

RAPPORT

Björn Randevik

Faktorer som styr spånskivors egenskaper

Litteraturstudie

Trätec

Björn Randevik

FAKTORER SOM STYR SPÅNSKIVORS EGENSKAPER - LITTERATURSTUDIE

TräteknikCentrum, Rapport P 8804028

Nyckelord

density
particleboards
properties
raw materials

Stockholm april 1988

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	<u>Sid</u>
FÖRORD	3
SAMMANFATTNING	3
FAKTORER SOM STYR SPÅNSKIVORS EGENSKAPER	4
Densitet	4
Spångeometri	7
Träslag	9
Pressteknik	12
LITTERATUR	15

FÖRORD

Inom ramen för verksamheten inom styrgrupp 12 - Spånskivor och inom projektet "Mindre vedförbrukning" utfördes en litteraturundersökning med syfte att finna möjligheter att med känd teknologi och teknik kunna minska vedförbrukningen inom spånskiveindustrin. Denna rapport beskriver viktiga parametrar som kan påverka spånskivornas egenskapsprofil och därmed indirekt tillverkningskostnaderna.

SAMMANFATTNING

Som ett delmoment i projektet "Mindre vedförbrukning" har litteraturstudier gjorts beträffande sambanden mellan de viktigaste parametrarna i framställningsprocessen och de resulterande skivegenskaperna såsom skivdensitet, spångeometri, träslag och pressteknik.

Det kan konstateras att litteraturen är mycket omfattande och att ett mycket stort arbete skulle fordras för en kritisk utvärdering av hela detta forskningsområde. Trots detta anser vissa forskare att kunskapen är otillräcklig.

De artiklar som studerats innehåller inga resultat som dramatiskt avviker från de erfarenheter som återges av MALONEY /1/. När de här presenteras, är det som representativa exempel för varje delområde. De hör förhoppningsvis också till de mest citerade.

FAKTORER SOM STYR SPÅNSKIVORS EGENSKAPER

Många produktionsparametrar avgör, i ett komplicerat samspel, egenskaperna hos en spånskiva. De viktigaste faktorerna är träslag, spåntyp, spånorientering, densitetsprofil, mängd och typ av lim, mängd additiver och fukt.

Högre totaldensitet hos skivan förbättrar samtliga styrkeegenskaper. Men samtidigt ökar också tjocklekssvällningen.

Skivans densitetsprofil vinkelrätt dess plan inverkar på följande sätt: Om massan koncentreras till ytskikten, ökar masströghetsmomentet och därmed böjstyvheten. Som en konsekvens av att mittskiktet blivit luckrare minskar däremot den inre bindingsstyrkan, manifesterat som lägre tvärdraghållfasthet.

Densitetsfördelningen kan styras bl a genom spångeometri och spånstorlek: fina ytspån är mera kompressibla och ger högre ytskiktetsdensitet. Samtidigt blir ytan finare. Högkvalitativa, tunt skurna spån medverkar också till högre slutlig böjstyvhet, men genom sin höga inneboende styrka. Kubiska, grova spån i mittskiktet bidrar till bättre bindning och därmed högre tvärdraghållfasthet.

Utöver detta påverkas densitetsfördelningen av fuktkvoten i de olika skikten genom flera komplicerande mekanismer. Grovt sett ökar ytskiktets densitet om spånen initialt haft en högre fuktkvot. Fukten har, då vattnet förångats i kontakt med pressverktyget, plasticerat ytspånen varigenom dessa komprimerats mera.

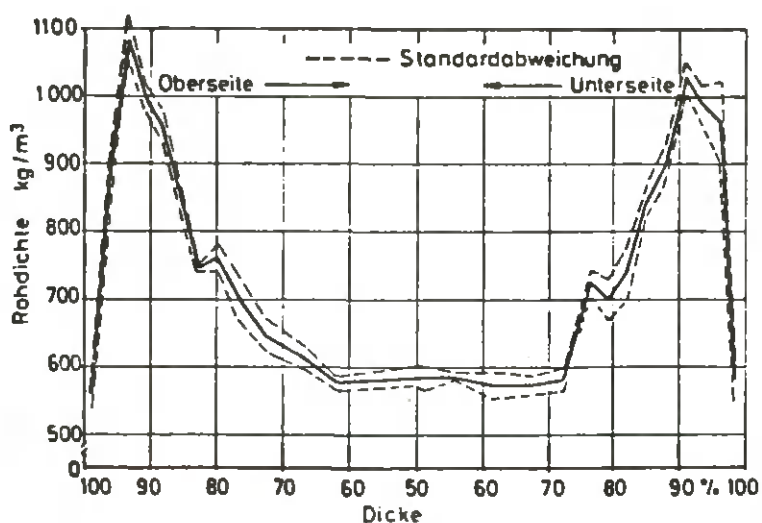
Förfarandet vid pressning har givetvis stor inverkan på resultatet.

Möjligheten att genom spånorientering ge skivor riktade styrkeegenskaper utnyttjas i flera tekniker.

Densitet

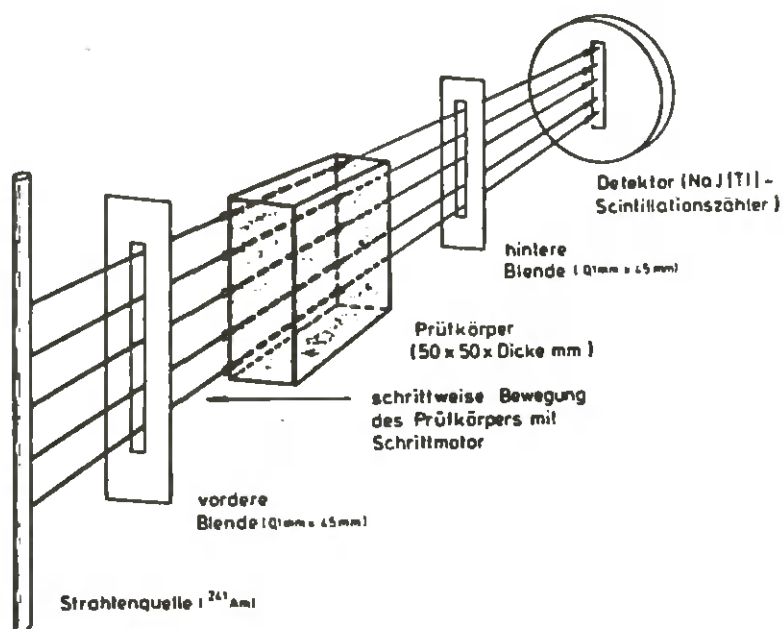
För att utvärdera densitetsprofilens (DP) inverkan på olika egenskaper hos den färdiga skivan, har olika teorier utvecklats, vilket skall beskrivas. Det måste dock framhållas att kunskaperna på detta område ännu är otillräckliga för att kunna tillämpas i processtyrningssammanhang. Se vidare /2/.

Mätning av faktisk DP utfördes tidigare genom bortslipning av skikt av bestämd tjocklek och vägning av återstoden. Man erhöll då en trappstegsformad, grov approximation av den verkliga profilen, se figur 1.

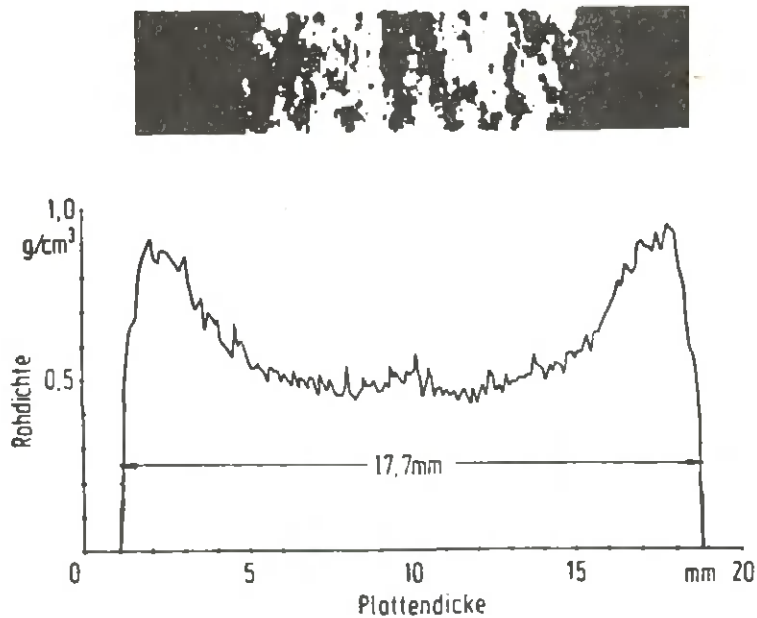


Figur 1. Densitetsprofil hos en spånskiva, uppmätt efter skiktvis bortfräsning.

Sedan några år förfogar man dock över en noggrannare mätmetod utvecklad vid WKI. Gammastrålar får passera genom en spalt och därefter genom en utsågad provkropp av skivan. Dämpningen av strålarna har ett bestämt förhållande till densiteten i det aktuella, infinitesimala skiktet. Se figur 2 och 3. DP mäts med godtycklig noggrannhet.



Figur 2. Mätning av densitetsprofil med hjälp av gammastrålar.



Figur 3. Röntgenbild och densitetsprofil.

Problemet med egenskapers beroende av DP har teoretiskt behandlats av i huvudsak två forskare. KEYLWERTH /3/ betraktar en skiva som uppbyggd av tre avgränsade skikt, vart för sig homogent avseende densitet och egenskaper. Exempelvis sammansätts E-modulen för hela skivan:

$$EJ = \sum_{i=1}^3 E_i J_i$$

där E_i = E-modulen och J_i = masströghetsmomentet för varje skikt. Under antagande av symmetriskt tvärsnitt erhålls exempelvis:

$$E = E_1 \left(1 - \left(1 - \frac{E_2}{E_1} \right) (1 - \lambda)^3 \right)$$

där λ = ytskiktets andel av skivans hela tjocklek.

Om istället egenskapernas variation över tvärsnittet betraktas som kontinuerligt varierande, behövs en annan formalism, enligt PLATH /4/.

För att efterlikna en ideal DP ansätts olika kontinuerliga matematiska funktioner för DP, exempelvis exponentiella eller trigonometriska funktioner, serieutvecklingar o s v. Sedan konstateras, att eftersom skilda mekaniska egenskaper är så väl korrelerade till densiteten, kan för den aktuella egenskapens variation över tvärsnittet ansättas en funktion som är proportionell mot densitetens variation. Slutligen integreras den aktuella egenskapen över tvärsnittet, exempelvis enligt:

$$E \cdot d = \int_{-d/2}^{+d/2} E(y) dy,$$

där $E(y) = f(\rho)$

och $\rho = f(y)$; exv. $\rho = \rho_0 + a y^m$

$$\rho = A_0 + A_1 (1 - \cos y)$$

Samma författare har också härlett en teoretiskt optimal DP. Därvid skrivs allmänt:

$$E^* = \frac{F_1}{1} f(\rho)$$

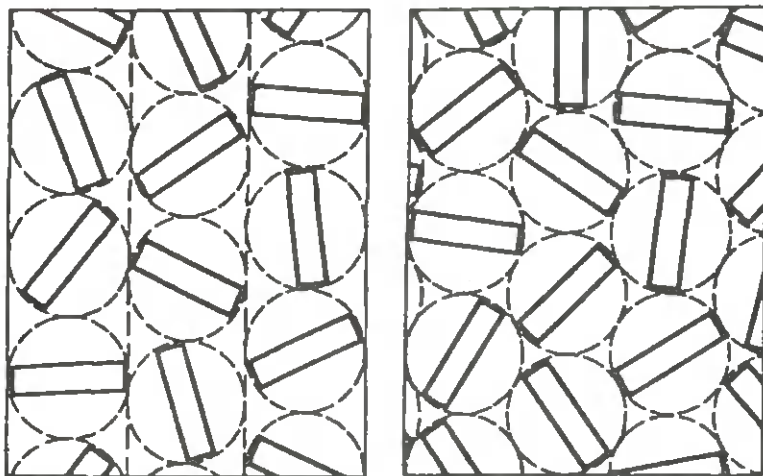
där $\rho =$ maximal densitet och $F_1 =$ proportionellt beroende egenskapsvärde i samma skikt $f(\rho)$ kallas "formfaktor". Den funktion för densitetsvariationen som ger maximal formfaktor är den optimala. Allmänt kan då sägas att densitetsmaximum bör ligga i ytan och att tvärsnittet ska vara symmetriskt. Dessutom bör skillnaden mellan densitetsmaximum och -minimum vara så stor som möjligt.

I ett antal undersökningar utvärderas densitetsprofilens inverkan på olika egenskaper experimentellt, för verifikation av ovannämnda teorier. KEYLWERTH /3/ har mätt drag- och tryckhållfasthetens liksom böjhållfasthetens beroende av DP. MAY /5/ har prövat tvärdrag- och skjuvhållfasthet som funktion av densitet, limandel och spåntyp i mittskiktet samt draghållfasthet i ytskiktet som funktion av limandel och spåntyp i ytskiktet. I en andra artikel provas E-modul och hållfasthet för böjning som funktion av medeldensitet, spånstorlek och limhalt i ytskiktet samt spåntjocklek i mittskiktet. Se vidare /6/.

Spångeometri

Spåndimensionernas inverkan på egenskaper hos enskiktsskivor har kartlagts i en mängd olika arbeten. Allmänt gäller att slanka spån ger god böj- men dålig tvärdraghållfasthet, medan det omvända gäller för korta och tjocka, ungefär kubiska spån. Finmaterial kan bidra till en fin och tät yta med resulterande god motståndskraft mot fuktupptagning.

Bland åtskilliga andra, har KUSIAN /7/ utarbetat en modell med rektangulära spån, i ett murförband vinkelrätt skivans plan, som orienteras godtyckligt i cirkulära områden i skivans plan (figur 4). Längden och bredden hos varje spån blir här av betydelse. Sedan härleds teoretiskt samband mellan breddförhållandet å ena sidan och densitet, ytfinhet och tvärdraghållfasthet å den andra.



Figur 4. Spånorientering i ett skikt, enligt KUSIAN.

RACKWITZ /8/ har använt en likartad, men matematiskt mindre sofistikerad modell. Giltigheten har sedan prövats experimentellt. Olika egenskapers beroende av spånens "slankhet" (s) = längd/tjocklek har undersökts i experiment. Man har då funnit att drag- och tryckhållfastheten parallellt skivans plan passerar ett maximum för stigande s , medan tvärdraghållfastheten monotont minskar, i samstämmighet med den vedertagna uppfattningen. Optimal slankhet beror på träslag, spåntjocklek och spånlängd. Maximal hållfasthet för böjning samt drag och tryck parallellt skivans plan erhöles för spån med dimensionerna $d = 0,2$; $l = 20-25$ och $b = 3,5$ mm.

LIIRI m fl /9/ har varierat spåntjocklek och spånlängd, limmängd, och skivdensitet i skivor tillverkade av vanliga nordiska träslag (gran, tall, asp, björk) och avläst inverkan på några egenskaper. Spåndimensionens inverkan på böj- och tvärdraghållfasthet följde det vanliga mönstret och svällningsvärdena ökade med stigande spåntjocklek.

I de ovannämnda undersökningarna har man använt sig av ett specialtillverkat spånmaterial med ideala dimensioner utan nämnvärd statistisk spridning. NEUSSER m fl /10/ har istället fraktionerat vanligt spånmaterial genom sällning och för varje fraktion beräknat genomsnittliga spåndimensioner. Denna partikelanalys tillsammans med styrkeprovning har lett till slutsatsen att det inte existerar någon i alla avseenden ideal spåntyp. Förbättring av en egenskap uppvägs i regel genom försämring av någon annan.

Träslag

Träslaget är avgörande för processens resultat. Det begränsar skivans densitet nedåt men avgör också vilken spåntyp som blir dominerande.

Allmänt ger lätta träslag bättre egenskaper än tunga vid samma skivdensitet. Vid högre skivdensiteter blir skillnaden emellertid allt mindre för att slutligen försvinna. Detta hävdas av LIIRI m fl /9/. I denna undersökning varieras spånlängd (l), spåntjocklek (d), limmängd och bruttodensitet hos skivor framställda av asp, björk, gran och tall. Vid mätning av några skivegenskaper blev resultaten följande: böjhållfastheten ökade med större spånlängd men också med större spåntjocklek. Tvärdraghållfastheten ökade med minskad spånlängd och ökad tjocklek. Detta är förenligt med det allmänt vedertagna. Svällningen ökade med spåntjockleken.

Åtskilliga studier har gjorts över skilda träslags lämplighet. KEHR och SCHILLING /11/ har framställt skivor av björk för jämförelse med tall som råmaterial. Böj- och tvärdraghållfastheten liksom tjocklekssvällningen, med hänsyn tagen till skivdensiteten, har mätts hos skivor tillverkade av björkspån med tallspånskivor som jämförelse. Björkskivorna gav genomgående lägre tvärdrag- och böjhållfasthet och avsevärt högre tjocklekssvällningsvärden.

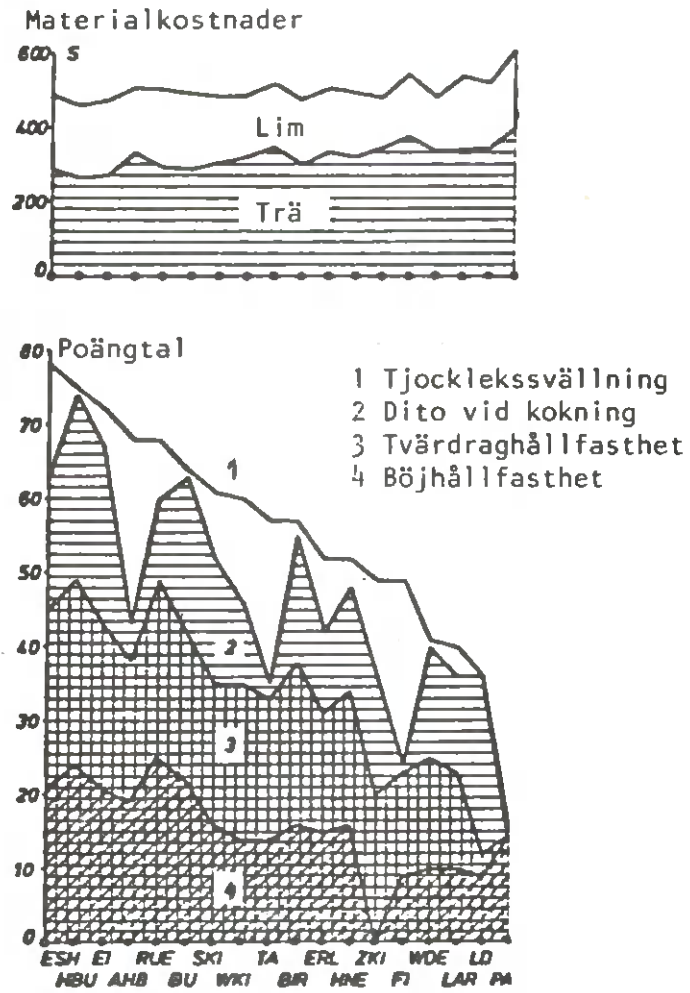
Råvaran avgör också aciditeten, d v s surhetsgraden (pH) i spånen. Träslag som ger mera basisk miljö orsakar härdningssvårigheter om UF-lim används. Det aktuella träslaget avgör alltså vilken mängd härdare man tvingas tillsätta.

I en uppföljande studie av samma författare, som utökats till att omfatta träslagen ek, asp, poppel, bok, alm och lärk med gran och tall som referenser /12/, har således undersökts bl a tvärdraghållfasthetens beroende av härdartillsats. Särskilda härdningssvårigheter orsakades av alm och poppel.

Böjhållfastheten konstateras vara beroende av ytskiktets densitet, vilket verifierats vid mätning. Ävenledes väntat är tvärdraghållfasthetens beroende av mittskiktets densitet. Bästa mittskiktetskvaliteten erhöles med ek och bok. Tjocklekssvällningen befanns vara starkt avhängig träslaget och var minst med ek, alm och lärk. Sammanfattningsvis anses lärk ge den bästa egenskapsprofilen; möjligen kan ek eller bok användas i mittskiktet.

Ytterligare träslag har undersökts av NEUSSER och ZENTNER /13/. Studien utgår från förhållanden som råder i Österrike men kan ändå ha intresse p g a sin stora omfattning. Barrträden innefattar tall (*Pinus silvestris*, *P. nigra* och *P. cembra*), gran (*Picea excelsa*), ädelgran (*Abies pectinata*) och lärk. Lövträslagen är bl a rödbok, ek, lönn, ask, al, björk, avenbok, asp/poppel, alm och rönn/oxel.

För skivor av respektive träslag har man uppmätt tjocklekssvällning på vanligt sätt, svällning vid kokning samt böj- och tvärdraghållfasthet. Resultatet framgår av figur 5 och tabell 1. I tabellen anges också en "totalpoäng" avseende träslagets lämplighet som spånskiveråvara, där även råvarupriset vägts in, något som naturligtvis inte direkt kan överföras på svenska förhållanden. Med högre "totalpoäng" förstås ett bättre träslag.



Figur 5. I Österrike förekommande träslag och deras lämplighet som spånskivematerial. (Jmf tabell 1.)

Tabell 1. Bedömning av träslags lämplighet som spånskivematerial.

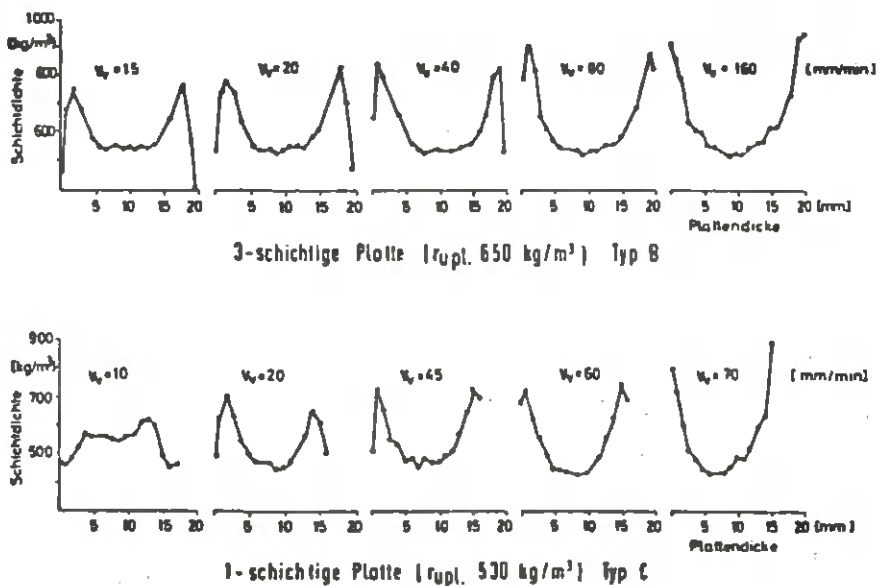
Träslag	Beteckning	TOTALPOÄNG					Totalpoäng
		Veddensitet F=100% kg/m ³	Böjhållfasthet 200 kp/cm ²	Tvårdraghållfasthet 4 kp/cm ²	Koksvällning 50 %	Tjockleksvällning 12 %	
Sälg	WDE	505	10	15	15	1	41
Lind	LD	578	9	3	24	0	36
Al	ERL	578	15	16	11	10	52
Asp	PA	582	14	0	0	2	16
Lönn	AHB	595	19	19	5	25	68
Hassel	-	606	16	18	14	4	52
Björk	BIR	650	16	22	17	2	57
Rödbok	BU	787	22	20	21	1	64
Alm	RUF	780	25	24	11	8	68
Ask	ESH	770	21	24	18	15	78
Ek	EI	809	21	22	24	5	72
Vitbok	HBU	818	24	25	25	1	75
Cembratall	ZKI	448	0	20	16	13	49
Vanlig gran	FI	502	9	14	1	25	49
Ädelgran	TA	563	14	19	2	22	57
Vanlig tall	WKI	580	14	21	11	14	60
Lärk	LAR	635	10	13	13	4	40
Svarttall	SKI	636	16	19	17	9	61

Pressteknik

Självfallet har mycket arbete ägnats åt optimering av pressningsförfarandet, syftande såväl till bästa möjliga skivegenskaper som till kortaste presstid. Somliga forskare anser att pressförfarandet ensam avgör den färdiga skivans densitetsprofil medan andra anser att det har en jämförelsevis underordnad betydelse. Se vidare /14/.

När de heta pressplattorna når kontakt med spånarket förångas vatten i spån och lim i ytskiktet. Den utvecklade ångan mjukar upp ytskiktsspånen men står också för överföring av värme till mittskiktet. Högre spånfukt-kvot ger alltså snabbare värmeöverföring till hela arket och en kortare presstid.

Korta presslutningstider och, som konsekvens, högre presstryck ger ett mera uppmjukat ytskikt, vilket komprimeras starkt och i vilket limmet härdar innan skivans inre hunnit värmas till härdningstemperatur. Resultatet blir en mera uttalad koncentration av massa till ytskikten. Se figur 6, enligt v BISMARCK /15/.



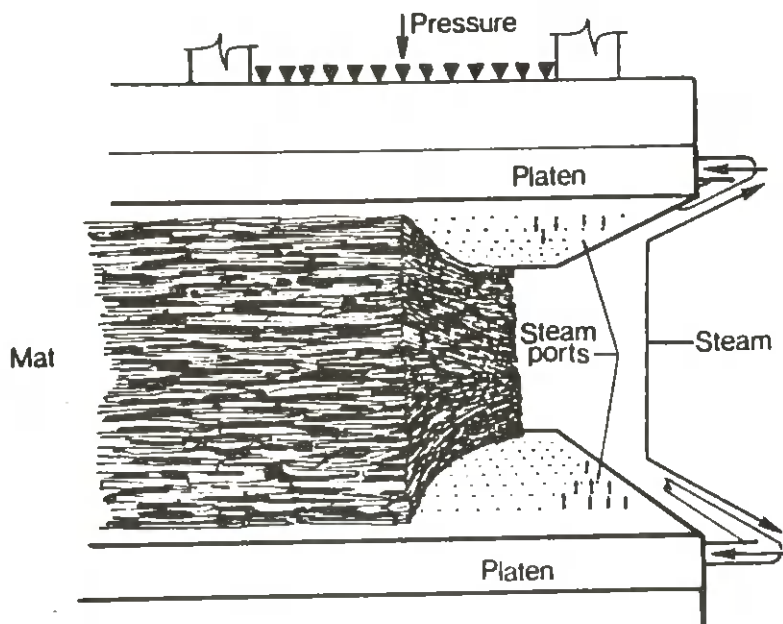
Figur 6. Densitetsprofil hos 1- och 3-skiktsskivor, framställda med varierande presslutningshastigheter. (Lång presslutningstid till vänster, kort till höger.)

Den vanligen eftersträfvade temperaturen inuti arket vid pressning är något över 100 °C. Höjs denna, ökar ångtrycket i den färdiga skivan, så att dess inre bindningsstyrka övervinns, med delaminering som följd. Kompensatoriskt måste då den totala presstiden förlängas, för att övertrycket skall kunna avlägsnas ut genom skivans kanter.

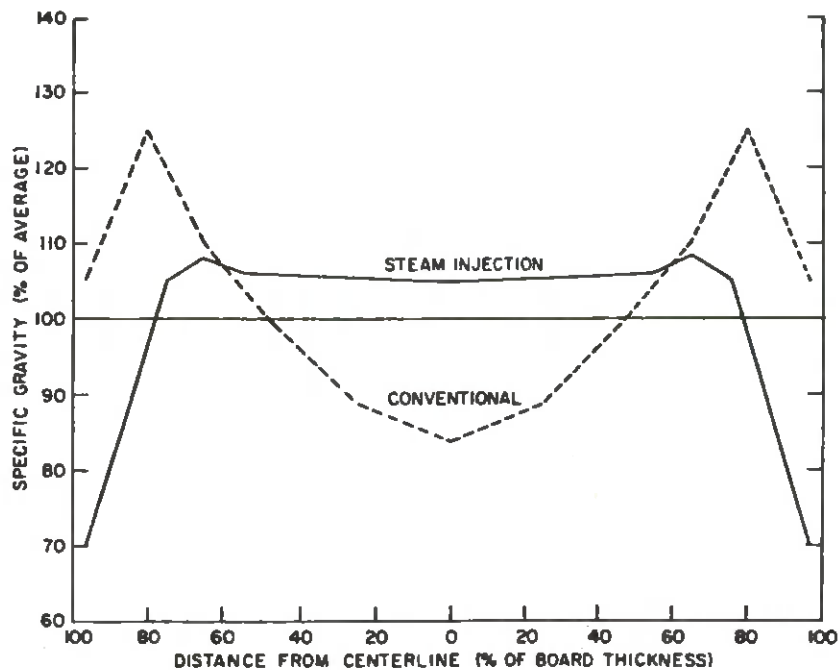
PF-lim fordrar högre presstemperatur och presstid än UF-lim.

På senare år har man utvecklat ett hjälpmedel att styra densitetsprofilen inom vida gränser, det s k "steam-injection"-förfarandet, GEIMER /16/.

Desutom kan presstid och presstryck minskas avsevärt. I denna teknik effektiviseras uppvärmningen av arket genom injektion av mättad ånga genom de perforerade pressplåtarna (figur 7). Skivans inre uppmjukas och härddar ut snabbt, vilket ger en annorlunda densitetsprofil (figur 8). Detta ger självfallet också en förändrad egenskapsprofil.



Figur 7. "Steam injection" - pressning enligt GEIMER. Mättad ånga sprutas in i arket vid pressens slutning, genom perforeringen i pressplåtarna.



Figur 8. Densitetsgradienter, typiska för konventionella respektive "steam injection"-spånskivor.

Ett sätt att minska densitetsgradienten hos den färdiga skivan är kall förpressning av arket.

Slutligen samspelar naturligtvis spånmaterial med pressförfarandet: Lättkomprimerat finmaterial i arkets yta ger ett ytskikt som är obenäget att släppa igenom överskottsånga, vilket kan leda till delamineringar, medan större spånpartiklar är svårare att komprimera och alltså kräver högre presstryck.

LITTERATUR

- /1/ MALONEY, T. M: "Modern particleboard & dry process fiberboard manufacturing", Miller Freeman Publ. 1977
- /2/ RANTA, L och MAY, H-A: "Zur Messung von Rohdichteprofilen an Spanplatten mittels Gammastrahlen" (Mätning av densitetsprofilen hos spånskivor med gammastrålar), Holz RuW 36 (1978) 467-474
- /3/ KEYLWERTH, R: "Zur Mechanik der Mehrschichtigen Spanplatte" (Den flerskiktade spånskivans mekanik), Holz RuW 16 (1958) 429-430
- /4/ PLATH, E: "Beitrag zur Mechanik der Holzspanplatten" (Utredning rörande inre mekanik hos spånskivor) Holz RuW 29 (1971) 377-382
- /5/ MAY, H-A: "Zusammenhänge zwischen Eigenschaften, Rohstoffkomponenten und dem Dichteprofil von Spanplatten. Teil 4: Einflüsse der Dichteunterschiede und Rohstoffe auf die Zugfestigkeit senkrecht zur Plattenebene und die Scherfestigkeit" (Samband mellan egenskaper, råvarukomponenter och densitetsprofilen hos spånskivor. Del 4: Täthetskillnadens och råmaterialets inflytande på tvärdrag- och skjvuhållfastheten.), Holz RuW 41 (1983) 271-275
- /6/ Ibid: "Teil 5: Einflüsse der Dichteprofil und Rohstoffe auf Biege-E-modul und Biegefestigkeit" (Täthetsprofilens och råmaterialets inverkan på E-modul för böjning samt böjhållfasthet), Holz RuW 41 (1983) 369-374
- /7/ KUSIAN, R: "Modell-Untersuchungen über den Einfluß des Spanformats auf Struktur- und Festigkeitseigenschaften von Spanwerkstoffen. Teil 1: Theoretische Betrachtungen" (Modellundersökningar av spånformatets inverkan på struktur- och hållfasthetsegenskaper hos spån-baserade produkter. Del 1: Teoretiska överväganden.) Holztechnologie 9 (1968) 189-196
- /8/ RACKWITZ, V: "Der Einfluß der Spanabmessungen auf einige Eigenschaften von Holzspanplatten" (Spåndimensionernas inflytande på några egenskaper hos spånskivor), Holz RuW 21 (1963) 200-209
- /9/ LIIRI, O, KIVISTÖ, A och SAARINEN, A: "Der Einfluß von Holzart, Spangröße und Bindemittel auf die Festigkeit und die Quellung von Spanplatten mit höheren elastomechanischen Eigenschaften" (Träslagets, spånstorlekens och bindemedlets inverkan på hållfasthet och svällning hos spånskivor med förbättrade elastomekaniska egenskaper.) Holzforsch Holzverwert 29 (1977) 117-122.
- /10/ NEUSSER, A, KRAMER, U, HAIDINGER, K och SERENTSCHY: "Spancharakter und sein Einfluß auf die Deckschichtsqualität von Spanplatten" (Spåntypen och dess inverkan på täckskiktets kvaliteten hos spånskivor), Holzforsch Holzverwert 21 (1969) 81-94

- /11/ KEHR, F och SCHILLING, W: "Untersuchungen über die Eignung verschiedener Holzarten und -sortimente zur Herstellung von Spanplatten. 6. Mitteilung: Birke" (Undersökningar av skilda träslags och -sortiments lämplighet för framställning av spånskivor. Meddelande n:r 6: Björk), Holztechn 6 (1965) 161-168
- /12/ Ibid: "7. Mitteilung: Eiche, Aspe, Poppel, Hainbuche, Ulme, Lärke, sowie als Vergleichsholzarten Fichte und Kiefer" (Meddelande n:r 7. Ek, asp, poppel, avenbok, alm, lärk samt som jämförelseträslag gran och tall), Holztechn 6 (1965) 225-232
- /13/ NEUSSER, H och ZENTNER, M: "Vergleichsuntersuchung der wichtigsten heimischen Holzarten hinsichtlich ihrer Eignung für die Spanplattenherstellung" (Jämförande undersökning av de viktigaste inhemska träslagen, avseende deras lämplighet för spånskiveframställning), Holzforsch Holzverwert 26 (1974) 54-63
- /14/ MAY, H-A och HARBS, C: "Verfahrenstechnische Untersuchungen zur Verbesserung der Eigenschaften von Spanplatten durch Bestimmung und Veränderung ihres Dichteprofilen" (Förfaringstekniska undersökningar för förbättring av egenskaper hos spånskivor genom bestämning och förändring av densitetsprofilen), WKI-Bericht n:r 11 (1979)
- /15/ v BISMARCK, C: "Zur Optimierung des Spanplattenpressens. Herstellung harnstoffverleimter Spanplatten unter Anwendung spezieller Regelsystemeteme beim Pressen." (Optimering av spånskivepressen. Framställning av ureahartslimmade spånskivor under användning av speciella reglersystem vid pressningen), Holz-Zbl 100 (1974) 1247-1249
- /16/ GEIMER, R L: "Steam injection pressing", WSU Particle Board Symposium, n:r 16 (1982)

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

TräteknikCentrum

INSTITUTET FÖR TRÄTEKNISK FORSKNING

Box 5609, 114 86 STOCKHOLM
Besöksadress: Drottning Kristinas väg 67
Telefon: 08-14 53 00
Telex: 144 45 tratek s
Telefax: 08-11 61 88
Huvudenhet med kansli

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

ISSN 0283-4634

931 87 SKELLEFTEÅ
Besöksadress: Bockholmsvägen 18
Telefon: 0910-652 00
Telex: 650 31 expolar s
Telefax: 0910-652 65