrymme och förvarades där ca 20 timmar.

Som jämförelse tillverkades några skarvar utan förvärmning. Även dessa förvarades efter sammanpressning 20 timmar i det 0 -gradiga utrymmet.

Virket böjprovades därefter på lågkant med skarven i moment-

maximum. Provningsmetod samma som tidigare. (FIG. 11.)

Omfattningen av denna delundersökning framgår nedan.

Antal prov för undersökning av slutlig hållfasthet

Uppvärmnings- zonens längd, mm	Virkets uppvärmningstid, sek			
	30	40	0	0
	Förvaring i 0°C		Förvaring i 25°C	
l = fingerlängden	6	12		
l + 20	5	10		
-			3	10

3.5.6 Resultat

Resultaten av uppvärmningsförsöken redovisas i FIG. 51 som

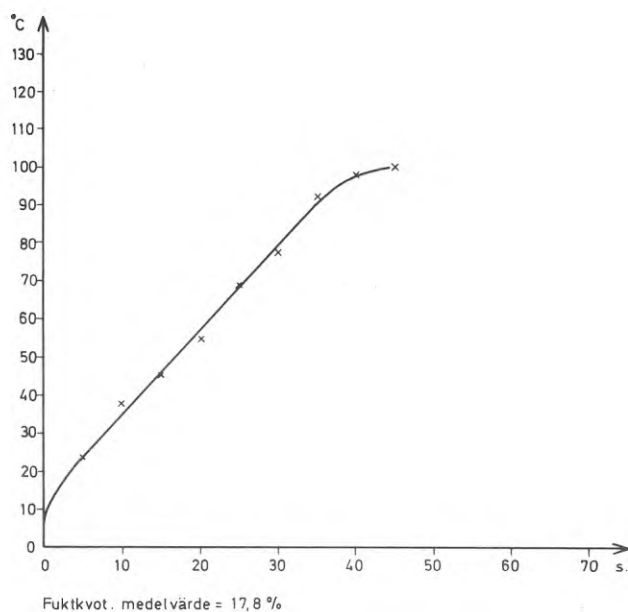


FIG. 51. Typiskt temperaturutvecklingsförlopp inuti provet

Typical development of temperatures in the wood

medelvärdet av 10 försök avseende temperaturutvecklingen inuti provkropparna. I FIG. 52 visas temperaturutvecklingen på provkropparnas ytor.

Beträffande uppvärmningsförloppet är det något vanskligt att dra några bestämda slutsatser med hänsyn till de mätningproblem som tidigare berörts. Resultaten pekar dock mot att uppvärmningen är

direkt proportionell mot tiden i området mellan 20°C och 90°C. Då utgångstemperaturen var 0°C förefaller det som om uppvärmningen gått snabbare under 20°C än över denna temperatur. Detta är naturligt med tanke på att lufttemperaturen i lokalen där

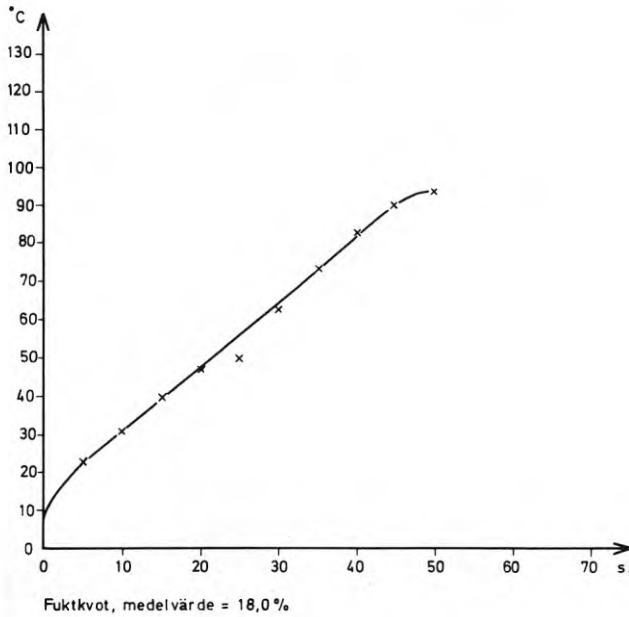


FIG. 52. Typiskt temperaturutvecklingsförlopp på provets yta
Typical temperatures on the surface of the wood

ångas och en del av den tillförda energin därigenom förbrukades för ångbildning. Att medelvärdeskurvan för yttemperaturen ligger lägre än den för innetemperaturen är naturligt då avkylningen vid ytan är större.

Resultaten av avsvalningsförsöken presenteras i form av kurvor som erhöles direkt från skrivardiagrammen. I FIG. 53 visas avsvalningsförloppen för en punkt mitt i uppvärmningszonen vid olika utgångstemperatur. Kurvornas utseende stämmer väl överens med vad man kunde förvänta sig.

I praktiken kommer alltid virkesändarna att värmas med visst tids mellanrum. Den frästa profilen kommer därvid att kylas snabbare än den obearbetade. Det är därför av intresse att studera temperaturutvecklingen i de frästa profilerna, både i fingrarna och på deras ytor.

I FIG. 54 och FIG. 55 visas avsvalningskurvan för frästa fingerprofiler registrerad på ytan av ett finger.

Avsvalningsförloppet för profiler som efter profilfräsningen

uppvärmningen skedde låg vid ca 20°C. Vid provkroppstemperaturer under rumstemperatur erhöles ett värmetillskott från den omgivande luften medan vid temperaturer över rumstemperaturen värmeflödet riktades åt andra hållet. Vid temperaturer upp mot 100°C blev temperaturstegringen långsammare vilket torde bero på att den i träet befintliga fukten började för-

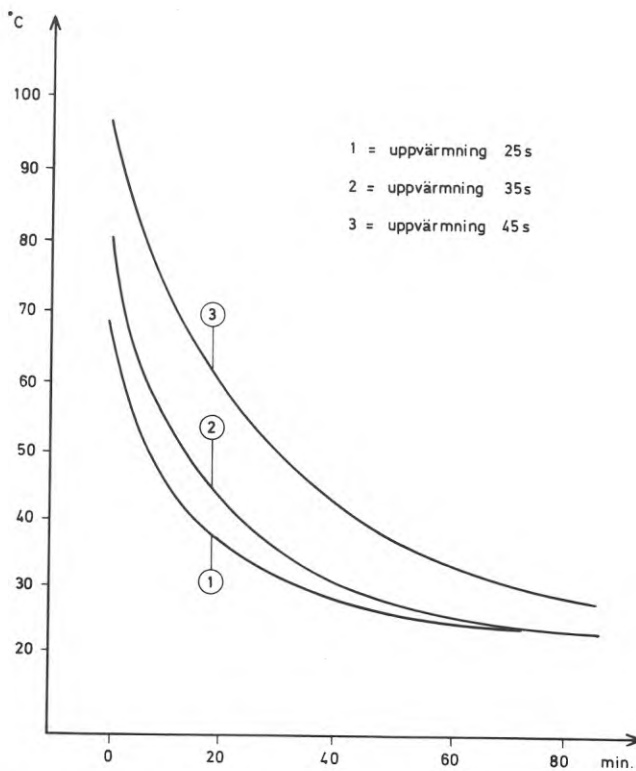


FIG. 53. Avsvlningskurvor för punkt mitt inne i uppvärmningszonen

The cooling in the middle of the heated zone

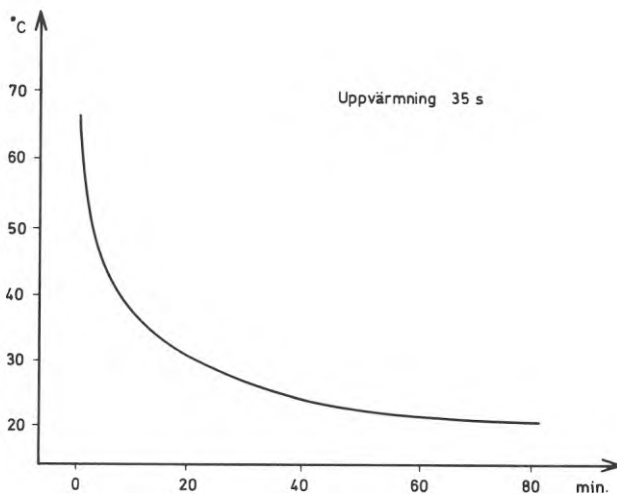


FIG. 54. Avsvlningskurva för punkt på ytan av ett prov

The cooling on the surface of a piece of wood

bestrukits med lim visade praktiskt taget samma förlopp som för profiler utan lim. För praktiskt bruk synes därför denna fråga inte bjuda några problem. Man bör dock observera risken för att uthärdningen kan börja redan före sammanpressningen om profilerna är förvärmade, särskilt vid användande av snabba lim.

Mätningarna av avsvlningsförloppen visar att avsvlningskurvan blir flackare ju längre tid uppvärmningen sker. Det kunde även konstateras att avsvlningen går långsammare om man värmer $l + 20$ mm från änden än om man endast värmer l . Detta är helt följdriktigt då värme leds parallellt med fibrerna från den uppvärmda änden in i den ouppvärmda delen av provstycket. För praktiskt bruk bör man förvärma något större del av virkesänden än $l + 20$.

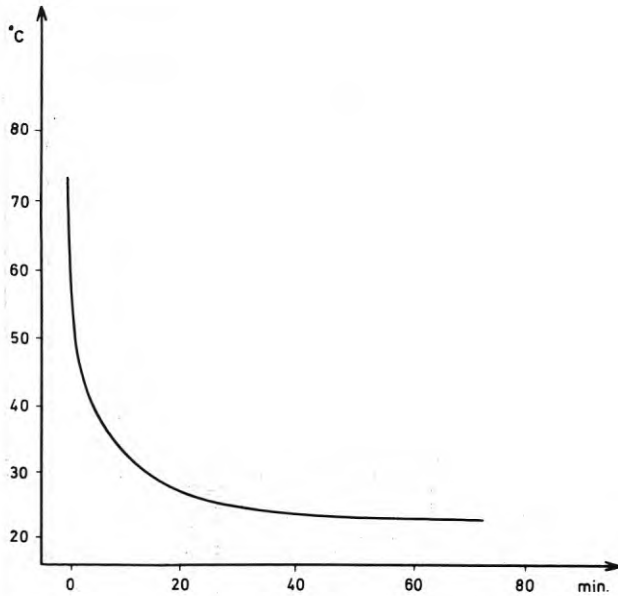


FIG. 55. Avsvlningskurva för punkt på ytan av ett finger

The cooling on the surface of a finger

Yttemperaturerna var som nämnts problematiska att mäta. Uppskattningsvis torde de mätta temperaturerna avvika högst 3-5°C från de verkliga.

Vid frästa profiler blev avsvlningsförloppet inuti snabbare än för ofrästa medan yttemperaturerna förändrades mycket likartat. I de fall där mätningar gjordes hela tiden från upp-

värmning och genom fräsningsoperationen kunde inte någon inverkan av fräsningsproceduren på avsvlningen noteras.

Limfogens hållfasthetstillväxt efter sammanpressningen visas i form av stapeldiagram i FIG. 56 och i kurvform i FIG. 57. Resultaten tyder på att förvärmning har en viss effekt, dock mycket liten vid förvärmning till 60 och 80°C, vilka temperaturer nåddes efter 20 resp. 30 sekunders värmning. Vid begynnelsestemperaturen 100°C sker hållfasthetstillväxten tämligen snabbt för att efter 1 minut vara nästan dubbelt så hög, 16 kp/cm², som utan förvärmning. - Som jämförelse kan tas initialhållfastheten för en 7,5 mm skarv vilken utan förvärmning ger värden på ca 20 kp/cm² direkt efter sammanpressning. - Se 2.4. Skall man uppnå någon väsentlig ökning av initialhållfastheten bör man alltså värma till 100°C. Av FIG. 57 framgår att man vid lägre temperaturer får mycket liten förbättring relativt ouppvärmda skarvprofiler. Vid initialhållfasthetsprovningen erhöles inga träbrott.

Skarvens slutliga hållfasthet visas i FIG. 58. När det gäller härdningssätt betecknar 25°C resp 0°C härdning utan förvärmning i 25°C resp. 0°C. 30ℓ betecknar förvärmning i 30 sekun-

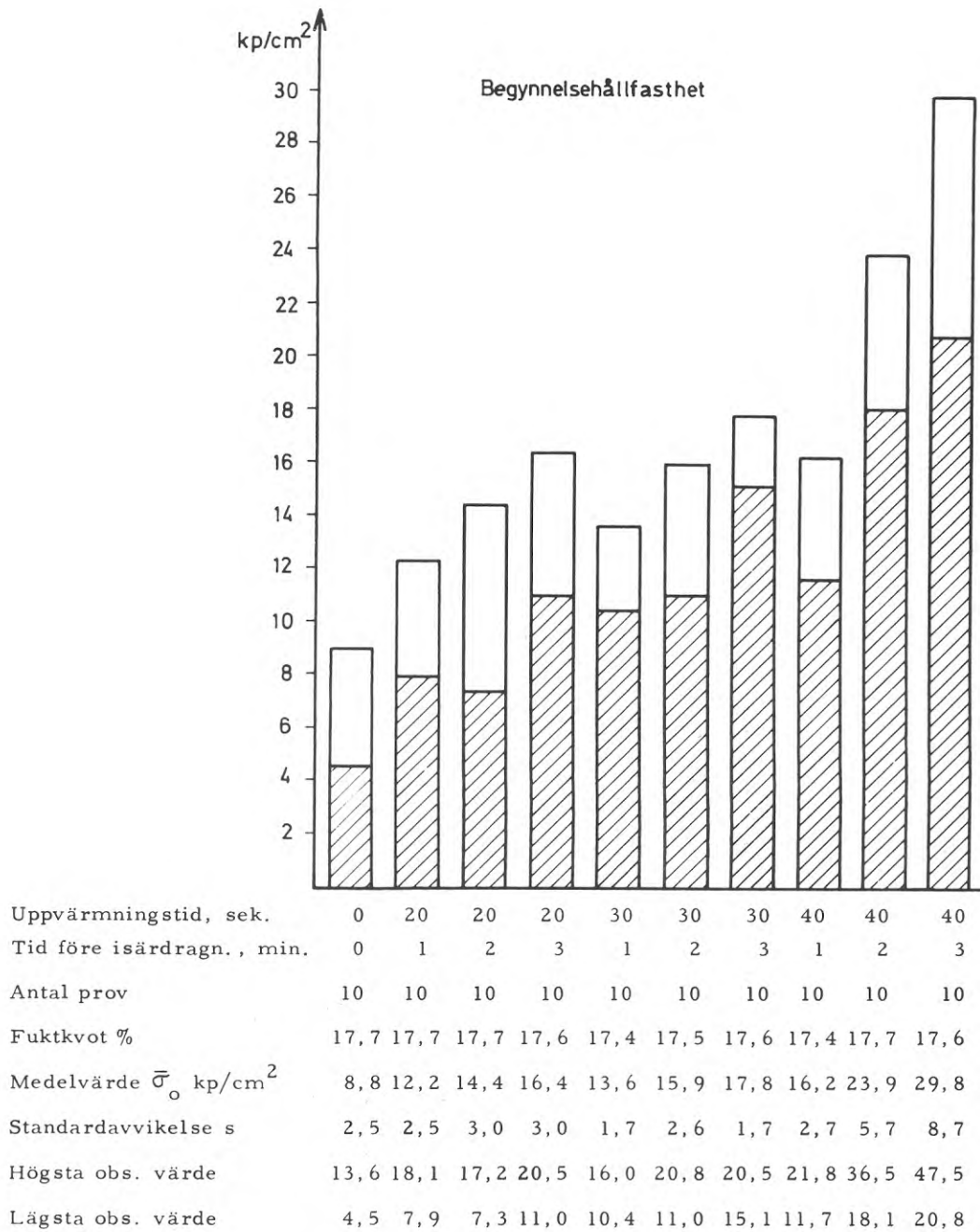


FIG. 56. Hållfasthet kort tid efter sammanpressning
Tensile strength shortly after pressing

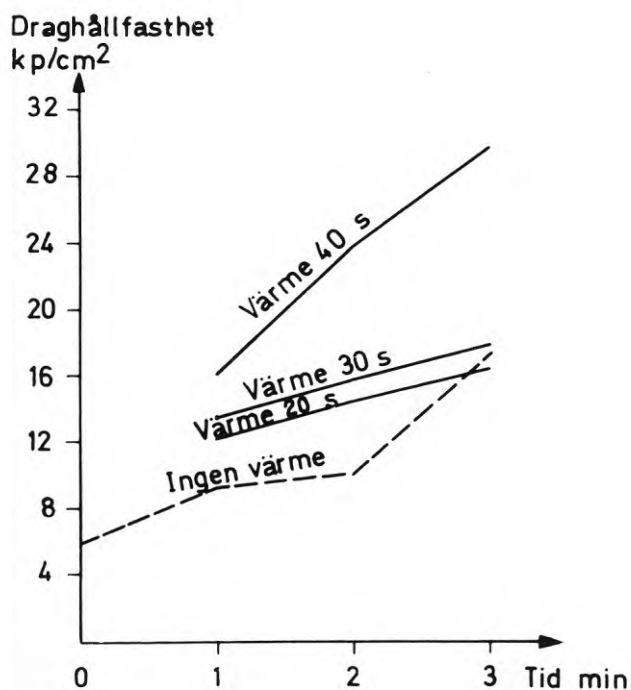


FIG. 57. Hållfasthetstillväxten under de första 3 minuterna efter sammanpressning vid olika förvärmningsgrader
The increase in strength during the first three minutes after pressing at different degrees of preheating

der med uppvärmningszonens längd lika med fingrarnas längd. 30 l + 20 betecknar värming i 30 sekunder med uppvärmningszonen lika med fingrarnas längd plus 20 mm, osv. Hållfasthetsvärden och standardavvikelse anges i kp/cm^2 . Provstyckenas volymvikt var i medeltal $0,52 \text{ g/cm}^3$.

Den högsta hållfastheten erhöles efter härdning i förhöjd rumstemperatur (ca 25°C). Medelhållfastheten var 68 % av medelhållfastheten för det oskarvade virket. Det bör vid denna jämförelse noteras att skarvningen skedde helt utan sidotryck vilket tidigare (kap. 3.4) visats sänka hållfastheten. Det kunde konstateras att de yttersta fingrarna i samtliga fall var intakta efter skarvbrottet.

Vid studium av hållfastheten hos de skarvar som förvarats över en natt i 0°C framstår betydelsen av förvärmning. Hållfastheten ökar både med uppvärmningstiden, dvs. utgångstemperaturen vid sammanpressning, och den uppvärmda zonens längd. Den

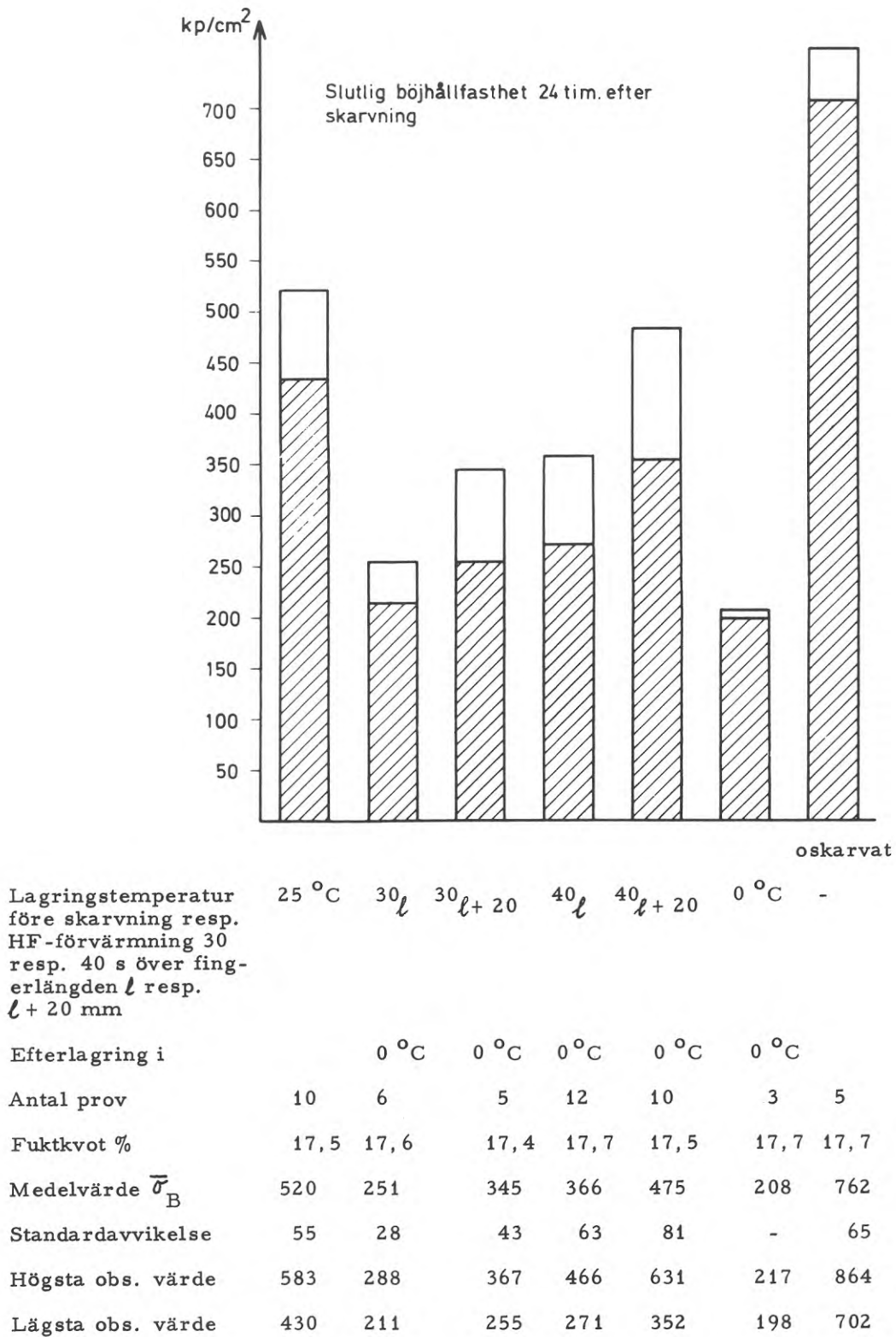


FIG. 58. Böjhållfasthet 24 timmar efter skarvning
The bending strength after 24 hours

skarv som värmdes i 40 sekunder med uppvärmningszonens längd lika med fingrarnas längd plus 20 mm, uppvisar ett hållfasthetsmedelvärde som är 62 % av medelvärdet för det oskarvade virket och 91 % av medelvärdet för det virke som härdats i förhöjd rumstemperatur. Vid ytterligare någon ökning av uppvärmningszonens längd torde hållfastheten bli lika den som erhålles efter härdning i förhöjd rumstemperatur.

3.5.7 Sammanfattning

Vid de undersökningar som gjorts har uppvärmnings- och avsvältningsförlopp hos virkesstycken med tvärsnittet 50 x 100 mm studerats när virkesändarna har värmts med högfrekvensenergi. Det har därvid konstaterats att förvärmning har effekt både vad gäller initialhållfasthet och slutlig hållfasthet. För sluthållfastheten har förvärmning särskilt stor betydelse då virkets utgångstemperatur är låg och om virket efter skarvning måste lagras i låg temperatur. Vid värmning av en tillräckligt stor zon ute i virkesänden till ca 100°C före limning och därefter lagring i 0-gradigt klimat kan nära nog samma hållfasthet påräknas som vid limning och lagring i rumstemperatur utan förvärmning.

3.6 SKARVNING AV PLYWOOD

3.6.1 Allmänt

Plywood och lamellträ har kommit till allt större användning inom olika områden. I synnerhet i USA har plywood länge använts i mycket stor utsträckning inom byggnadsindustrin. I Sverige har plywoodkonsumtionen under en lång följd av år legat på en ganska stabil låg nivå. För närvarande pågår emellertid en utbyggnad av produktionsapparaten som medför att produktionskapaciteten flerdubblas. I samband med denna utbyggnad av produktionsresurserna strävar producenterna naturligtvis efter att få konstruktörer och byggherrar att "tänka i plywood". Under denna utveckling av marknaden för materialet har behov av allt större skivformat anmält sig. Detta har tvingat tillverkarna att skarva skivor av standardformat. Tillverkningsprocessen är nämligen sådan att standardformatet måste begränsas ganska kraftigt för att rimlig ekonomi skall uppnås. De

fanér som ingår i en plywoodskiva kan inte göras hur långa som helst då fanérlängden bestäms av längden på de timmerstockar från vilka fanéren svarvas. Längden på dessa stockar är en kompromiss mellan önskan om långa fanér och önskan om högt utbyte av träråvaran. Stockarna är som bekant svagt koniska vilket gör att man kan få ut fullkantade fanér först när stocken bearbetats till cylindrisk form.

Man kan naturligtvis, och gör det också i ganska stor omfattning, skarva de enskilda fanéren. Denna skarvning utförs då som en enkel snedskarv. Förfarandet är emellertid mycket arbetskrävande eftersom alla fanér med fibrerna i skarvningsriktningen måste skarvas var för sig.

Som framgår av benämningen plywood eller kryssfänér består det färdiga materialet av ett antal fanérsikt lagda på varandra med korsande fiberriktningar och med lim emellan. Den slutliga sammanpressningen av dessa fanér till plywood sker i stora pressar med ett stort antal pressbord ovanför varandra. Det är även oekonomiskt att väsentligt öka pressformatet. Frekvensen av stora skivor är trots allt liten ställd i relation till hela produktionen.

I många fall kan man tänka sig att öka utbytet av träråvaran genom att skarva den färdiga plywooden. Detta gäller t. ex. när det föreligger behov av ett stort antal skivor med annat mått än gängse standardformat. Man skulle då i fabriken kunna kapa upp standardskivor på lämpligt sätt och sedan skarva ihop bitarna till det format som beställaren önskar utan att det blir annat spill än det spill som själva skarvningen medför.

3.6.2 Konventionell skarvning med snedskarv

Skarvningen görs idag så gott som uteslutande med s.k. snedskarvning dvs. de skivkanter som skall sammanfogas snedfasas i viss lutning, vanligen 1:8 till 1:12. De sneda ytorna bestryks med lim, skivorna läggs därefter i en press så att de sneda ytorna sammanfaller, varefter skarvzonen sammanpressas under värmestillförsel med presstryck vinkelrätt mot skivplanen.

Denna metod har emellertid den olägenheten att det uppstår relativt stora materialförluster genom att snedfasningen blir så lång. Vid 12 mm plywood blir skarvlutning 1:10 skarvzonen 12 cm lång, vid 15 mm plywood 15 cm osv. Materialförlusten per breddenhet blir lika med skarvens längd. Detta medför relativt höga materialkostnader i samband med skarvning vilket accentueras ytterligare av att de skivor som skarvas utgör färdiga produkter och icke halvfabrikat.

Ytterligare en olägenhet med snedskarvning är, att den svårli- gen låter sig utföras automatiskt då inpassning av de två för skarvning avsedda skivorna måste utföras med största omsorg, så att mot varandra svarande fanérskikt efter fullbordad skarvning faller i samma plan. Skarvningen sker därför med manuell inpassning vilket medför att den färdiga skarvens egenskaper blir beroende av yrkesskickligheten hos den person som har gjort skarven. Även detta är en starkt bidragande orsak till att plywoodskivor skarvade till andra format än standardformat blir dyra. Från plywoodindustrins sida uppges att den primitiva och osmidiga hanteringen vid snedskarvning har större negativ effekt än materialspletet som sådant.

3.6.3 Skarvning med fingerskarv

Genom att dra paralleller med skarvning av massivvirke kommer man till den slutsatsen att många av de olägenheter som beskrivits i samband med snedskarvning skulle kunna elimineras genom användande av fingerskarvningsteknik. För fingerskarvning av plywood finns två principiellt olika metoder. Se FIG. 59 och FIG. 60. Skarvar av den typ som visas i FIG. 59 har vissa egenskaper som gör det svårt att mekanisera skarvningen. Det framgår t. ex. direkt av figuren att det kommer in flera arbetsmoment i och med att styrningen i plan åstadkoms med en lös fjäder. Någon form av sådan styrning måste man ha då det oavsett skarvningsmetod krävs att ihopstående fanérskikt verkligen kommer att sammanfalla vid skarvningen. Veterligen har ingen industriell användning av denna skarv kommit till stånd.

Den skarvtyp som visas i FIG. 60 har i varierande former provats och använts på olika håll i världen. Den har framför allt

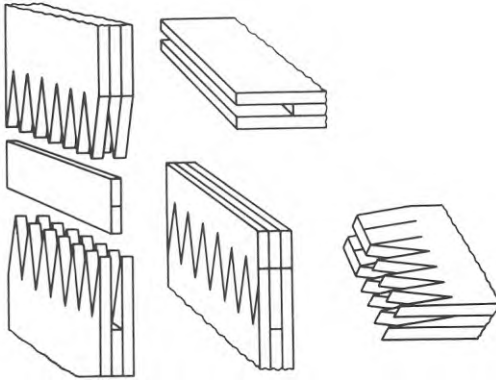


FIG. 59. En fingerskarv för plywood
One type of plywood finger joint

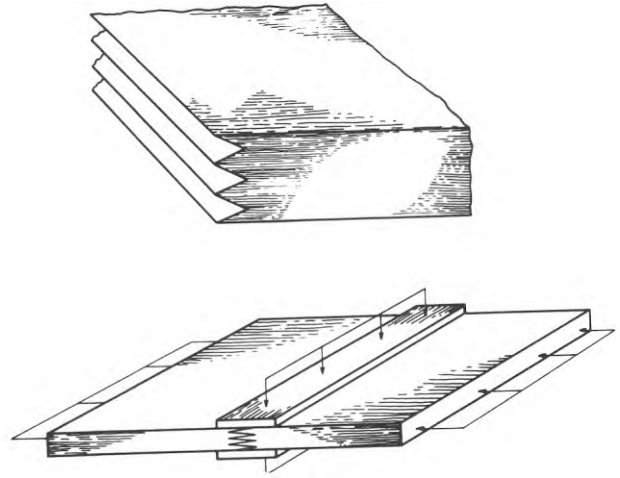


FIG. 60. En annan fingerskarvtyp för plywood
Another type of plywood finger joint

använts där man velat skarva plywood maskinellt till stora ytor men där man inte haft så stora anspråk på hållfasthet. Denna skarvtyp klarar styrningen i plan genom sin egen geometriska form och lämpar sig därför för ett mekaniserat skarvningsförfarande.

Vid Institutionen för Byggnadsteknik har under åren 1968-1971 bedrivits ett utvecklingsarbete för att möjliggöra fingerskarvning av konstruktions- eller byggplywood dvs. plywood på vilken det ställs krav på hållfasthet.

3.6.4 Fingerskarvningsmetod utvecklad vid KTH

Skarvningsprincip

I samband med det arbete som beskrivits i kap. 2 i denna rapport gjordes försök att skarva även skivmaterial med den utvecklade fingerskarven. För spån- och träfiberskivor gäller att deras egenskaper och användningsområden är sådana att fingerskarvning inte är särskilt aktuell. För plywood däremot gäller att materialet i sig självt är ett kvalificerat konstruktionsmaterial och man vill därför även på skarvad plywood helst kunna

ställa höga krav beträffande hållfastheten.

Vid orienterande försök som gjordes att skarva plywood med användande av samma skarvprofil som användes för skarvning av massivvirke framstod det klart att metoden borde kunna utvecklas men att skarvprofilen måste anpassas till det aktuella materialet.

I skarven sker kraftupptagningen på i princip samma sätt som vid fingerskarvar i massivvirke, dvs. genom skjuvspänningar i sneda limytor. Skillnaden ligger framför allt i att plywood är skarpt skiktat. Då skarven går genom ett antal korslagda fanér kommer den att innehålla såväl längs- som tvärträ.

Grundtanken bakom utformningen av profilgeometrin är att de i en fingerskarv befintliga svaghetszonerna skall placeras där de har minimal inverkan.

För att erhålla maximal böj- och draghållfasthet i skarvningsriktningen är det väsentligt att skarvarna i de fanér som är parallella med denna riktning får högsta möjliga hållfasthet. I praktiken är det dessa fanér som så gott som helt svarar för hållfastheten i denna riktning. Då en snedskarv med lämplig lutning är mycket stark bör man sträva efter att utforma och orientera profilen så att dessa fanér blir skarvade med en sådan snedskarv.

De svaga zonerna i en fingerskarv ligger kring profilspetsarna (se kap. 1.1). Enligt det tidigare sagda bidrar inte de fanérskikt som har fiberriktningen vinkelrätt mot skarvningsriktningen nämnvärt till hållfastheten. Profilen bör därför orienteras så att profilspetsarna faller i dessa fanér. I FIG. 61 visas ett antal tänkbara skarvutformningar.

Foglutningen bör ligga i intervallet 1:8 - 1:10. Limytan i skarven blir då approximativt 8 resp. 10 gånger så stor som det effektiva tvärsnittet. Många författare har visat att en snedskarvs hållfasthet inom vissa gränser tilltar med minskande foglutning bl. a. Richards (1958), Richards & Goodrich (1959), Sehtov, Iliev & Filipov (1964, 1965) och Stanger (1965).

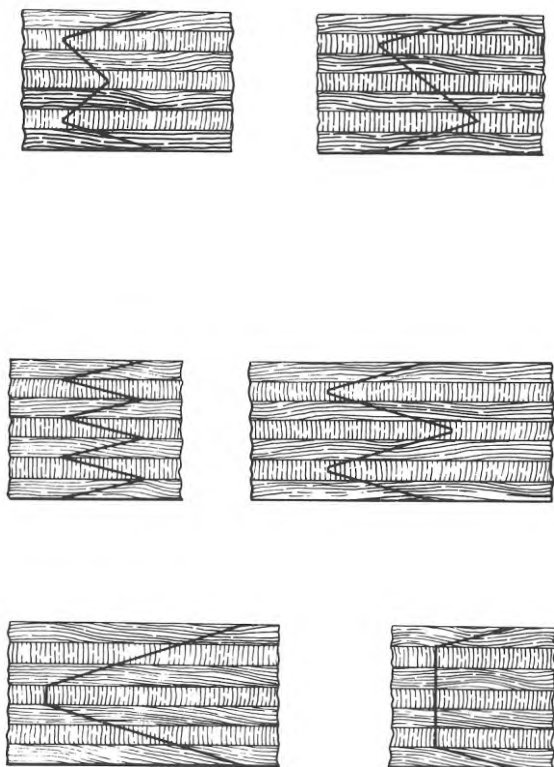


FIG. 61. Exempel på tänkbara skarvutformningar
Examples of different possible joint designs

Vid bestämning av lämplig foglutning har man flera faktorer att ta hänsyn till. Det är viktigt att klargöra vilka krav som ställs på den skarv som skall göras. Är kraven på hållfasthet höga bör så liten foglutning som möjligt väljas. Mot detta talar emellertid två saker; dels är det verktygsmässigt ogynnsamt med små foglutningar dels ökar skarvlängden med minskad foglutning vilket medför större materialspill. Som kompromiss väljs lämpligen en skarvprofil med foglutningen 1:8 - 1:9.

Skarvprofilerna framställs genom skärande bearbetning av skivkanten. Detta görs med hjälp av fräsverktyg utformade på samma sätt som fräsverktyg avsedda för framställning av fingerskarvprofiler i massivvirke.

Vid de försök som till en början gjordes vid institutionen var verktygen tillverkade av snabbstål (SIS 14 27 22). Resultatet var för laboratorieändamål fullt acceptabelt. Vid bearbetning av plywood blir emellertid verktygsslitaget förhållandevis stort då skärningen delvis sker i limfogar. FIG. 62. Limfogen är ofta mycket hård och kan i vissa fall innehålla mineralpartiklar som ingår som fyllnadsmedel i limmet. För produktionsmaskiner bör därför verktyg med hårdmetallskär användas. Vid senare försök vid institutionen har hårdmetallverktyg tillverkade av Sandvikens Järnverk AB använts.

När det gäller direkta skador på fingerskarvfräsar är vanligen

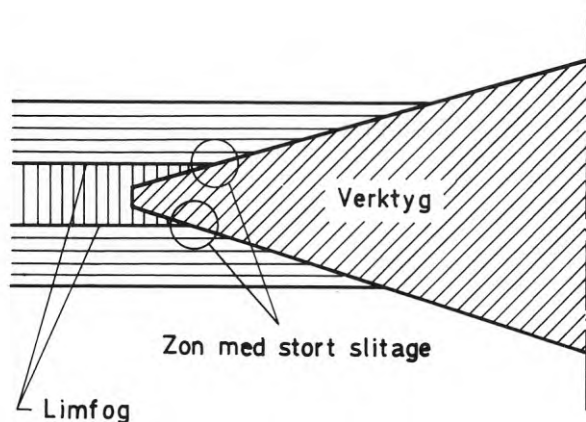


FIG. 62. Fräsverktygets arbetsbetingelser vid profilfräsning i plywood

The conditions for the tools when cutting the fingers in plywood

spetsen den ömtåligaste delen. Vid de här beskrivna försöken har spetsbredden varit 0,5 mm, den minsta bredd som någon verktygstillverkare vågat sig på för verktyg med den längd det här varit fråga om (ca 25 mm). Vid de fräsningar som gjorts under arbetet vid institutionen har inget verktygshaveri inträffat.

Då målsättningen är att profilspetsen i en skarv skall ligga helt inom ett visst fanér är kraven på spetsbredd beroende av den precision med vilken profilen kan placeras i skivtvärsnittet. Fanér- och därmed skivtjockleken måste tillåtas variera inom vissa gränser. Eftersom fräsverktyget vid profilfräsningen måste orienteras i skivtvärsnittet på något sätt, förslagsvis mot något visst fanér, kommer profilen på grund av ojämnheter i plywooden att svänga något relativt de övriga fanéren i tvärsnittet. Denna svängning måste vara mindre än $\pm \frac{t-b}{2}$ från utgångsläget. t = fanértjockleken, b = verktygets spetsbredd.

Vid profilfräsning av plywood uppbyggd av 2,5 mm tjocka fanér med standardläggning finns alltså vid en verktygsbredd av 0,5 mm 1 mm marginal åt vardera hållet för att spetsen inte skall komma i fel fanér.

Vid kontrollmätning av fanértjockleken hos 14 st slumpvis uttagna plywoodprover, 12 mm 7-skikts plywood erhöles följande resultat. Mätningen gjordes med graderad lupp.

Skikt nr	1	2	3	4	5	6	7	Summa tjocklek
Nominell tjocklek mm	1,5 (1,3)	1,5	2,5	1,5	2,5	1,5	1,5 (1,3)	12,5 (12,1)
Uppmätt tjocklek mm	1,3	1,6	2,4	1,6	2,4	1,6	1,2	12,1
Standardavvikelse hos enskilda prov mm	0,09	0,12	0,13	0,12	0,12	0,09	0,18	0,18

Skivorna putsas vid tillverkningen på båda sidor så att ytfanären får den tjocklek som anges inom parentes i tabellens övre rad. Tjockleksvariationerna är i varje fall för denna typ av plywood inte större än att profilfräsning på beskrivet sätt kan ske utan problem. De försök som gjorts har även bekräftat detta.

För att åstadkomma limförbandet i skarven måste limytorna pressas samman och fixeras mot varandra under så lång tid att limmet hinner binda. Vid massivvirkesskarvning sker detta enkelt genom att skarvstyckena sammanpressas med axiellt riktad presskraft. Vid plywood blir förhållandena något mera komplicerade.

Vid sammanpressning av fingerprofilerna uppträder krafter som vill splittra plywooden (se kap. 2.4.3). Då tvärdraghållfastheten är förhållandevis låg måste denna splittringstendens på något sätt motverkas. Vid massivvirkesskarvning tillåter man ofta att de yttersta profilklikarna pressas ut en aning vid sammanpressningen. De avvikelser från nominellt tvärsnitt som på så sätt uppstår justeras genom efterföljande hyvling.

Beträffande plywood så kan man inte tillåta någon ytterligare borthyvlning eller -putsning i anslutning till skarven. De yttersta fanären måste i möjligaste mån lämnas obearbetade.

Problemet kan lösas på två principiellt olika sätt. Dels kan profilerna pressas in i varandra en bestämd längd, dels kan de pressas samman med en bestämd kraft. Den förstnämnda meto-

den är praktiskt svår att realisera då det är svårt att utföra profilfräsningen med sådan precision att god anliggning och lagom limtryck kan erhållas i skarvens alla delar om sammanpressningslängden är fixerad.

Vid sammanpressning med visst tryck säkerställs anliggning och limtryck men man får å andra sidan inget väldefinierat passningsläge. De variationer som därmed uppstår i skivformatet håller sig emellertid inom ett par mm och torde sakna praktisk betydelse.

Av FIG. 60 framgår hur sammanpressningen kan tänkas ske. Vid de försök som gjorts vid Institutionen för Byggnadsteknik har det visat sig att en simultan påläggning av längs- och tvärpressstryck är lämplig. Tvärpressstrycket appliceras på en zon om ca 10-15 cm kring skarven. Vid skarvning av 7-skikts 12,5 mm furuplywood har lämpliga tryck visat sig vara 5 resp. 15 kp/cm².

I FIG. 63 visas den press vari skarvpressningarna utfördes i laboratoriet.

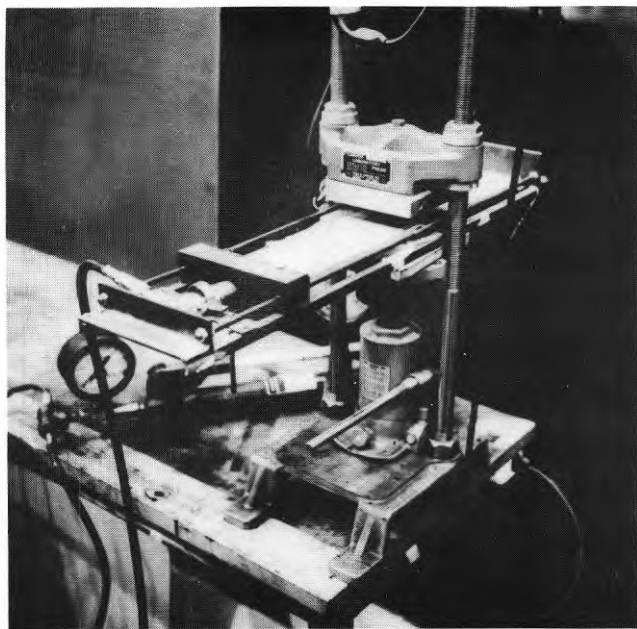


FIG. 63. Den anordning med vilken skarvpressning skett i laboratoriet

The press used in the laboratory to manufacture the joints

Vid sammanpressningen i längsled uppstår som nämnts en tendens till spjälkning och därmed förtjockning av skivan. Ett tryck av ca 15 kp/cm² på en 15 cm zon längs skarven med en stadig stålplatta är emellertid tillräckligt för att helt förhindra denna förtjockning. Det är givet att det specifika trycket på ytan i själva

skarven är betydligt högre än medeltrycket på pressplattan. Det måste ju vara tillräckligt stort för att åstadkomma en plastisk sammanpressning av träet i skarvzonen.

För att limmet skall härda och få tillräcklig hållfasthet krävs i allmänhet tillförsel av extra värme. Om presstrycket släpps innan limmet har hunnit härda kommer de yttre profilflikarna att böja ut. Det är nödvändigt att sådant lim används och sådana limningsbetingelser råder att detta inte sker. För plywood för utomhusanvändning är det främst resorcinollim som kommer ifråga. Om de pressplattor med vilka presstryck påföres i tvärläng hålls vid en temperatur av ca 125°C uppnås tillräcklig limhållfasthet på kortare tid än 1 minut. Limmet i hela skarven är då inte uthärdat men hållfastheten är tillräcklig för att skarvzonen inte skall svälla och för att den skarvade skivan skall kunna hanteras. Vid pressningen upplagras tillräckligt med värme för att limmet i hela skarvtvärsnittet skall härda ut vid efterföljande lagring.

För att söka bedöma erforderliga presstider och -temperaturer gjordes ett antal mätningar där temperaturstegringen i olika skikt av en värmepressad skarv registrerades under pressningen. Även avsvalningsförloppet efter pressningen registrerades.

Som exempel visas i FIG. 64 temperaturförloppet vid 60 sek. pressning av skarv i 12 mm plywood mellan pressplattor med temperaturen 125°C.

För det använda limmet, Cascosinol 1761 med härdare 2612 gäller följande för limmets härdning

$$t_H = 1,085^{(100 - \vartheta)}$$

där t_H = tid för härdning
 ϑ = limfogstemperatur °C.

Sambandet ovan ger

Limfogs- temperatur °C	Härddningstid min	Limfogs- temperatur °C	Härddningstid min
100	1	55	40
95	1,5	50	60
90	2	45	90
85	3,5	40	135
80	5	35	200
75	8	30	300
70	12	25	450
65	18	20	700
60	25		

På grund av att härddningsprocessen inte sker linjärt varken med avseende på tid eller temperatur är det tyvärr inte möjligt att ange delgrader av uthärdning. För att limfogen skall kunna sägas vara uthärdad måste den ha haft en viss temperatur under minst den tid som anges i tabellen ovan. Man kan av temperaturkurva I i FIG. 64 därför endast utläsa att skarvens ytliga

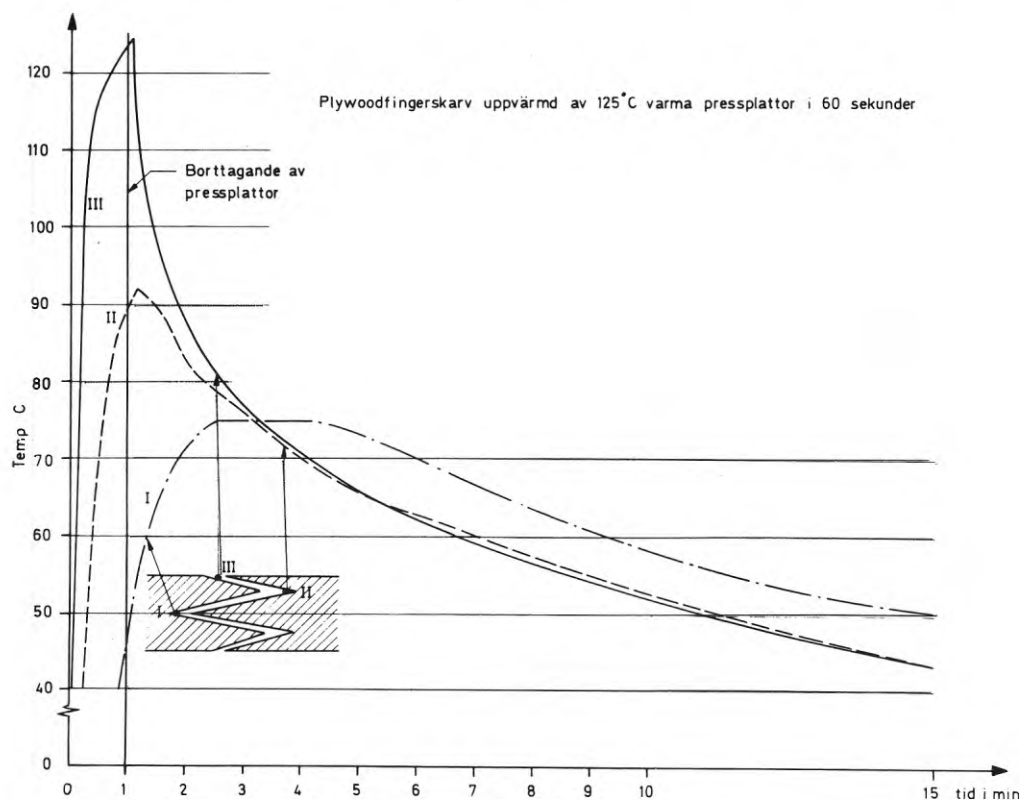


FIG. 64. Temperaturförloppet i olika delar av plywoodfingerskarv vid värmpressning

Temperatures in different parts of a plywood finger joint when heated during pressing

delar hinner härdas fullständigt på kortare tid än 1 min.

För industriell skarvning är limappliceringstekniken av stor betydelse. Som tidigare nämnts appliceras lim på många olika sätt. Någon allmänt accepterad "riktig" lösning på problemet har inte presenterats på marknaden. I kap. 2.2.2 har redogjorts för det arbete som nedlagts för att lösa appliceringsfrågan vid massivvirkesfingerskarvar med små dimensioner.

Vid plywoodskarvning får fingerprofilen ungefär samma dimensioner som konventionella fingerskarvar. Skillnaden ligger framför allt i att profilspårens längd = skivbredden l m eller mera. Detta kan medföra att det uppstår svårigheter att sprida lim jämnt utefter hela profilen. Det kan även tänkas bli svårt för överskottslim att pressas ut.

Om limmet påføres med någon form av profilerad rulle kommer rullen av praktiska skäl att rotera flera varv under sin väglängs profilspåret. Vid massivvirke är profilspåren i allmänhet så korta att endast en del av periferin på påföringsrullen kommer i kontakt med profilen vid varje påföringstillfälle. Vid plywoodskarvning måste limpåföringsanordningen därför vara utformad så att kontinuerlig och jämn tillförsel av lim kan ske över hela den tid som påföringen pågår på varje skarvprofil.

Vid det här aktuella arbetet gjordes försök med en dubbelvals med profilerade valsar (FIG. 65) uppbyggd på samma sätt som den apparat som visas i FIG. 24. Skillnaden består främst i att valsarna har betydligt större diameter och är försedda med gummiyta. För att en sådan dubbelvalsspridare skall arbeta nöjaktigt bör valsarna arbeta med horisontella axlar. Detta i sin tur förutsätter att man vid påföring av lim arbetar med skarvprofilen vertikalt dvs. med plywoodskivan stående. Ehuru man mycket väl kan tänka sig detta, och fastän det skulle kunna innebära vissa fördelar, mindre golvytebehov t. ex., är hanteringen av skivorna i existerande plywoodfabriker så gott som helt byggd på principen med liggande skivor varför arrangementet kanske ändå är opraktiskt. Av samma anledning är inte heller ridålimspridare aktuella i detta sammanhang.

För limapplicering på horisontell profil provades en variant av

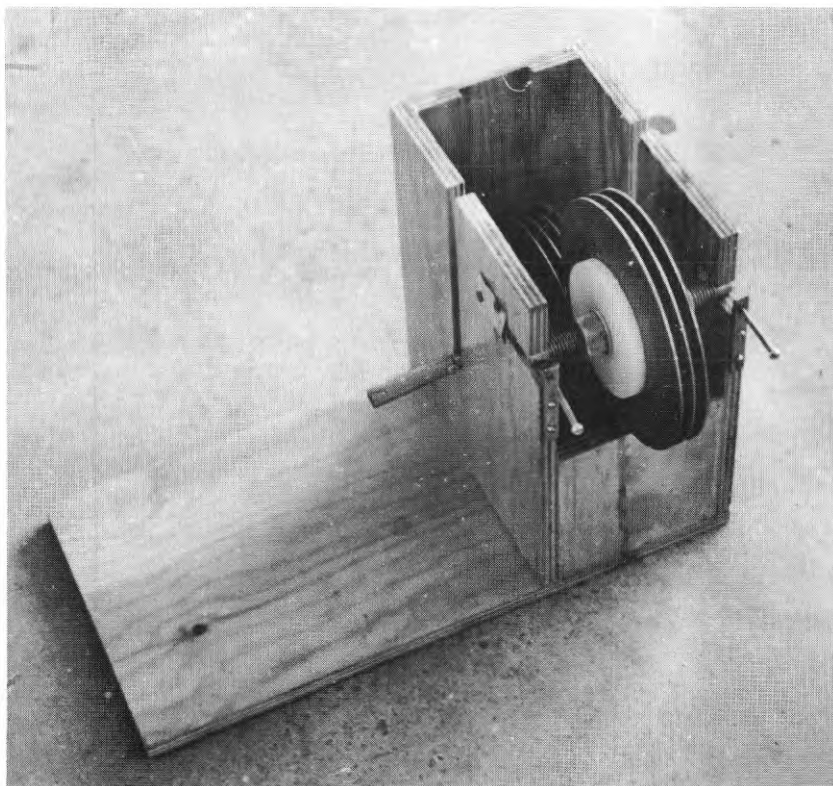


FIG. 65.
 Dubbelvals-
 spridare för be-
 limning av finger-
 profiler i plywood
 Double roller
 glue-spreader
 used for plywood
 finger jointing

valsspridare med endast en profilerad vals med valsprofilen löpande genom en avskrapare utformad som valsprofilens negativ. Det överskottslim som stoppas av avskraparen rinner ned i en uppsamlingsbehållare varifrån det återpumpas upp framför avskraparen så att det ständigt ligger en "limkudde" mot denna.

Limapplicering enligt dessa båda metoder fungerade laboriemässigt tillfredsställande men metoderna medger inte så goda möjligheter att reglera limmängden som vore önskvärt.

Ett annat sätt som inte provats men som förefaller möjligt är att med hjälp av en förträngningspump pressa ut lim genom munstycken som löper i profilspåren längs skivan. Det skulle på så sätt vara möjligt att jämnt dosera ut en viss mängd lim under den tid munstyckena befinner sig i profilspåren.

För att säkerställa god limning av hela fogytan måste lim påföras i överskott. De prov som gjorts tyder på att limöverskottet kan pressas ut runt profilen och lägga sig på skivans yta omkring skarven. Det bör därför inte vara något större problem att profilspåren är så pass långa som de är. Den påförda limmängden bör naturligtvis hållas så nära den minsta erforderliga som möjligt. Om limmängden blir alltför stor kan det uppstå

svårigheter för överskottslimmet att hinna ut under pressningen med alltför tjock limfog som följd. Dessutom blir ytan runt skarven onödigt mycket missfärgad av limmet. Vid användande av resorcinlim som är mörka blir denna missfärgning påtaglig. Man bör givetvis inte heller bortse från limekonomin.

En appliceringsmetod som hittills kommit mycket litet till användning för trälimning är sprutning. Sprutning har framför allt fördelen att en jämn och lätt varierbar dosering kan erhållas. Det förefaller emellertid som om de företag som tillverkar och marknadsför sprututrustningar har bedömt marknaden inom träindustrin som alltför begränsad för att motivera någon satsning i form av utrustning för de speciella krav som trälim och framför allt då härdlim ställer.

AB Casco har emellertid på senare tid upptagit samarbete med svenska företag i branschen och vid bl. a. ASSI:s sågverk i Valåsen pågår försök med och utveckling av sprutningsteknik för virkesfingerskarvning. Enligt uppgift är försöken lovande.

Det största problem som föreligger vid sprutning av tvåkomponentlim, härdning av limmet i behållare och munstycken, kan kringgås genom sprutning av lim och härdare genom skilda munstycken med blandning på vägen mot arbetsstycket eller direkt på detta. Genom denna teknik öppnas även möjligheten att använda aktivare härdare än tidigare då inget krav på "pot-life" längre finns.

Sannolikt kommer limsprutningstekniken i detta sammanhang att utvecklas ganska väsentligt inom några år.

3.6.5 Hållfasthetsprovningar

Allmänt

Vid all skarvning, oavsett material eller produkt, vill man antingen uppnå syftet att få tillgång till ett eller flera exemplar av produkten med större längd eller bredd än den som finns tillgänglig utan skarvning, eller så vill man förbättra materialutbytet. Anspråken på hållfastheten i en sådan skarv kan variera högst avsevärt. Kraven blir störst om man skarvar produkter

tillverkade av höghållfasta material och avser att hållfasthetsmässigt utnyttja även den skarvade produkten. Så gott som alltid innebär emellertid en skarv vissa störningar av materialstrukturen med nedsatt hållfasthet som följd.

Ett enkelt mått på en skarvs hållfasthet är dess hållfasthet ställd i relation till hållfastheten hos materialet utan skarv. Man bör då röra sig med medelvärden av ett tillräckligt antal försök. Detta mått är emellertid ofta otillfredsställande då resultatet är starkt beroende av kvaliteten på det oskarvade materialet. Bättre torde då vara att uppställa absoluta hållfasthetskrav och sedan se om dessa uppfylls vid statistisk bedömning av resultaten av provning av ett tillräckligt antal skarvar.

Vid bestämning av en ny skarvtyps hållfasthet kan man även för enkelhets skull jämföra hållfastheten hos denna skarv och hållfastheten hos en tidigare accepterad och godkänd skarvtyp i samma material. En sådan jämförelse kan enkelt ge en indikation på om den nya skarvtypen är intressant eller ej.

Förutom önskemålet att få tillgång till en automatiserbar och materialbesparande skarvningsmetod för konstruktionsplywood är det naturligtvis önskvärt att en skarv skall ha sådan hållfasthet att den uppfyller de hållfasthetskrav som ställs på sådan plywood. De hållfasthetsprovningar som till en början gjordes gick ut på att enkelt jämföra medelhållfastheten hos fingerskarvad plywood med hållfastheten hos plywood från samma tillverkare men skarvad av denne med vanlig snedskarv. För ytterligare jämförelse provades även motsvarande plywood helt oskarvad.

De inledande undersökningarna gjordes som ren jämförande provning av snedskarvad och oskarvad plywood. Provningarna gjordes på 7-skikts 12 mm furuplywood som ställts till förfogande av två svenska fabrikanter, AB Iggesunds Bruk och Scandia-plywood. (Vid de fortsatta undersökningarna användes plywood som ställts till förfogande av Ström-Ljusne AB.) De provade snedskarvarna hade tillverkats vid fabrik av tillverkarna och kan anses vara representativa för industriellt framställda skarvar.

Proven utfördes som böjprovning där lasten påfördes i spännviddens 1/3-punkter. Spännvidden var 51 cm. Belastningen skedde kontinuerligt till brott. Tid från belastningens början till brott var ca 1 min.

De skarvade proverna hade formatsågats av resp leverantör vilket fick till följd att provkropparnas bredd inte blev lika för de båda fabrikaten. Provkropparna från Iggesund var 10 cm breda medan provkropparna från Scandiaplywood var endast 7 cm breda. Skillnaden i bredd torde inte ha någon större betydelse för medelhållfastheten. Hållfasthetspridningen kunde dock förväntas bli något större för de smalare, vilket den också blev.

Totalt provades 52 provkroppar varav hälften var skarvade. Fördelningen mellan fabrikaten var 20 st Iggesund och 32 st Scandia. Resultaten framgår av nedanstående tabell. I tabellen angiven "verklig" och "nominell" hållfasthet hänför sig till tjockleken. Denna var nominellt 12 mm. Iggesundsplywooden höll emellertid praktiskt taget konstant 11,1 mm och Scandiaplywooden 12,3 mm.

	Oskarvad				Skarvad			
	Iggesund		Scandia		Iggesund		Scandia	
	10 prov	10 prov	10 prov	% av osk.	16 prov	% av osk.	16 prov	% av osk.
Verklig hållfasthet σ_m	594	552	511		455			
kp/cm ² S	64	90	39	86	62	82		
Nominell hållfasthet σ_m	508	580	437		477			
kp/cm ² S	61	94	34		64,5			

σ_m = böjhållfasthetens medelvärde

S = standardavvikelsen i varje försök

Som synes ger snedskarven en hållfasthetsnedsättning om 15-20 %, ganska lika för båda fabrikaten. Som jämförelse med erhållna hållfasthetsvärden kan nämnas att tillåten böjpåkänning för denna plywoodkvalitet är 150 kp/cm².

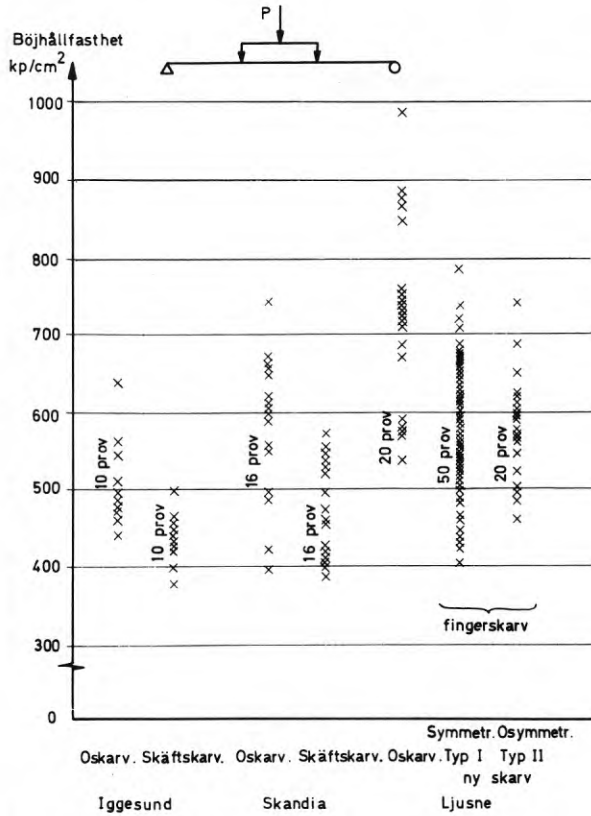


FIG. 66. Böjhållfasthetsvärden för ett antal olika typer av skarvad och oskarvad plywood

The bending strength for a number of jointed and non-jointed plywood specimens

I FIG. 66 har i diagram inprickats resultaten av sammanlagt 142 prov varav 70 avser fingerskarvad plywood. Av figuren framgår att den hållfasthetsreduktion som fingerskarven ger är av samma storleksordning som den som uppstår genom snedskarvning.

Det kan konstateras att skarvad plywood har ett betydligt sprödare brott än oskarvad. Detta förhållande tycks gälla även för skarvat massivvirke.

Rent allmänt är spröda brott mindre önskvärda då de ger ringa förvarning vid brott och inte medger spänningsomlagring vid sammansatta konstruk-

tioner. Praktiskt torde den sprödhet som uppstår vid skarvning av virke och plywood emellertid ha mindre betydelse.

De rörelser som orsakas av träets dimensionsförändringar vid hygroskopiskt upptagande och avgivande av fukt är i allmänhet det som med tiden hårdast anstränger ett limförband.

För att få en indikation på hur en fingerskarv i plywood reagerar för denna påkänning exponerades ett antal fingerskarvade provkroppar under bar himmel under ett antal månader. Exposition under bar himmel är en extrem påkänning då uppfuktning och nedtorkning kan ske ofta och mycket snabbt.

Provningen lades upp så att 24 st provkroppar med

1 x b = 48 x 11 cm togs ut slumpvis ur ett par 12 mm 7-skipts
 fullimrade plywoodskivor från samma tillverkning. Av dessa
 24 provkroppar skarvades 20 på mitten med fingerskarv.
 4 stycken behölls oskarvade som kontrollprover.

Hälften av provkropparna, dvs. 10 skarvade och 2 oskarvade la-
 des upp på taket till Institutionen för Byggnadsteknik. Resten
 placerades på en hylla i laboratoriet. Samtliga provkroppar pla-
 cerades så att luften fritt kunde cirkulera runt dem.

Provkropparna preparerades den 18 juli 1969 och hållfasthets-
 provades den 23 februari 1971. Proverna hade alltså lagrats
 utomhus 19 månader före provning.

Före hållfasthetsprovningen som utfördes som böjprovning med
 linjelaster i spännviddens 1/3-punkter förvarades de utomhus-
 lagrade proverna i drygt en vecka i laboratoriet tillsammans
 med de inomhuslagrade proverna. Vid den fuktkvotsbestämning
 som gjordes efter hållfasthetsprovningen befanns att de utomhus-
 lagrade proverna höll 12 % och de inomhuslagrade 8 % fuktkvot.

Vid provningen erhöles följande resultat

		Böjhållfasthet kp/cm^2	
		Inomhus- lagrade	Utomhus- lagrade
Skarvade prover 10 st av vardera typen	Medelvärde	594	472
	Högsta värde	730	547
	Lägsta värde	447	372
	Medelvärde korr. till u=7%	640	653
Kontrollpro- ver (oskar- vade) 2 st av vardera	Medelvärde	774	625
	Korr. till u=7%	835	865

För att kunna göra direkt jämförelse mellan prover lagrade un-
 der olika betingelser skulle man önska att samtliga provkroppar
 haft samma fuktkvot vid provningen. Konditioneringstiden före
 provning hade i detta fall uppenbarligen varit alltför kort med

den ovan angivna fuktkvotsdifferensen som följd. För att ändå kunna göra jämförelsen har hållfasthetsvärdena räknats om för att gälla vid en gemensam fuktkvot om 7 %. Vid omräkningen har använts uttrycket

$$\sigma_{B_7} = \frac{\sigma_u \cdot 18}{25 - u} \quad (\text{Kollman})$$

De hållfasthetsvärden som därvid erhöles har i uppställningen betecknats korrigerade värden.

Om resultatet skall tolkas strikt skulle hållfastheten efter nära två års utomhuslagring vara högre än om lagringen skett inomhus. Detta verkar något osannolikt och beror troligen på det mycket begränsade antalet provkroppar.

Man torde dock kunna dra den slutsatsen att fingerskarvad plywood inte är speciellt känslig för påfrestningar av det slag som här varit aktuella. Det är därför rimligt att tänka sig att plywood med fingerskarvar kan användas utan speciella begränsningar med avseende på det omgivande klimatet.

Då plywood vid användning ofta bildar ytskikt i lådkonstruktioner kommer materialet att i sådana fall utsättas för rena drag- eller tryckpåkänningar. Det var därför befogat att även undersöka hur draghållfastheten påverkas av skarvning.

De skarvar som dragprovats tillverkades på samma sätt som de provkroppar som böjprovats. Provningsen genomfördes enligt ASTM D 805, dvs. provkroppar med reducerad sektionensarea i ett område kring mitten. Provkropparnas dimensioner före reducering av tvärsnittet var 40 x 5 cm. Tvärsnittsarean i brottzonen var 1,2 x 1,2 cm utom för vissa prover med fanéren orienterade diagonalt relativt dragriktningen där provkroppsbredden varierats.

Vid dragprovning med dragriktning 45° mot ytfanérriktningen erhöles olika brottbilder beroende på provkroppens bredd. Vid bredder mindre än 50 mm erhöles brott enligt FIG. 67a och vid bredder större än 50 mm brott enligt FIG. 67b.

Vid de smalare provkropparna uppstod skjuvbrott i limfogarna

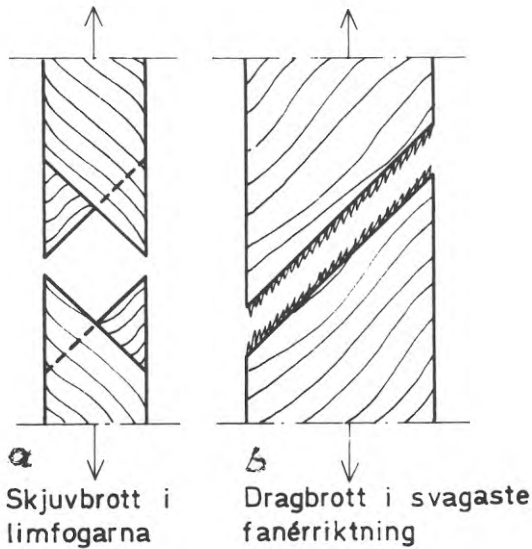


FIG. 67.
Brottbild erhållen vid
provkroppsbredd

- a) $< 50\text{ mm}$
b) $> 50\text{ mm}$

Typical failure when the
width of the tested speci-
men is

- a) $< 50\text{ mm}$
b) $> 50\text{ mm}$

mellan fanéren, medan vid de bredare brottet skedde som dragbrott i fanérskikten 2, 4 och 6.

Vid 7-skiktsplywood är 6 limytor kraftupptagande. Den sammanlagda lastupptagande skjuvytan kan enligt FIG. 68 i det allmänna fallet uttryckas som funktion av bredden b enligt följande

$$\text{Totala skjuvytan } F_{\gamma} = \frac{2 \cdot 6 \cdot b}{4} (a_1 + a_2)$$

$$\left. \begin{aligned} a_1 &= \frac{b}{2} \cdot \cot \alpha \\ a_2 &= \frac{b}{2} \cdot \operatorname{tg} \alpha \end{aligned} \right\} a_1 + a_2 = \frac{b}{2} \left(\frac{\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha}{\sin \alpha \cos \alpha} \right) = \frac{b}{2} \frac{1}{\sin \alpha \cos \alpha} =$$

$$= \frac{b}{\sin 2 \alpha}$$

Om $\alpha = 45^\circ$ blir uttrycket för F_{γ} helt enkelt $F_{\gamma} = 3 b^2 \text{ cm}^2$.

Om man i stället antar att brott sker som dragbrott i fanér med den riktning som har minsta verksamma fanérarean blir denna area

$$F_{\sigma} = b \cdot \sum_1^3 t_i$$

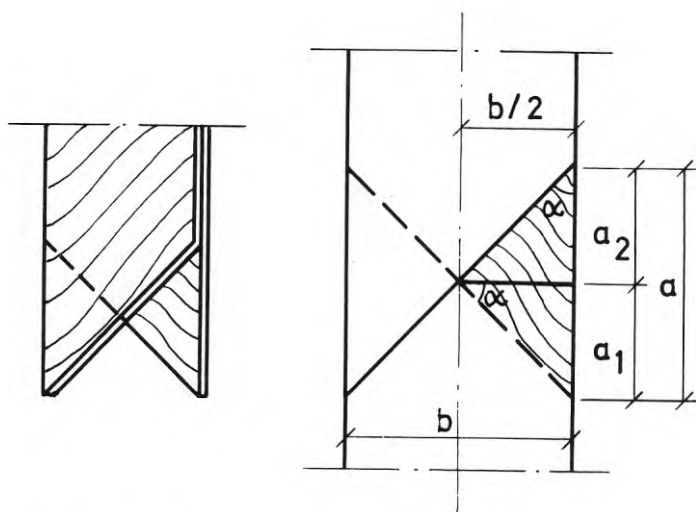


FIG. 68. De parametrar som bestämmer kraftupptagande limyta vid dragning i viss vinkel mot ytfanéren

The variables determining the effective area of a joint when in tension at a given angle with the face veneers

där $t = \text{fanéertjockleken} \sum_1^3 t_i = 4,8 \text{ mm.}$

Vid gränsbredden gäller då

$$b \cdot 4,8 \cdot \sigma_{db} = 3 b^2 \tau_b$$

$$\tau_{br} \cdot b = 1,6 \sigma_{d_{br}}$$

Enligt Norén (1964) är τ_{br} i 45° riktningen ca 35 kp/cm^2 och enligt Kollman (1955) är $\sigma_{d_{br}}$ i 45° riktningen ca 60 kp/cm^2 . Detta ger

$$b = \frac{1,6 \cdot 60}{35} = 2,7 \text{ cm.}$$

Detta värde är i jämförelse med de vid försöken erhållna värdena omkring 5 cm ganska lågt. Skillnaden kan möjligen förklaras med att limfogarna mellan fanéren i de provkroppar som provats inte var av högsta klass utan hade en skjuvhållfasthet som var väsentligt lägre än den ovan ansatta om 35 kp/cm^2 .

I FIG. 69 visas en sammanställning av resultaten av dragprovningarna. Av provningsresultatet kan ingen skillnad konstateras i draghållfasthet mellan skarvade och oskarvade prover dragna i ytfanérets fiberriktning. Vid dragning vinkelrätt mot ytfané-

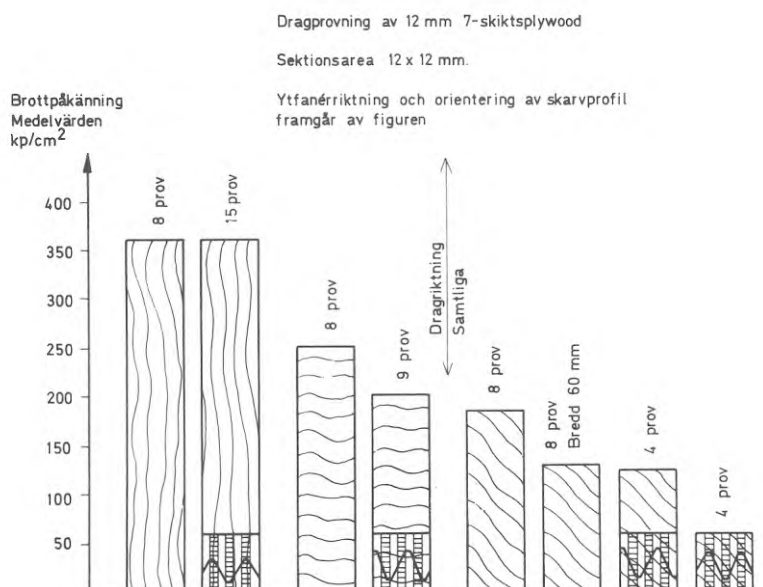


FIG. 69. Sammanställning av resultat av dragprovningarna

Results obtained in the tension tests

rets riktning är givetvis hållfasthetsvärdena lägre men man kan dessutom konstatera en viss hållfasthetsminskning vid skarvning i denna riktning.

I diagrammet i FIG. 70 har inprickats resultaten av de dragprovningar som gjorts på oskarvad plywood. Av figuren framgår draghållfastheten i olika riktningar relativt ytfanérriktningen. Vid dragning i 45^o vinkel mot ytfanéren erhöles helt väntat de lägsta hållfasthetsvärdena.

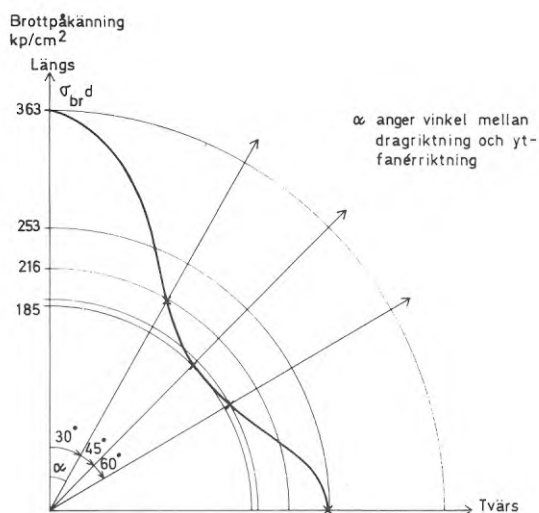


FIG. 70.
Draghållfastheten i olika riktningar relativt ytfanérriktningen hos oskarvad 12 mm 7-skikt furuplywood

The tensile strength at varying angles with the face veneers in 12 mm non-jointed 7-ply softwood plywood

3.6.6 Diagonalplywood

Vid framställning av balkar med plywoodliv föreligger behov av plywood med fanérriktningen gående i 45° vinkel mot skivornas huvudriktningar, s. k. diagonalplywood. Livets uppgift är främst att överföra krafter mellan flänsarna. I balkpartier med största tvärkraften kommer huvudspänningsriktningarna att närma sig 45° mot balkaxeln och det är därför fördelaktigt att även plywoodens huvudriktningar ligger 45° mot balkaxeln. Skjuvmodulen vid sådan orientering av livplywooden är minst 3 gånger så hög som för parallellt orienterad livplywood (Norén, 1964), vilket gör att balkens böjstyvhet ökas. Även panelskjuvhållfastheten är ca 3 gånger så hög för diagonalplywood som för ordinär sådan.

Vid dragning av diagonalplywood kan noteras att skarvar med fingerprofilen placerad symmetriskt i tvärsnittet endast har ungefär hälften så stor hållfasthet som skarvar tillverkade med samma verktyg men med fingerprofilerna placerade asymmetriskt. Detta torde bero på att profilspetsarna och därmed försvagningen vid symmetrisk placering faller i fanéren 2, 4 och 6 som utgör 40 % av tvärsnittet. Vid dragning i 45° -riktningen kommer påkänningarna i tvärsnittet att fördela sig på samtliga fanér. Högsta hållfasthet vid detta belastningsfall kan förväntas om tvärsnittets hållfasthetsegenskaper är symmetriska. Vid den symmetriska profilorienteringen kommer skivans egen asymmetri att ytterligare förstärkas med nedsatt hållfasthet som följd. Vid asymmetrisk profilorientering däremot kommer den försvagning som orsakas av profilspetsarna att drabba de fanér som upptar 60 % av tvärsnittet. Härigenom minskar asymmetrin och hållfastheten förbättras. Effekten framgår av de två staplarna längst till höger i FIG. 69.

Proven visar att det med lämplig skarvutformning är möjligt att skarva även diagonalplywood utan nämnvärd hållfasthetsnedsättning. Trots att diagonalplywood skulle möjliggöra lättare och styvare plywoodkonstruktioner har denna typ av plywood främst på grund av materialspillet vid hittillsvarande tillverkningsmetoder blivit alltför dyr för att bli allmän. Genom att använda fingerskarvningsteknik är det möjligt att mekanisera

skarvningen och nedbringa materialsplet till ett minimum. Det skulle därigenom kunna bli ekonomiskt att använda diagonalplywood. I FIG. 71 visas en principskiss över hur tillverkning av diagonalplywood för balkliv skulle kunna tänkas.

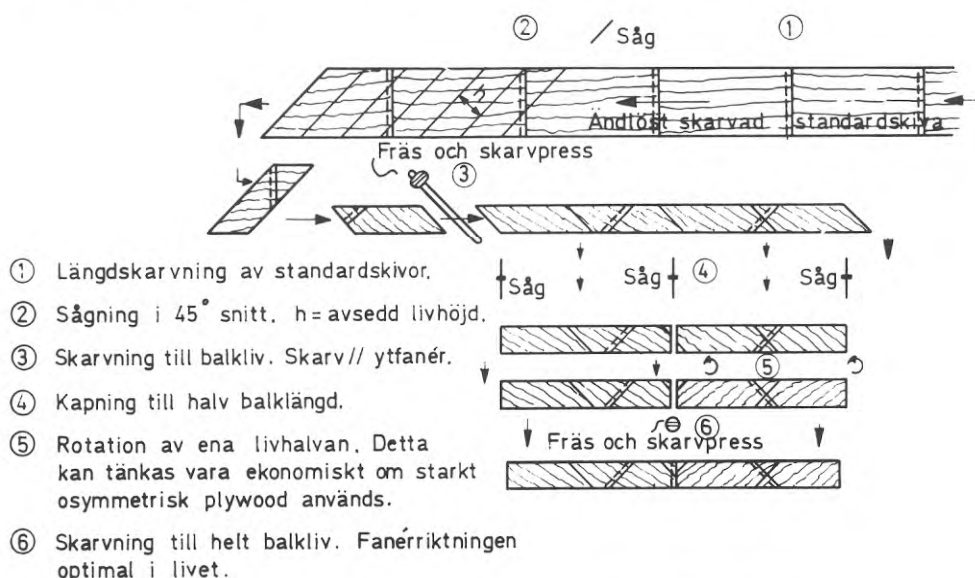


FIG. 71. Principskiss över tänkbar gång vid mass-tillverkning av diagonalplywood

Principal drawing of a possible method to manufacture diagonal plywood

3.6.7 Kommentar

Det har, som i inledningen nämnts, från industrihåll uppgivits finnas stort intresse för utveckling av praktiskt användbara nya metoder för skarvning av plywood. Den metod som beskrivits i kap. 3.6 är enligt vad som kan bedömas av det arbete som genomförts fullt möjlig att applicera på industriell tillverkning. Trots det uppgivna industriintresset har det dock visat sig vara svårt att konkretisera intresset så långt att metoden kommit till industriell användning.

Med ökad produktion och användning av plywood i landet blir troligen behovet av rationella skarvningsmetoder mer accentuerat. Under sådana förhållanden är det möjligt att någon maskintillverkare satsar utvecklingsresurser på plywoodskarvningsutrustning och metoden på så sätt kommer till industriell användning.

LITTERATUR

- /1/ Blömer, A, 1961, Ein Beitrag zur Theorie und Berechnung der geleimten Verbindungen des Ingenieur-Holzbaues unter besonderer Berücksichtigung der geschäftet und keilgezinkt geleimten Holzverbindungen. Die Bau-technik, Heft 10, Okt.
- /2/ Bohannan, B, 1965, Exploratory development of tension test method for structural-size lumber. U.S. For. Serv. Res. Paper FPL 40. Madison Wisc. Sept.
- /3/ Bohannan, B & Selbo, M L, Evaluation of commercially made end joints in lumber by three test methods.
- /4/ Brynildsen, O, 1964, Mulighetene i dag for å endeskjøte bygningsvirke med lim. (Norsk Treteknisk Institutt.) Utredning nr 32.
- /5/ Brynildsen, O, 1965, Strength properties and testing methods of glued finger joints in structural timbers. (Norsk Treteknisk Institutt.) Medd. nr 25.
- /6/ Curry, W T, 1961, Working stresses for structural laminated timber. For. Prod. Res. Special report. No 15. London.
- /7/ Dawe, P S, 1964a, Standard tests for finger joints. Wood. p. 45-47.
- /8/ Dawe, P S, 1964b, The effect of knot size on the tensile strength of European redwood. Wood. p. 49-51.
- /9/ Eby, R E, 1966, Structural finger jointing development and "state of art". Rapport presenterad vid "American Institute of Timber Construction" 14:e möte. Maui, Hawaii. March.
- /10/ Eby, R E, 1968, Structural finger jointing criteria and performance. Journal of the Structural Division, Proc. of the American Society of Civil Engineers. March.
- /11/ Edlund, G, 1968, Längdskurvning av konstruktionsvirke. I. TTCL. Medd. nr 51.
- /12/ Edlund, G, 1969, Längdskurvning av konstruktionsvirke. II. (Svenska Träforskningsinstitutet.) Medd. Serie B, nr 3.
- /13/ Edlund, G, 1971, Längdskurvning av konstruktionsvirke med 7,5 mm långa fingerskarvar. (Svenska Träforskningsinstitutet.) Serie B, nr 57.
- /14/ Egner, K, 1942, Schiftzinkung von Bauholzern. Mitt. Fachausschuss für Holzfragen beim VD 1. Nr 32 p. 87-110.

- /15/ Egner, K, 1944, "Über den Stand der Holzleimung. Bautechnik, Jahrgang 22, Heft 29/32. P. 127/134.
- /16/ Egner, K & Bruning, H, 1952, Herstellung von weichen-schwellen durch keilzinkenverleimung im hochfrequenten kondensatorfeld. Holz als Roh und Werkstoff, No 8, August. p. 319.
- /17/ Egner, K & Dorn, H, 1961, Keilzinkungen in tragenden Holzbauteilen. Holz als Roh und Werkstoff, March 19 (3). p. 100-112.
- /18/ Egner, K & Jagfeld, P, 1964, Investigations on Finger-jointed planks after many years of use. Behaviour and pulsating tensile stress. Transl. For. Prod. Res. Br. Can. No 163.
- /19/ Egner, K & Kolb, H, 1957, Die Keilzinkung eine trag-fähige Langsverbinding für Bauholz. Bautrichter, Heft 10, Oct. p. 161-167.
- /20/ Fickler, H H & Helgesson, G, 1968, Das Keilzinken von Holz - Dritte Mitteilung. Holz als Roh und Werkstoff, Heft 5.
- /21/ Franksson, J, 1965, Fingerskarvning - teknik och mas-kiner. Limspecialisten, nr 1.
- /22/ Gulowsen, K Th, 1966a, "Fingerskjøtere", kom ned på jorden. Norsk skogsindustri nr 3.
- /23/ Gulowsen, K Th, 1966b, Riktig tømmerkapping eller fingerskjøting. Norsk skogsindustri nr 5.
- /24/ Ivansson, B-O & Ström, H G, 1968a, Das Keilzinken von Holz - Zweite Mitteilung. Holz als Roh und Werkstoff, Heft 3.
- /25/ Ivansson, B-O & Ström, H G, 1968b, Ny fingerskarv-ningsmetod. Svensk Snickeritidskrift/Träförädlingen, nr 11.
- /26/ Ivansson, B-O & Ström, H G, 1968c, Ny fingerskarv-ningsmetod, kompletterande undersökning. Svensk Snickeritidskrift/Träförädlingen, nr 17.
- /27/ Ivansson, B-O & Ström, H G, 1968d, Två nya metoder för framställning av limträ. Svensk Snickeritidskrift/Träförädlingen, nr 12-13.
- /28/ Ivansson, B-O & Ström, H G, 1968e, Högfrekvent die-lektrisk limning. Svensk Snickeritidskrift/Träföräd-lingen, nr 23-24.
- /29/ Ivansson, B-O & Ström, H G, 1969, Fingerskarvning i USA:s limträindustri. Svensk Snickeritidskrift/Trä-förädlingen, nr 20.

- /30/ Jessome, A P, 1965, Research in Canada on end joints for laminated timber. Int. symposium on joints in timber structure. London.
- /31/ Johnson, R E & Larson, W C, 1950, The effect of length of shear area on the shear strength of wood. (Bachelor of Science thesis.) Univ. of Wisconsin.
- /32/ Kollman, F, 1955, Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe. Zweite Auflage. (Springer Verlag.) Berlin.
- /33/ Lindham, B, 1955, Längdskarvning av virke. Trä nr 6.
- /34/ Luxford, R F & Krone, R H, 1957, End joints of various types in Douglas-fir and White oak compared for strength. For. Prod. Lab. No 1622. Madison.
- /35/ Madsen, B & Littleford, T W, 1962, Finger joints for structural usage. For. Prod. J. p. 68-73.
- /36/ Marian, J E, 1967, Wood, reconstituted wood and glued laminated structures. Kapitel 14 i Adhesion and Adhesives. (Houwink and Salomon, Elsevier.) Vol. II, p. 252-254. Amsterdam.
- /37/ Marian, J E, 1968, Das Keilzinken von Holz - Erste Mitteilung. Holz als Roh und Werkstoff, Heft 2.
- /38/ Matzok, 1962, Maschinen zur Herstellung von Keilzinkenverbindung. Holz-Zentralblatt. p. 1263-64.
- /39/ Neville, E C, 1966, Avoiding wastage by finger jointing. Timb. tr. J. 256 (4670). p. 63-67. 1 Ref.
- /40/ Norén, B, 1956, Virkets hållfasthet vid böjning på högkant. (Svenska Träforskningsinstitutet TA-medd.) 78 B.
- /41/ Norén, B, 1964, Limmade träkonstruktioner. Väg- och vattenbyggaren, nr 10.
- /42/ Norén, B, 1965a, Framtiden talar för fingerskarvning. Sågverken, nr 7.
- /43/ Norén, B, 1965b, End joints in laminated timber. Int. symposium on joints in timber structure. London.
- /44/ Norén, B, 1965c, Fingerskarvat konstruktionsvirke - symposium om träförband. Medd. från Trätekniska Centrallaboratoriet, nr 30.
- /45/ Norén, B, 1966a, Limmade ändskarvar i virke och träkonstruktioner. Trätekniska Centrallaboratoriet medd. nr 32.
- /46/ Norén, B, 1966b, Den som skarvar han vinner. Artikel i Sågverken nr 1.

- /47/ Norén, B, 1964, Svensk Furuplywood - hållfasthet och tillåtna påkänningar. (Statens råd för byggnadsforskning.) Handlingar nr 45. Lund.
- /48/ Oberg, J C, 1961, The new is the old in finger joints. Wood and Wood Products. May 66(5):35.
- /49/ Page, M W, 1959, Finger Jointing. CSIRO Reprint No 395.
- /50/ Pavlov, U P, 1954, Joining wood longitudinally with toothed tenons. Translation No 2705. Council for Scientific and Industrial Research Organisation, Australia from Derevoperabatyvainschaia I Lesokhimicheskaia Promyshlennost 3(10):5-8.
- /51/ Rajcan, J, 1962, The effect of the plane of loading on the bending strength of endjointed elements. Drevarsky Vyskum Zvazok 1. Czechoslovakia.
- /52/ Raknes, E, 1961, Fingerskjøting av furubord. (Norsk Treteknisk Institutt.) Medd. nr 16.
- /53/ Richards, D B, 1958, En gluing lumber. For. Prod. J. p. 99-104.
- /54/ Richards, D B, 1963, Improved tips for finger joints. For. Prod. J. p. 250-251.
- /55/ Richards, D B & Goodrich, F E, 1959, Tensile strength of scarf joints in Southern pine. For. Prod. J. p. 177-179.
- /56/ Selbo, M L, 1962, Test for quality of glue bonds in endjointed lumber. For. Prod. Lab. report No 2258. November.
- /57/ Selbo, M L, 1963, Effect on joint geometry on tensile strength of finger joints. For. Prod. J. p. 390-400.
- /58/ Sehtov, H, Iliev, T & Filipov, G, 1964-1965, The effect of face grain angle of timber on glued joints. Extr. from rep. Timb. Res. Development Association. London.
- /59/ Stanger, A G, 1965a, The strength of finger jointed air-dry radiata pine. T.D.A. Bull. Wellington 2(1). p. 3-6. Refs. P.R.
- /60/ Stanger, A G, 1965b, Some research in New Zealand on the properties of glued joints in timber. Int. symposium on joints in timber structures. London.
- /61/ Strickler, M D, 1967, Impression finger jointing of lumber. Forskningsrapport nr 62/15. 104 Wash. St. Univ. 1962. For. Prod. J.
- /62/ Ström, H G, 1969, Limträ på USA:s västkust. Svensk Snickeritidskrift/Träförädlingen, nr 6.

- /63/ Sunley, J G & Brock, D L C, 1965, Joints in timber. Methods of test and the determination of work loads. Int. symp. on joints in timber structures. London.
- /64/ Sunley, J G & Dawe, P S, 1963, Strength of finger joints. Wood. p. 387-389.
- /65/ Vascev, N V, 1966, The influence of air humidity and wood moisture content on the strength of glued joints. p. 87. (26 refs. Russ. Russ. N L L.) Moscow.
- /66/ Vejnberg, I P, 1966, Increasing impact bending strength of finger-jointed pieces. Derev. prom.
- /67/ Svensk Byggnorm 67. (Statens Planverk.) Publ. 1, kap. 27.
- /68/ DIN 68140, Holzverbindungen: Keilzinkenverbindungen als Längsverbinding, 1962.
- /69/ Patent. Sätt att skarva cellulosamaterial. Utläggningsskrift.
- /70/ Patent. Sätt att skarva plywood och likn. Utläggningsskrift.
- /71/ Svensk Standard. SIS 054401: Kilsinkskarvar.

R49:1973

Denna rapport avser anslag C 833 från Statens råd för byggnadsforskning till professor Hilding Brosenius, KTH.

Försäljningsintäkterna tillfaller fonden för byggnadsforskning.

Distribution: Svensk Byggtjänst, Box 1403, 111 84 Stockholm

Grupp: konstruktion

Pris: 22 kronor