

RAPPORT

Hartwig Blümer, Björn Randevik

Lättviktsspånskiva - Sandwichskiva med hålrum i mittskiktsskivan

*Low Density Particleboards - Laminated
Sandwichboards with Cavity Core*

Trätetek

Hartwig Blüner, Björn Randevik

LÄTTVIKTSSPÅNSKIVA - SANDWICHSKIVA MED HÅLRUM I
MITTSKIKTSSKIVA

*Low Density Particleboards - Laminated Sandwichboards with
Cavity Core*

TräteknikCentrum Rapport I 8803022

Nyckelord

*cavity core
laminated particleboard
laminated sandwichboard
low density
particleboard
properties*

Stockholm april 1988

Rapporter från TräteknikCentrum är kompletta sammanställningar av forskningsresultat eller översikter, utvecklingar och studier. Publicerade rapporter betecknas med I eller P och numreras tillsammans med alla utgåvor från TräteknikCentrum i löpande följd.

Rapporter kan som regel beställas kostnadsfritt i ett exemplar av medlemsföretag. Ytterligare beställda exemplar faktureras.

Citat tillåtes om källan anges.

Reports issued by the Swedish Institute for Wood Technology Research comprise complete accounts for research results, or summaries, surveys and studies. Published reports bear the designation I or P and are numbered in consecutive order together with all the other publications from the Institute.

Member companies may generally order one copy of any report free of charge. A charge will be made for any further copies ordered.

Extracts from the text may be reproduced provided the source is acknowledged.

TräteknikCentrum betjänar de fem industrigrenarna sågverk, trämanufaktur (snickeri-, trähus-, möbel- och övrig träbearbetande industri), träfiberskivor, spånskivor och plywood. Ett avtal om forskning och utveckling mellan industrin och Styrelsen för Teknisk Utveckling (STU) utgör grunden för verksamheten som utförs med egna, samverkande och externa resurser. TräteknikCentrum har forskningsenheter, förutom i Stockholm, även i Jönköping och Skellefteå.

The Swedish Institute for Wood Technology Research serves the five branches of the industry: sawmills, manufacturing (joinery, wooden houses, furniture and other woodworking plants), fibre board, particle board and plywood. A research and development agreement between the industry and the Swedish National Board for Technical Development (STU) forms the basis for the Institute's activities. The Institute utilises its own resources as well as those of its collaborators and other outside bodies. Apart from Stockholm, research units are also located in Jönköping and Skellefteå.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	<u>Sid</u>
FÖRORD	3
SAMMANFATTNING	3
BAKGRUND	4
FÖRSÖKSUPPLÄGGNING	5
Tillverkning av ytskiktsskivor	5
Tillverkning av mittskiktsskivor	6
Tillverkning av sandwichskivor	8
EGENSKAPSPROVNING	8
RESULTAT	8
Tvärdraghållfasthet	8
Böjhållfasthet och böjelasticitetsmodul	10
KOMMENTARER	10
LITTERATUR	12
SUMMARY	12
BILAGA 1	13
BILAGA 2	14
BILAGA 3	15

FÖRORD

Inom ramen för verksamheten inom Styrgrupp 12 - Spånskivor - och inom projektet "Mindre vedförbrukning" påbörjades på initiativ av Träteknik en undersökning med syfte att utröna möjligheterna att sänka skivdensiteten. Detta skulle ske med en alternativ skivkonstruktion bestående av separat tillverkade homogena ytskiktsskivor sammanfogade med en mittskiktsskiva som profilpressats. Lägre densitet totalt, d v s mindre vedförbrukning, skulle åstadkommas utan att skivegenskaperna skulle påverkas negativt.

SAMMANFATTNING

Laboratorietillverkade sandwichskivor bestående av tunna ytskiktsskivor, tillverkade av björklångspån enligt multiplyprincipen, och av profilpressade mittskiktsskivor, med finspån som råmaterial, har undersökts. Som variabler för mittskiktsskivorna valdes skivtjocklek och densitet, d v s kompression.

Undersökningen visade att lättviktsskivor av beskriven sandwichtyp har en tillfredsställande egenskapsprofil, d v s motsvarar eller överskrider stipulerade kravvärden enligt svensk spånskivestandard SIS 234801, inom ett densitetsområde av 500-550 kg/m³. Detta gäller för tvärdrag- och böj-hållfasthet samt för böjelasticitetmodulen. Övriga egenskaper ingick inte i undersökningen.

En densitetssänkning under 500 kg/m³ inom skivtjockleksområde 12-15 mm kan åstadkommas genom större hålrumsvolym i kombination med ett optimerat pressformsutförande. För tjockare skivor, t ex möbelskivor 19 mm, kan förutsättas att densitetsfördelningen mellan ytskikts- och mittskiktsskivor blir mera fördelaktig på grund av skivtjockleksfördelningen inbördes, vilket innebär en totalt lägre sandwichdensitet jämfört med tunna skivor.

Generellt betyder lägre densitet mindre vedförbrukning. Dessutom minskar kostnaden för lim och energi. Å andra sidan ökar kostnaderna för sammanfogning.

Resultaten från undersökningen kan tillämpas av spånskivetillverkare som står inför ersättningsinvesteringar.

BAKGRUND

Den konventionella spånskivan, enligt bl a Fahnis patent, består av ett mittskikt av grövre spån och ett ytskikt av finare eller tunnare spån på vardera sidan av mittskiktet. Ytskikten tillverkas av tunnare spån eller finspån. En på sådant sätt uppbyggd spånmatte pressas i ett steg till en spånskiva. Det finare ytskiktsmaterial komprimeras då relativt sett mera än det av grövre spån sammansatta mittskiktet. Resultatet blir en skiva med högre böjstyvhet, och därmed högre böjhållfasthet, i förhållande till vikten än en skiva med alltigenom likformig skiktssammansättning.

I syfte att öka styrke- och densitetsförhållandet har man varierat spån-sortimentssammansättning, spånfuktkvot och pressparametrar. Ett exempel på manipulation av spånsortiment är ändträskurna mittskiktsspån.

Möjligheterna att ytterligare sänka densiteten med godtagbara produkttegenskaper är dock begränsade med det beskrivna konventionella skivkonceptet.

Ett sätt att åstadkomma en spånskiva med lägre densitet, och samtidigt bibehållen god egenskapsprofil, är att tillverka ett hålrumsfyllt mittskikt, som sedan förses med homogena ytskikt (styrkeskikt). En sådan sammansatt skiva kan betecknas som en sandwichkonstruktion.

Principen att framställa en sandwichskiva bestående av ett hålrumsfyllt mittskikt och på vardera sidan om det pålimmade homogena ytskikt för att åstadkomma lättare spånskivor har beskrivits av May /1/. I det arbetet används plywoodskivor av olika beskaffenhet som ytskiktsmaterial. På grund av plywoodskivors skiktuppbyggnad, och därmed fiberriktning (korslagda fanér), krävs en viss minsta tjocklek för att uppnå någorlunda styrkeegenskaper. Plywoodytskikten blir därmed för tjocka i förhållande till mittskiktet vid normala skivtjocklekar. Det innebär en oekonomisk lösning.

För att eliminera de beskrivna problemen med plywood som ytskikt undersöktes ett ytskiktsalternativ bestående av tunna specialspånskivor. Dessa enskiktsskivor kännetecknas av ett speciellt framställningsförfarande. Som råvara används tunna, flata och långa knivskurna spån av företrädesvis lövträ. För att uppnå goda egenskaper avseende bl a drag- och slagstyrka samt god dimensionsstabilitet sker ytskiktuppbyggnaden enligt multiply-principen. Det innebär minst fyra spånskikt per millimeter skivtjocklek. Dessutom tillämpas filmbelämningsprincipen för varje enskild spånpartikel, vilket åstadkommes genom klibbningsfria bindemedel och en lämplig appliceringsutrustning. Spånen pressas samman under högt tryck och värmetillförsel.

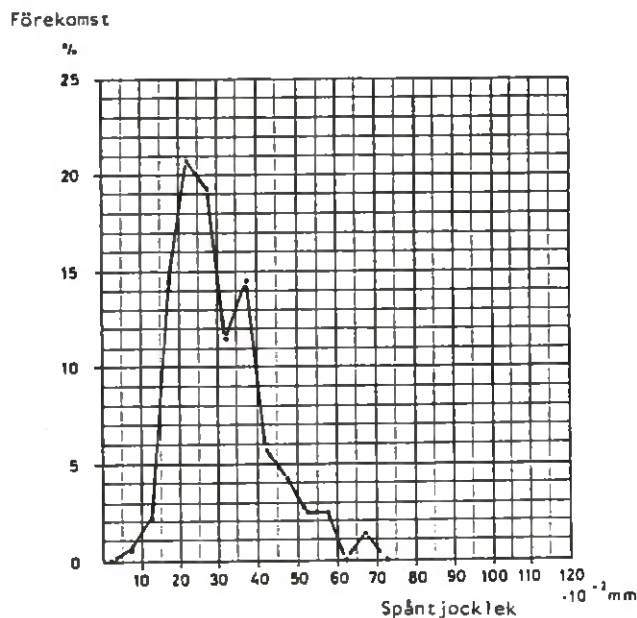
Framställningen av mittskiktsskivan med hålrum sker genom pressning med profilerade pressplattor placerade på båda sidor av spånkakan. Vid lämplig profilutformning åstadkoms därvid en tvångsriktning av mittskiktsspånen så att deras fiberriktning sammanfaller med huvudspänningsriktningarna i skiktet vid de belastningsfall mittskiktsskivan skall konstrueras för. Man utnyttjar då styrke- och svällningsanisotropin i träspånen, ty spånen är starkast och mest dimensionsstabila i fiberriktningen.

FÖRSÖKSUPPLÄGGNING

Undersökningen utfördes i laboratorieskala med olika skiktdensiteter och mittskiktstjocklekar som parametrar. Någon jämförelse med konventionellt tillverkade laboratorieskivor bedömdes inte som nödvändig med hänsyn till tillgängligt referensmaterial från andra laboratoriestudier samt från industriellt tillverkade produkter. För att vi skulle kunna framställa en sandwichskiva tillverkades de olika skikten separat.

Tillverkning av ytskiktsskivor

För tillverkningen av ytskiktsskivor användes knivskurna björkrundvedsspån av hög kvalitet. Således framställdes spånen i en "disk-flaker" som bl a används för tillverkning av specialspån av wafer- och strandtyp. Härvid kan både spån längd och spåntjocklek definieras. I denna undersökning uppgick den nominella spån längden till 60 mm. Spåntjockleken var inställd på ett nominellt mått av 0,35 mm. En analys av spåntjockleksfördelningen framgår av figur 1.



Figur 1. Spåntjockleksfördelning enligt Gauss.

För att kunna karakterisera ytskiktsspånen utfördes en sållningsanalys. Syftet var att dels kontrollera spånbredden, dels fastställa andelen finspån. Sållningen genomfördes i ett plansåll av laborietyp bestyckad med två sållinsatser (trådsåll). Resultatet av sållningen och utvärderingen framgår av tabell 1.

Av sållningsanalysen framgår att ca en tredjedel av spån sortimentet, d v s fraktion I, utgörs av spån med en yta större än 10 x 30 mm, d v s breda och långa spån. Dessa spån bidrar främst till att uppnå tidigare beskrivna multiplieffekter i ytskiktsskivor.

Tabell 1. Fraktionssammansättning för ytskiktsspån.

Fraktion	Sålldimension (mm)	Viktandel (%)
I	> 10 x 30	31
II	10 x 30 - 2,5 x 2,5	66
III	<2,5 x 2,5	3

Spån i fraktion II kännetecknas av något smalare och kortare spån, som får en fyllnadsfunktion i skivan. Finspånandelen, d v s spån i fraktion III, var liten och ökade inte heller då ett skonsamt och icke spånförstörande belimningssätt praktiserades.

Spånbelimningen utfördes således i en laboratorieblandare av cementblandartyp. För att åstadkomma ytskiktsskivor med goda styrkeegenskaper användes ett polyuretanbindemedel med typbeteckningen PU 1520 A/31 tillverkat av Bayer. Denna typ av bindemedel har tidigare testats av Träteknik och visat sig vara särskilt lämpat i kombination med björkspån. Dessutom är detta lim formaldehydfritt, vilket uppfattas som positivt av skivanvändare. Bindemedelsdoseringen uppgick till 4 % räknat på "atro" spånvikt. Det kan tilläggas här att torrhalten hos limmet är 100 %. För att underlätta kompressionen och för att forcera härdningen tillsattes före limapplicering 6 % vatten till spånen. Limspridningen utfördes med hjälp av en tryckluftsdreven dysa.

Efter belimningen var spånen klibbfria, vilket underlättade arkningen. Trots detta uppstod svårigheter vid manuell arkning i en formlåda (400 x 400 mm). Anledningen var den relativt lilla spån mängd som erfordrades för att tillverka 2 mm tjocka skivor med en densitet av 750 kg/m³. Till följd av detta blev arkningen ojämn med densitetsavvikelser som följde.

Skivorna pressades med pressplåtar och distanslistor vid en temperatur av 190 °C och ett presstryck på 4,2 bar. För att åstadkomma en riskfri släppning från pressplåtarna lades pappersark mellan spån ytorna och plåtarna. Efter pressning och avsvälning slipades och formatsågades skivorna till 310 x 310 mm. Förutom en individuell densitetsbestämning utfördes inte några egenskapsprovningar.

Tillverkning av mittskiktsskivor

Spån materialet till mittskiktsskivorna utgjordes av industriellt framställt "ytskiktsspån", som ställdes till förfogande av Byggelit Lockne AB. Ytskiktsspån valdes för mittskiktsskivor efter erfarenheter från tidigare utförda förförsök. Dessa försök visade att ytskiktsspån kunde komprimeras i en profilerad form på ett mycket fördelaktigt sätt.

Till skillnad från ytskiktsskivor användes för belimningen av mittskiktsskivspån ett konventionellt bindemedel. Således applicerades ett ureaformaldehydharts med beteckningen 1145, som ställdes till förfogande av Casco Nobel, Sundsvall. Limdoseringen uppgick till 12 % räknat som torr-

halt på "atro" spånvikt. En limlösning med 50 % torrhalt iordningställdes utan inblandning av varken härdare eller hydrofoberingsmedel. Appliceringen skedde i tidigare beskriven utrustning.

För att åstadkomma mittskiktsskivor med olika densiteter varierades spån-mängden per skiva. Dessutom tillverkades skivor med två olika tjocklekar, 9 och 11 mm. Tillverkningen skedde i samma form under användning av 2 mm tjocka distanslister för skivtjocklek 11 mm.

Av tabell 2 framgår försöksprogram med skivbeteckningar, spån-mängder, tjocklekar och presstider.

Tabell 2. Skivframställningsdata.

Skivor nr	Invägd spån-mängd (g)	Skiv-tjocklek (mm)	Press-tid (min)
400/1 och 2	400	11	2,5
450/1 och 2	450	11	3,0
500/1 och 2	500	11	3,5
550/1 och 2	550	11	4,0
337/1 och 2	337	9	2,0
379/1 och 2	379	9	2,5
463/1 och 2	463	9	3,0

Arkningen av mittskiktsskivorna utfördes manuellt i en formlåda med måtten 310 x 310 mm. För att underlätta transporten från formlådan till press-formen för- och planpressades arket i en kallpress. Spånkakans höjd minskades härvid med ca 70 %. Pressformens utförande, som utgjordes av en under- och överplatta, framgår av bilaga 1. Med hjälp av ritningsunderlaget har nettovoly-men för mittskiktsskivor beräknats, vilken för 9 mm tjocka skivor var 32 % lägre än för fullvolym-skivor utan hålrum. Motsvarande siffra för 11 mm skivtjocklek uppgick till 26 %.

Pressningen av mittskiktsskivor utfördes vid en temperatur på 190 °C och med ett presstryck på 4,7 bar. Respektive presstider framgår av tabell 2. De relativt långa presstiderna valdes med hänsyn till godstjockleken (25 mm) i lättmetallformen som krävde en uppvärmningstid för att uppnå vald presstemperatur. Pressningen kunde utföras problemfritt. Några tendenser till delaminering kunde inte observeras trots formens profilutförande, vilket borde ha försvårat ångavgången.

Samtliga tillverkade skivor slipegaliserades, formatsågades och vägdes. Skivornas utseende framgår av bilaga 2.

Tillverkning av sandwichskivor

Före sammanfogningen av skivorna till en sandwichkonstruktion vägdes ytskiktsskivorna. Två skivor med ungefär lika densitet märktes för respektive sandwich. Därefter utvaldes för 11 mm tjocka mittskiktsskivor ytskiktsskivor så att tunga ytskiktsskivor kombinerades med lätta mittskiktsskivor. För mittskiktsskivor av 9 mm tjocklek valdes ytskiktsskivor av mera enhetlig densitet. Dessutom försågs en mittskiktsskiva med ett ytskikt bestående av 2 mm tjocka hårda träfiberskivor.

Sammanfogningen utfördes efter limpåföring (PVAc-lim) i en icke uppvärmd press under lågt tryck (0,5 bar). Efter utförd pressningsoperation observerades vissa tjockleksförluster som framkallats av att mittskiktsskivan utsattes för en kompression utan att någon återfjädring efteråt kunde konstateras. Kompressionens storlek konstaterades vara densitetsberoende, så att lättare mittskiktsskivor förlorade mera i tjocklek. I bilaga 3 visas kantsidan av en hoplimmad sandwichskiva.

EGENSKAPSPROVNING

Provning av skivornas mekaniska hållfasthetsegenskaper utfördes under tillämpning av svensk spånskivestandard (SIS 234801). För bestämning av böj- och böjelastmodulen uttogs tre provkroppar per skiva. Med hänsyn till mittskiktsskivornas hålrumskonstruktion valdes en provkroppsbredd av 60 mm i syfte att uppnå en symmetrisk hålrumsfördelning. Tvångsmässigt erhöles provkroppar avsedda för bestämning av tvärdragshållfasthet samma bredddimension och även längd. Sammantaget framställdes 8 provkroppar per skiva. Inga tjocklekssvällningsundersökningar utfördes eftersom det var svårt att välja en relevant provkroppstorlek.

RESULTAT

Resultaten från egenskapsprovningen framgår av sammanställningen i tabell 3. I tabellen redovisas egenskapsvärdena som medelvärde \bar{x} med tillhörande standardavvikelse s för varje sandwichtyp. Dessutom redovisas ytskikt-, mittskikt- och sandwichdensitet samt skivtjocklek.

Tvärdragshållfasthet

Tvärdragshållfastheten hos konventionella spånskivor är beroende av mittskiktets densitet. Vid en konventionell mittskiktstruktur utgör mittskiktets densitet ett kriterium på tvärdragshållfastheten. Dragprovkroppar uppvisar i regel mittskiktetsbrott, vilket bekräftar mittskiktets hållfasthetspåverkande funktion. Av resultaten framgår att tvärdragshållfastheten även här ökar med ökad mittskiktetsdensitet. Med mittskiktsskivdensiteten menas här bruttodensiteten, d v s skivans densitet utan beaktande av hålrum. Vid ökande skivdensitet förflyttas brottstället från mittskiktets centrum mot ytskiktet. Därför återspeglar de högst uppmätta värdena inte tvärdragshållfastheten i mittskiktsskivan utan hållfastheten i ytskiktsskivorna. Av resultaten framgår att tillräckligt god tvärdragshållfasthet uppnås redan vid låg mittskiktetsdensitet, d v s kring ca 400 kg/m³.

Tabell 3. Egenskapsprofil för lättviktsskivor av sandwichtyp.

Skiv- beteckning	Sandwich- densitet (kg/m ³)	Ytskikts- skiv- densitet (kg/m ³)	Mittskikts- skiv- densitet (kg/m ³)	Sandwich- tjocklek (mm)	Tvärdrag- hållfasthet (MPa)		Böjhall- fasthet (MPa)		Böjelastici- tetsmodul (MPa)	
					\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
400/2	573	954	345	14,2	0,50 ³⁾	0,25	17,7	4,1	3053	716
450/2	548	710	393	13,9	0,44 ²⁾	0,13	24,8	1,2	3203	292
500/2	558	694	427	14,2	0,82 ²⁾	0,18	22,3	1,7	3150	117
550/2	572	663	473	14,1	0,93 ¹⁾	0,12	22,1	3,7	3284	81
337/2	514	691	364	12,2	0,49 ³⁾	0,12	24,9	6,2	3437	582
379/2	536	679	398	12,7	0,83 ²⁾	0,13	25,2	2,8	3849	262
463/2	579	697	456	12,9	0,92 ¹⁾	0,16	26,3	6,5	3657	638
209/2	670	1063 ⁴⁾	442	14,5	0,93 ¹⁾	0,12	17,9	0,3	2014	742
207/2	675	916	422	14,9	0,93 ¹⁾	0,12	38,8	9,8	4422	76

Anm. 1) ytskiktetsbrott, 2) brott nära ytskikt, 3) brott i mitten, 4) ytskiktsskiva = träfiberskiva.

Böjhållfasthet och böjelasticitetsmodul

Till skillnad från tvärdraghållfasthetens beroende av mittskiktens densiteten är böjhållfasthet och böjelasticitetsmodul hos konventionella skivor beroende av ytskiktens densiteten. Detta samband gäller även för sandwichskivor med hålrum i mittskiktet under förutsättning att mittskiktens densiteten inte är för låg. Frånsett skiva 400/2 med den lägsta mittskiktens densiteten har i övrigt höga eller mycket höga hållfasthetsvärden uppmätts.

Hårda träfiberskivor som ytskiktsskivor i kombination med en relativt tung mittskiktsskiva, d v s skiva 209/2, visar de klart lägsta värdena avseende dels böjhållfasthet, dels böjelasticitetsmodul. Detta trots en mycket hög ytskiktsskivdensitet.

KOMMENTARER

Genomförd laboratorieundersökning visar att lättviktsspånskivor enligt beskriven design kännetecknas av en tillfredsställande egenskapsprofil avseende tvärdraghållfasthet, böjhållfasthet och böjelasticitetsmodul. Genom en lämplig avvägning mellan ingående skivors densitet bör sandwichskivor med en densitet av 500-550 kg/m³ med egenskaper likvärdiga idag producerade spånskivors kunna tillverkas.

Densitetssänkningar därutöver kräver en mittskiktsskiva med större hålrumsvolym och optimerad profilutformning, så att spånen kan tvångsriktas med syfte att spånens fiberriktning sammanfaller med huvudspänningsriktningarna för de belastningsfall för vilka mittskiktsskivan konstrueras. Ytterligare fördelar med en sandwichkonstruktion bör ligga i andra än de undersökta tjockleksområdena, d v s hos möbelskivor som är 19 mm tjocka. Hos dessa skivor, som används även i större omfattning för inredningssnickerier, utgör mittskiktsskivan en betydligt större volymandel av hela sandwichkonstruktionen, vilket innebär att ytskiktsskivdensiteten påverkar totaldensiteten i mindre omfattning. Det innebär att sandwichdensiteten kan sänkas ytterligare vilket bidrar till en ännu mindre vedförbrukning i tillverkningsledet.

De för undersökningen tillverkade sandwichskivorna kännetecknas av "öppna" kanter, d v s synliga hålrum i kantsidorna, vilka dock kan förses med kantlister på konventionellt sätt. Skivor för användning i standardformat kan även redan vid tillverkningen förses med icke profilpressade smala kantzoner och andra zoner "inne" i skivan av högre densitet, som kan användas antingen för kantprofilering (t ex not- och fjäderprofiler) eller för infästning av beslag som gångjärn, lås m m.

En ytterligare funktionsförbättring av beskrivna sandwichskivor kan åstadkommas genom att konstruera en pressprofil med genomgående, mot kanterna riktade, kanaler. Dessa kanaler bidrar till att skivans inre skall kunna ventileras vågrätt, vilket kan bidra till en snabb avgång av fri formaldehyd redan under lagringstiden hos tillverkaren.

Lönsamheten för beskrivet sandwichkoncept vad avser producent- och konsumentled är beroende av faktorer som lägsta acceptabla densitet, kostnader för sammanfogning av yt- och mittskiktsskivor, påvisbara funktionsförbättringar och storleken på ökat attraktionsvärde.

För spånskiveproducenter är installationen av en Mende-linje ett intressant alternativ, dels generellt för kontinuerlig tillverkning av tunna skivor, dels speciellt för tillverkning av ytskiktsskivor för sandwichkonstruktioner.

Profilpressning av mittskiktsskivor lämpar sig väl för nya kontinuerliga presslinjer. Konventionella en-etage-anläggningar skall också kunna brukas för tillverkning av mittskiktsskivor med hålrum.

LITTERATUR

- /1/ H-A May: Herstellung von Holzspanplatten mit orientierten Spänen und unterschiedlicher Formgebung.
Holz als Roh- und Werkstoff 32 (1974).

SUMMARY

Laboratory-made sandwich boards consisting of thin surface boards, manufactured from long particles of birchwood according to the multiply principle, and profile-mold core layer boards, with saw dust as raw material, have been studied. As variables for the core layer boards, board density - that is compression - and thickness were chosen.

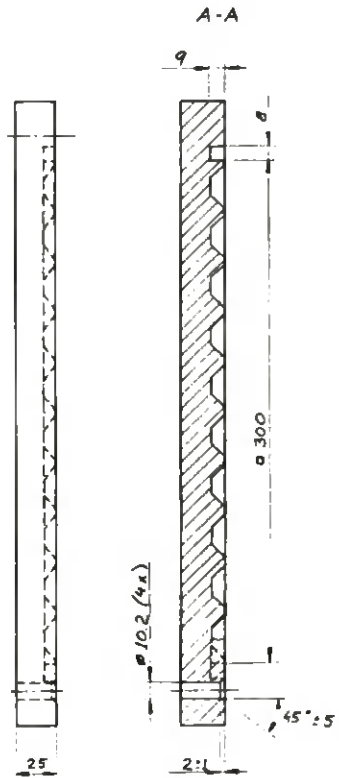
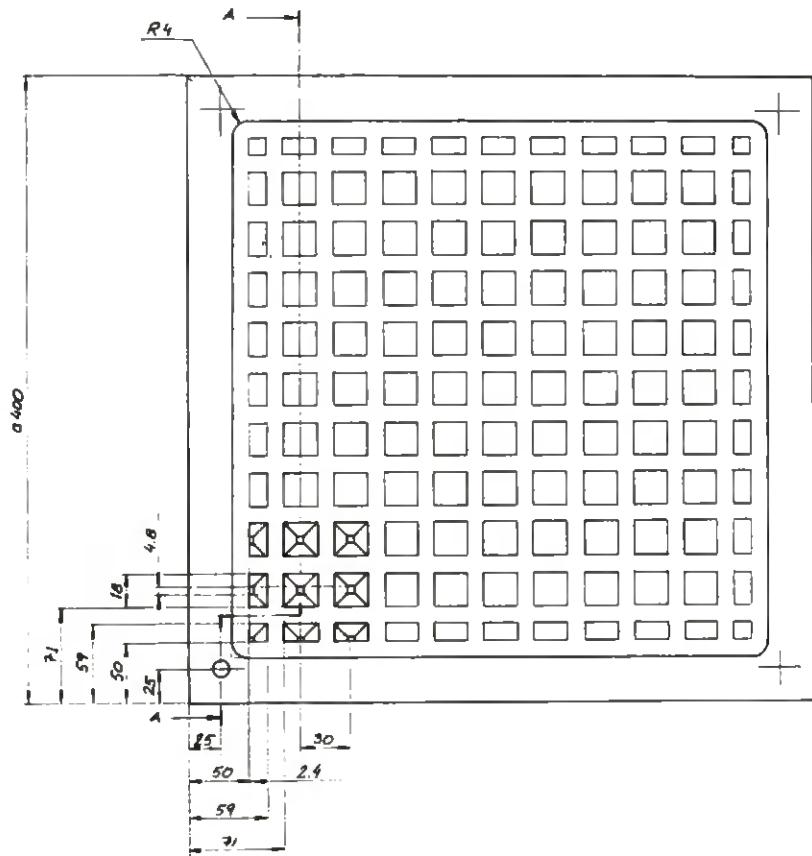
The investigation showed that low density boards of the described sandwich type have satisfying properties, corresponding to or exceeding the stipulated values of Swedish particleboard standard SIS 234801, within a density area of 500-550 kg/m³. This applies to internal bond (IB) and modulus of rupture (MOR) as well as modulus of elasticity (MOE). Other properties are not included in the investigation.

A decrease of the density under 500 kg/m³ within the board thickness area of 12-15 mm can be realized with a greater cavity volume, combined with an optimized design of the press mould. For thicker boards, e.g. furniture boards of 19 mm, a more favourable density distribution between surface and core layer boards can be expected due to the reciprocal distribution of layer thicknesses which means an, on the whole, lower sandwich density compared to thin boards.

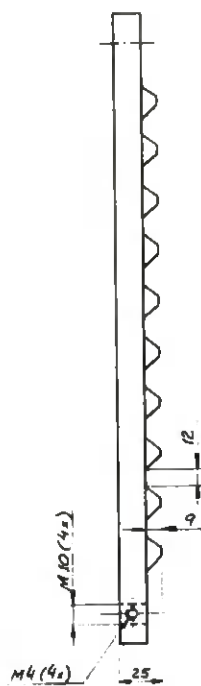
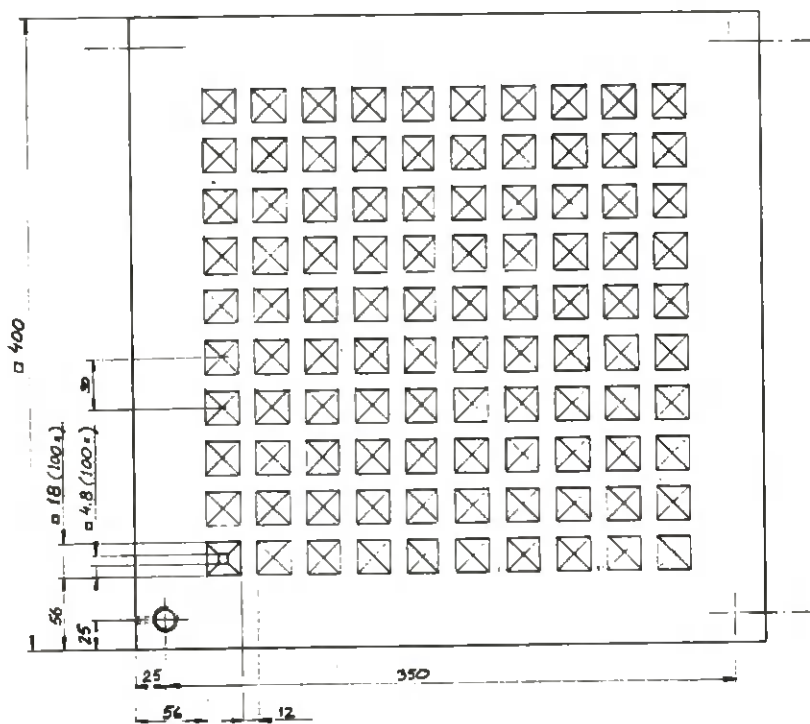
Generally, a lower density means a decreased raw material consumption. Furthermore, the cost for glue and energy decreases. On the other hand, there are the costs for lamination.

The investigation results can be utilized by particleboard manufacturers who are facing replacement investments.

BILAGA 1

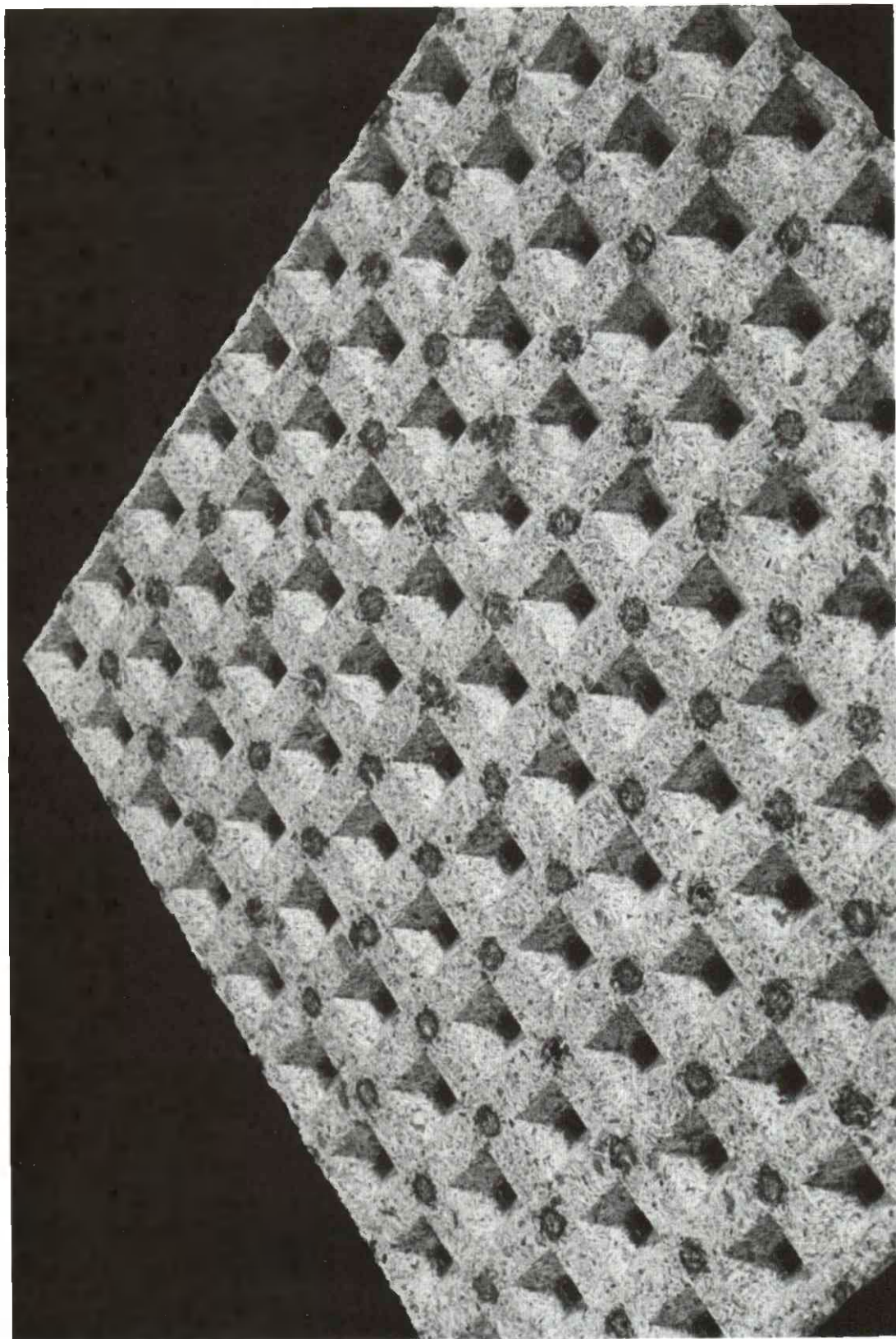


Pressform, överplatta.

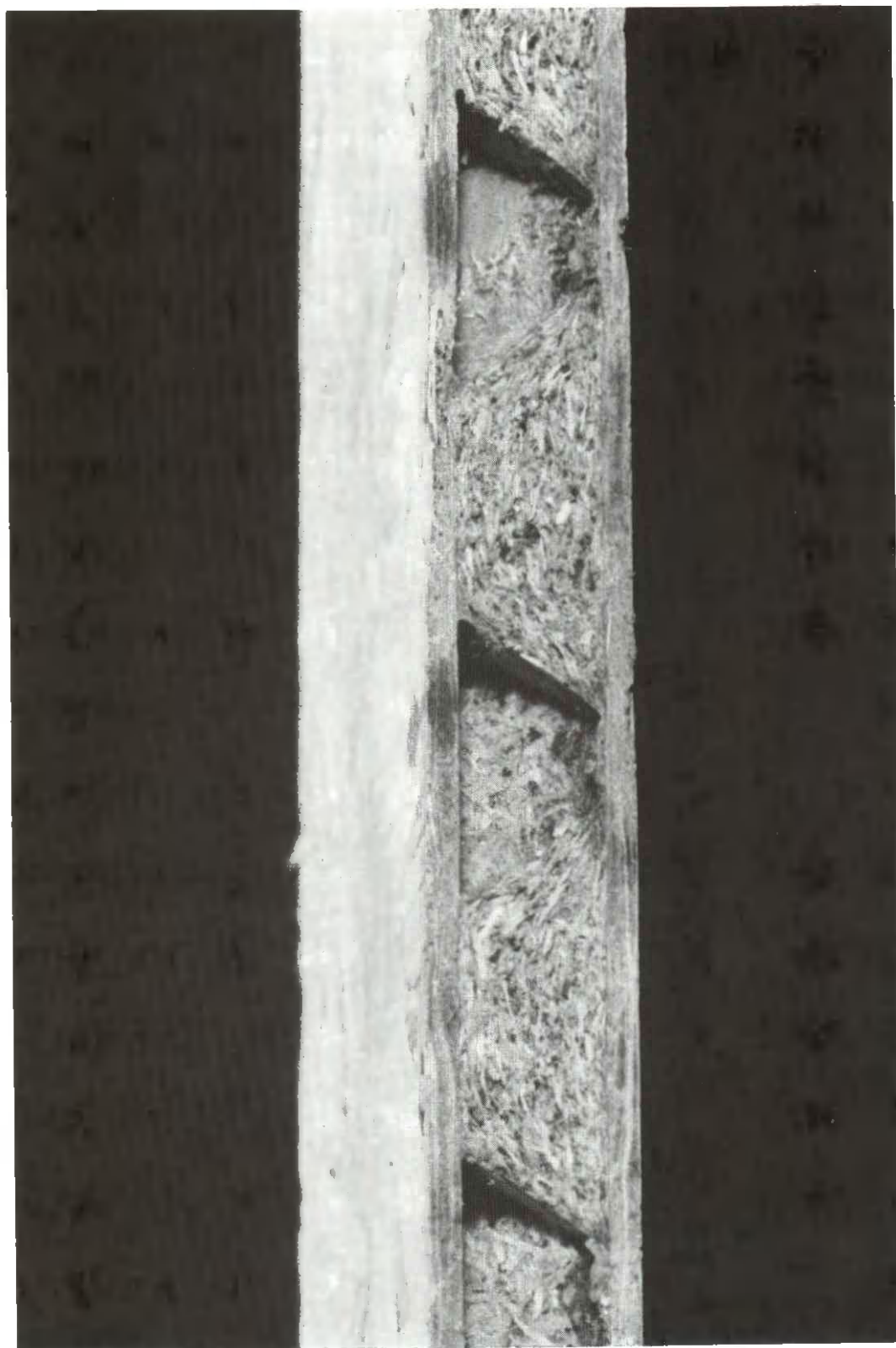


Pressform, underplatta.

BILAGA 2



Mittskiktsskiva med hålrum.



Sandwichskiva (kantsida).

Detta digitala dokument
skapades med anslag från
**Stiftelsen Nils och Dorthi
Troëdssons forskningsfond**

TräteknikCentrum

INSTITUTET FÖR TRÄTEKNISK FORSKNING

Box 5609, 114 86 STOCKHOLM
Besöksadress: Drottning Kristinas väg 67
Telefon: 08-14 53 00
Telex: 14445 tratek s
Telefax: 08-11 61 88
Huvudenhet med kansli

Asenvägen 9, 552 58 JÖNKÖPING
Telefon: 036-12 60 41
Telefax: 036-16 87 98

931 87 SKELLEFTEA
Besöksadress: Bockholmsvägen 18
Telefon: 0910-652 00
Telefax: 0910-652 65
Telex: 65031 expolar s

ISSN 0283-4634