B 83

ISSN 0349-0211

L. I. Andersson och E. L. Back

Temperaturens inverkan på pappers initiala våtstyrka inom området 30 – 50 % torrhalt

STFI-meddelande serie B nr 620

Svenska Träforskningsinstitutet

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

L.I. Andersson och E.L. Back

TEMPERATURENS INVERKAN PÅ PAPPERS INITIALA VÅTSTYRKA INOM OMRÅDET 30 - 50 % TORRHALT

STFI-meddelande serie B nr 620

Nyckelord

wet webs
runnability
temperature
wet pressing
stress strain properties

Stockholm i maj 1983 (FS B:83).

INNEHÅLLSFÖRTECKNING Sid

Inledning

Vilken styrkeparameter bestämmer brottfrekvensen i en pappersmaskin

Experimentell ansats och våtarkets förbehandling

Resultat, initiala våtstyrkeparametrar

vid statisk förpressning av våtarket

vid dynamisk förpressning av våtarket

Diskussion

temperaturens inverkan på våtarkets styrkeparametrar

bantemperaturens inverkan på brottrisken

Experimentella detaljer

Tackord

Referenser

Sammanfattning

Vid insättning av ånglåda i ett pressparti har i vissa fall antalet banbrott i första fria draget efter press ökat kraftigt. En tänkbar orsak var en nedgång av initialvåtstyrkan, dvs. styrkan hos den våta pappersbanan. Med den bakgrunden har här initialvåtstyrkans temperaturberoende kartlagts.

Mätningarna har skett i en dragprovningsapparat, vilken försetts med ett skåp som förses med mättad luft av önskad temperatur. Detta innebär att proverna antar den våta termometerns temperatur, dvs. den mättade luftens temperatur. Följande initiala våta styrkeegenskaper har uppmätts: dragstyrka, brottarbete, dragstyvhet, töjning till brott och till 95 % av brottlasten. Detta har skett på maskinriktningsorienterade laboratorieark av olika massor, vilka fått en likadan statisk förpressning och sedan lufttorkats till önskad torrhalt. I några fall har en del av denna lufttorkning ersatts av en dynamisk förpressning.

Över temperaturintervallet 30 till 60°C som är mest aktuellt för ånglådor, erhålles en dragstyrkenedgång, oberoende av arkens förpressning, på upp till 30 % för såväl oblekt, blekt sulfat samt tidningspapper. Styrkenedgången är mest markerad inom det högsta uppmätta torrhaltsområdet 40 - 50 %. Den är oftast liten vid torrhalter kring 30 %. Brottöjning och brottarbete minskar också för nästan alla undersökta våtark med ökande temperatur. Detta gäller också dragstyvheten vid torrhalter över 40 % vilket innebär att draginställningen i maskinen kan behöva justeras vid höjning av bantemperaturen.

I anslutning till resultaten diskuteras hur brottrisken i pappersmaskiner förändras med ökande bantemperatur.

Inledning

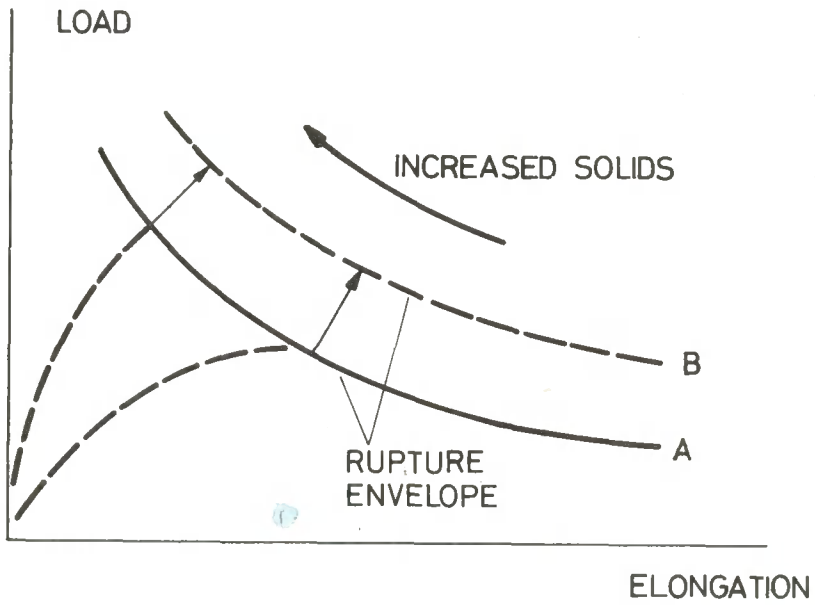
Många moderna pappersmaskiner för lägre ytvikter produktionsbegränsas inte av torkpartiets kapacitet utan av banbrottfrekvensen i maskinen dvs. av den initiala våtstyrkan hos pappersbanan i viss del av maskinen. En stor del av banbrotten inträffar i det första fria draget, vilket oftast kommer mellan press- och torkparti. Andra brott inträffar i fria drag i torkpartiets början där pappersbanans temperatur höjts utan att någon nämnvärd torkning skett. Även användning av en ånglåda i presspartiet har ibland visat sig öka risken för banbrott, trots att därmed torrhalten ökats hos pappersbanan. Detta är bakgrunden till detta arbete avseende initialvåtstyrkans temperaturberoende.

Vilken styrkeparameter bestämmer brottfrekvensen i pappersmaskinen

Initialvåtstyrkan brukar redovisas med tre parametrar: dragstyrka, brottöjning och brottarbete. En eller flera av dessa parametrar bestämmer på olika sätt brottfrekvensen, dvs. körbarheten i maskinen eller i en sektion av maskinen. Här summeras andras erfarenheter.

Huvuddelen av publicerade undersökningar hänför sig till äldre tidningspappersmaskiner med öppna drag mellan press och viraparti. Ullman (1) har jämfört antalet banbrott på en öppen tidningspappersmaskin med mäldens initiala våta dragstyrka vid en konstant torrhalt i våtarket om 25 % och funnit en viss korrelation. Av två våta pappersbanor med samma initiala brottöjning kommer troligen den med den högsta dragstyrkan att ha den lägsta brottrisken (2). På samma sätt kommer av två pappersbanor med samma initiala dragstyrka, den med högre brottöjning ge den lägsta brottrisken (2), därför att denna bättre kan dämpa tillfälliga variationer i adhesionskrafter till en vals och i hastighetsdifferenser. Härav följer att en ökning av det initiala brottarbetet med säkerhet minskar brottrisken endast om både brottöjning och dragstyrka ökar. Man kan illustrera detta medelst en brottgränskurva som i

ett belastningstöjningsdiagram sammanbinder brottpunkten över olika bantorrhalter exempelvis för olika mälder (2). Figur 1 är ett exempel där mäld B visar lägre banbrottrisk än mäld A.



Figur 1. Brottgränskurvor (rupture envelope) för laboratorievåtark, tillverkade på samma sätt av två mälder (2) varav B gav den lägre brottrisken på maskinen. Pilarna sammanbinder ark, vilka har förpressats statiskt vid samma tryck.

Bedömningssättet har praktiskt verifierats på fyra nästan likadana, äldre tidningspappersmaskiner med fritt drag mellan press och viraparti körande 480 till 650 m/min. Driftshastigheten ökade konsekvent när brottgränskurvan försköts från A till B (2).

I ett annat arbete (3) korrelerade brottarbetet, mätt på våta laboratorieark, linjärt med den rådande driftshastigheten inom området 390 -450 m/min. Vid lika mäld ökade då initiala brottarbetet linjärt med arkens torrhalt inom området 16-30 %. Således ökades maskinens driftshastighet med ökande gusktorrhalt, varvid en hastighetsökning på 15 % krävde en ökning av det initiala brottarbetet med 145 %. I dessa fall korrelerade inte ytan - dvs. töjningsarbetet - i kraft-töjningsdiagrammet upp till den använda töjningen i det kritiska draget med banbrottrisken. Detta töjningsarbete är tydligen ett otillräckligt mått på banans möjligheter

att ta upp ryck och klara av lokala spänningskoncentrationer. Dock har Mardon m fl (4) valt töjningsarbetet upp till den aktuella draginställningen motsvarande 3,3 % töjning som mått på brottrisken efter en twinverpress.

Malning ökar generellt fiberytan och därmed kraftigt initialvåtstyrkan. Brottrisken minskar även under en formeringsviras livslängd (5). Detta förklarades med att virans öppningar minskar då denna sträckes, varigenom en förbättrad finfiber-retention och högre initialvåtstyrka erhålles.

Spethalten anges ha en avgörande betydelse på den initiala våtstyrkan, givetvis såväl hos laboratorieark som maskingjorda ark (6) och (7). I en annan analys (8) av en tidningspappersmäld med von Alfthans spetanalysator korrelerade antalet oförklarliga banbrott linjärt med denna spethalt.

När hastigheten ökar i en pappersmaskin, ökar alltid risken för banbrott. Den kraft s som måste appliceras för att dra banan genom maskinen har härletts av Mardon (9) till att öka med kvadraten på hastigheten, nämligen:

$$s = mv^2 + \frac{w}{1 - \cos \varnothing} \qquad (1)$$

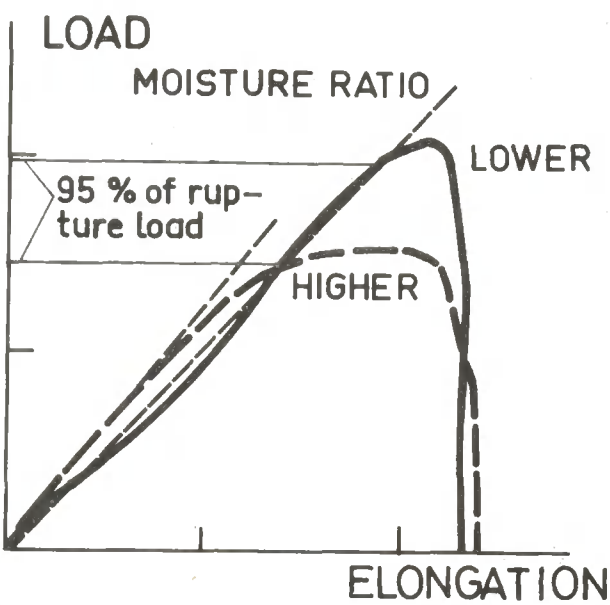
där
- m = våt ytvikt
- v = avtagningshastighet
- w = avtagningsarbete
- Ø = avtagningsvinkel

Detta samband har senare av Österberg (10) modifierats genom medtagande av pappersbanans töjning vid avtagningen. Det visades även att avtagningsarbetet w är beroende av avtagningsvinkeln. Här behandlade banbrottrisker blir således alltid mera påtagliga vid högre maskinhastigheter och vid högre adhesion och avtagningsvinkel.

Experimentell ansats och våtarkets förbehandling

Initialvåtstyrkan har studerats i en Instron universaldragprovare vilken modifierats med ett slutet skåp för dragprovning. Skåpet förses från ett konditioneringsaggregat med luft av önskad fuktighet och temperatur. Modifieringen är utfört av Htun med medarbetare (11). Provningen har skett på maskinriktningsorienterade laboratorieark av blekt och oblekt sulfatmassa vid olika malgrader, samt av tidningspappersmäld.

I maskinriktningen bestämdes kraft-töjningsdata tillsammans med aktuell papperstemperatur. Två typiska sådana kraft-töjningsdiagram visas i figur 2. Eftersom kurvorna ofta är så flacka nära brottpunkten är det svårt att exakt bestämma brottöjningen och därmed också brottarbetet. Därför redovisas även töjningen vid 95 % av brottlasten. Brottarbetet redovisas beräknat på konventionellt sätt, dvs. ytan i kraft-töjningsdiagrammet upptill brottpunkten. Orsaken är att spridningen är mindre för brottarbete än brottöjning.



Figur 2. Typiska kraft-töjningsdiagram för våta banor. Tunna streckade linjer anger utvärderad dragstyvhet.

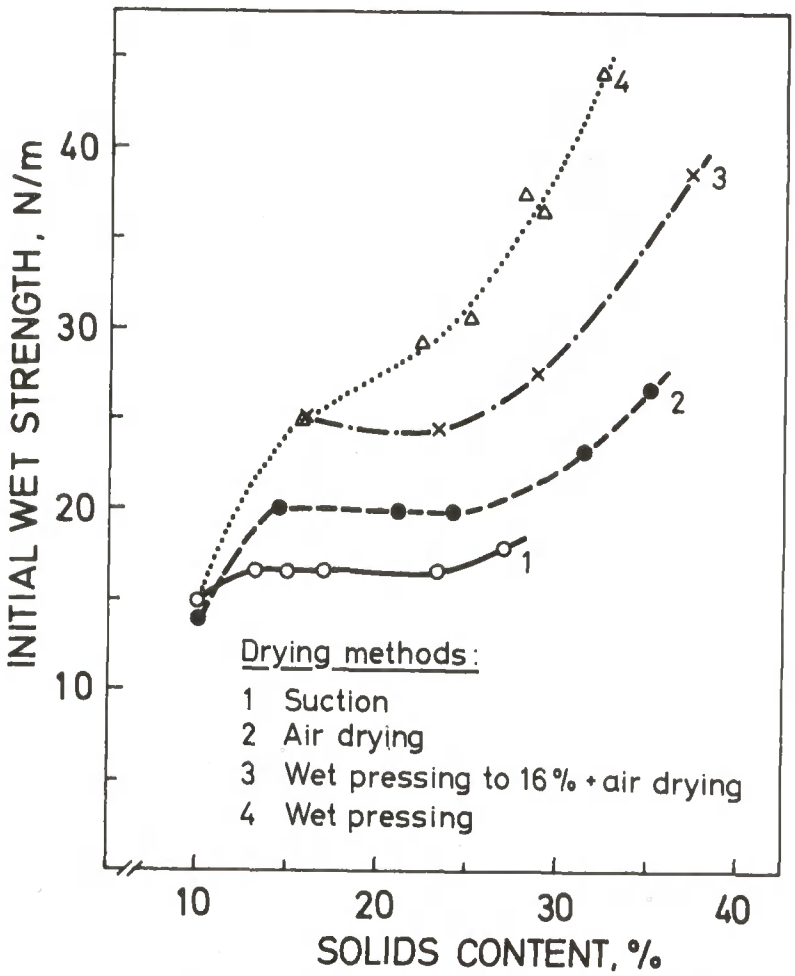
För att avgöra hur dragen skall justeras i maskinen vid körning av en ånglåda i presspartiet redovisas här även dragstyvhetens temperaturberoende. För omald massa är belastningstöjningskurvorna

linjära upp till 15 - 20 % av brottlasten och då relativt oberoende av fuktkvot. För mald massa är dragstyvheten linjär upp till cirka 70 % av brottlasten, vid en torrhalt på 30 %. Vid 50 % torrhalt är dragstyvheten approximativt linjär upp till cirka 90 % av brottlasten, men som figur 2 visar, föreligger en ovanlig avvikelse i banans belastnings-töjningsbeteende. Dragstyvheten är i sistnämnda fall utvärderad med hjälplinjer som figuren visar.

Den centrala frågeställningen för provning av initialvåtstyrka är om den skall ske vid lika torrhalt hos våtarket eller vid lika tillverkningssätt, t ex lika förpressning. Nordman (12,13) visade att initialvåtstyrkan även beror på hur arket tillverkats för att nå en given torrhalt.

Vanligen jämförs initialvåtstyrkan vid en viss standardtorrhalt eller som föreslås (14) vid två sådana. Detta motiveras med att man på maskinen har öppet drag vid vissa torrhalter. Huvuddelen av publicerade arbeten avser torrhaltsområdet 17 - 25 %. Vid jämförelse under konstanta tillverkningsbetingelser, dvs. lika förpressning erhålles olika torrhalter, beroende på mäldens pressbarhet. Olika mälder har även på samma pappersmaskin olika torrhalt på en bestämd kritisk plats i maskinen. Flera undersökningar har använt sistnämnda metod (2, 15, 16).

Här har valts lika tillverkningsförfarande med en standardiserad statisk pressning, som gett ungefär 25 % torrhalt, varefter lufttorkning skett för att täcka ett större torrhaltsområde inom presspartiet. Nordman (13) har visat att olika förpressning ger olika våtstyrka, varefter lufttorkning ökar våtstyrkan lika per ökad torrhaltsenhet oberoende av förpressning, se figur 3. Separat har här några laboratorieark med ovanstående förbehandling, dessutom genomgått en dynamisk våtpressning, i ett simulerat enkelfiltat nyp (17).



Figur 3 Initialvåtstyrka som funktion av torrhalten för laboratorieark med olika förbehandling enligt Nordman och Eravuo (13).

Resultat

Statisk förpressning följd av lufttorkning

Våtdragindex, dvs. brottkraft per breddmeter dividerad med torr ytvikt, visas i figur 4 vid 30° och 60°C som funktion av fuktkvoten. Data ges för oblekt sulfat vid tre malgrader, blekt sulfat vid två malgrader samt en tidningsmäld.

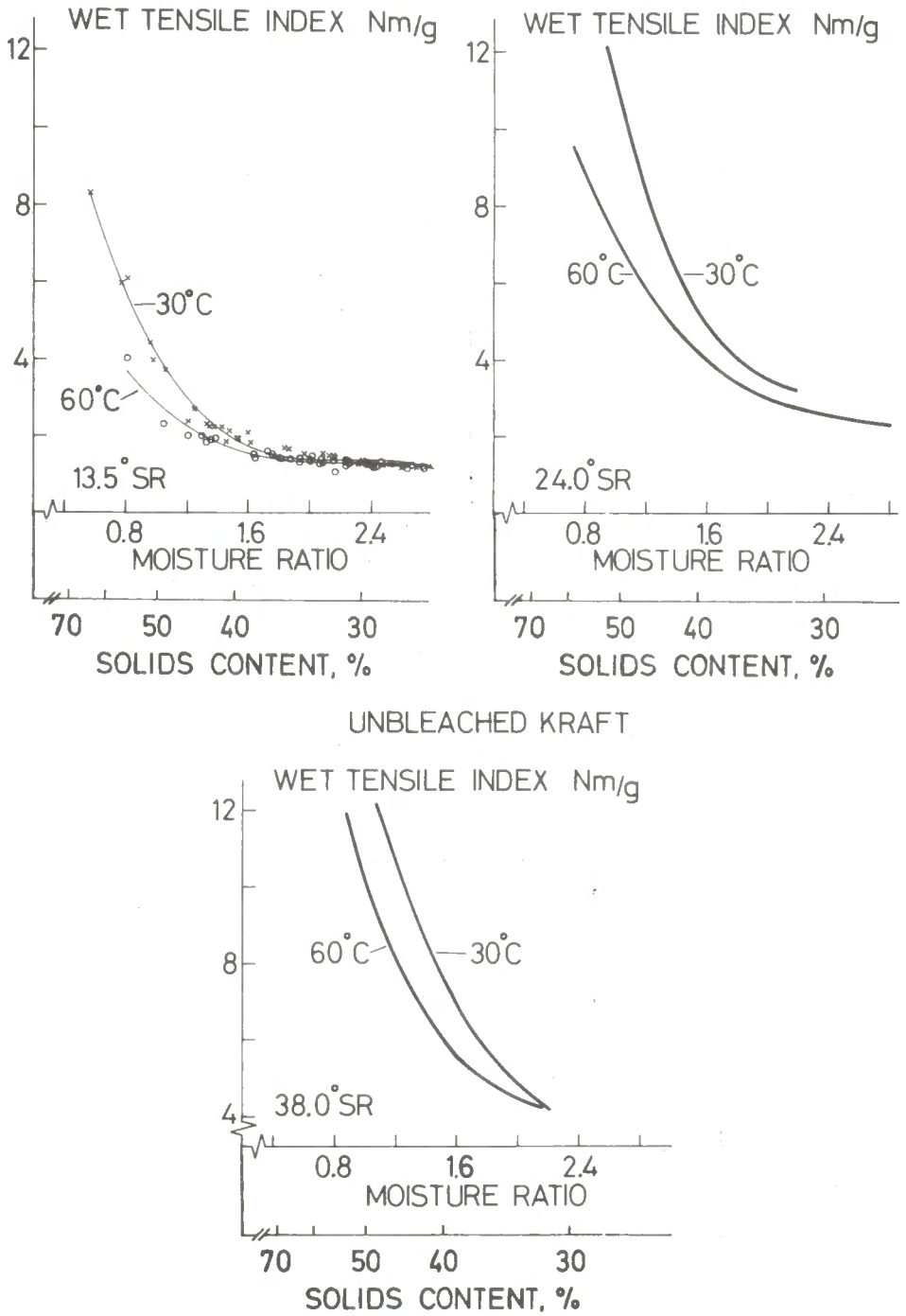
Brottöjning kan vid initialvåtstyrkeprovning vara svårdefinierad, varför enligt "Experimentell ansats" även töjningen till 95 % av brottlasten redovisas i Figur 5 som funktion av fuktkvot.

Figur 6 visar våta brottarbetsindex som funktion av fuktkvot för ark av oblekt och blekt sulfat vid olika malgrader, samt för tidningsmäld. Här har givetvis brottpunkten använts för beräkningen trots att detta ökar spridningen något.

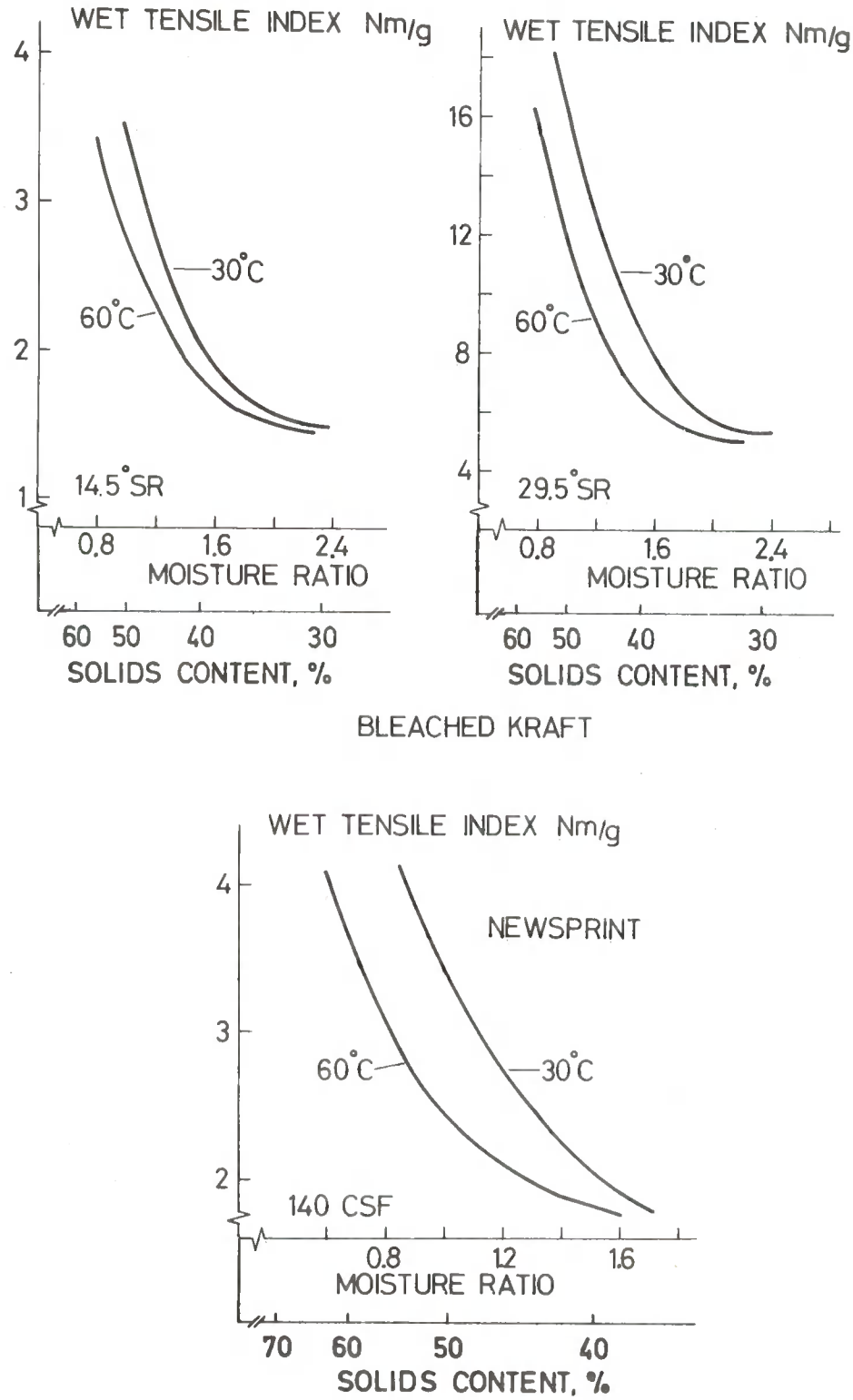
Ett värdefullt sätt att åskådliggöra de uppmätta parametrarna är en brottgränskurva. Figur 7 summerar sådana för provade mälder. I figurerna ges brottkraft såväl mot brottöjning som mot töjning till 95 % av brottlasten. Längs varje kurva anges fuktkvoten, och där figuren tillåter är lika fuktkvoter sammanbundna med sträckade linjer.

Den våta banans dragstyvhetsindex finns redovisad i figur 8. Dragstyvhetsindex är lika med elasticitetsmodulen multiplicerad med arkets våta tjocklek och dividerad med dess torrtänkta ytvikt.

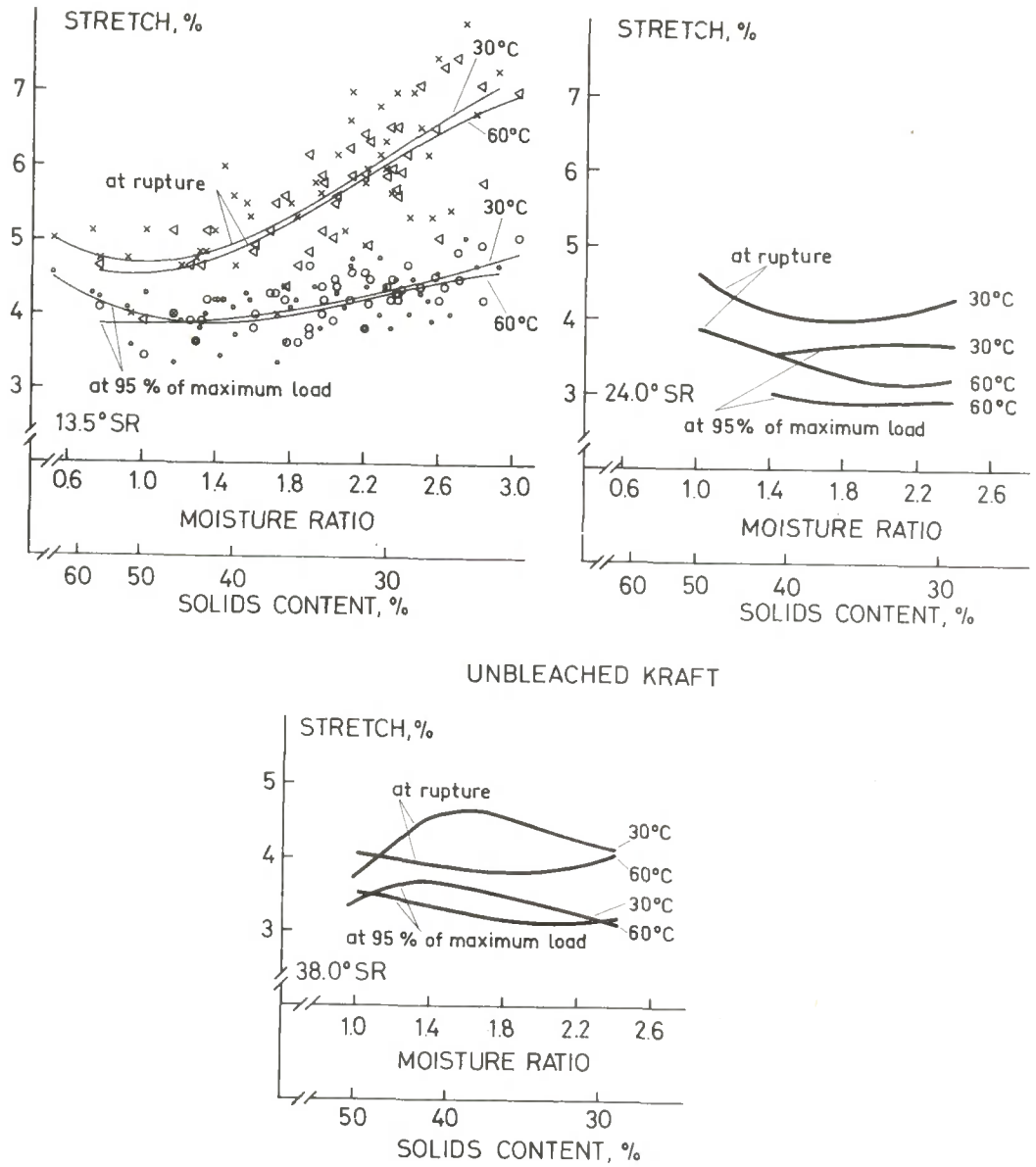
I var och en av figurerna finns mätvärdenas spridning illustrerad. Själva kurvorna är datoranpassade till tredjegrads kurva.



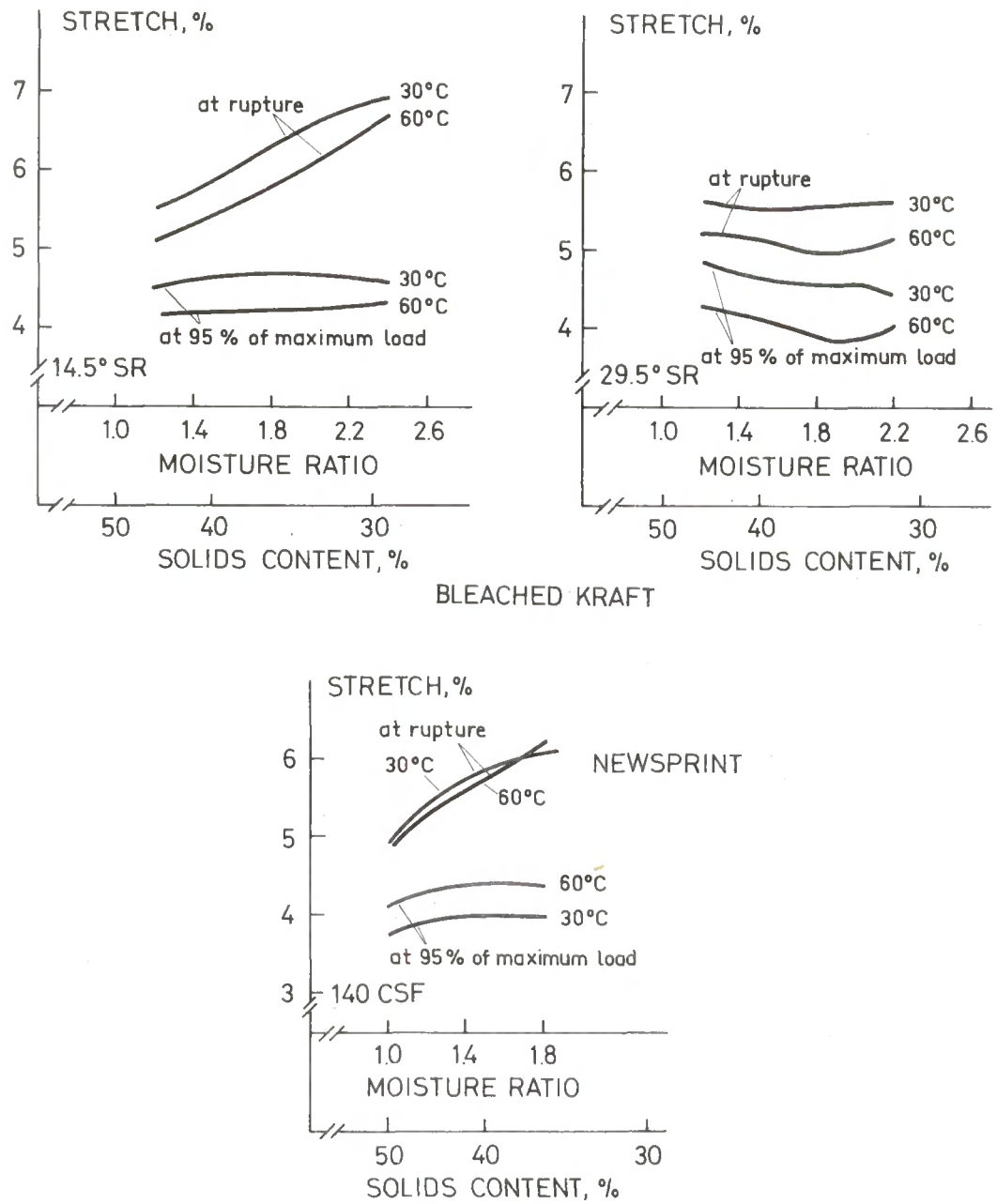
Figur 4a. Våtdragindex som funktion av arkets fuktkvot för oblekt sulfat vid tre malgrader. *För tydlighetens skull har mätpunkterna uteslutits ur några av figurerna. Spridningen i dessa mätningar är av samma storleksordning som i den vänstra övre figuren. Observera att skalorna i några fall är olika.*



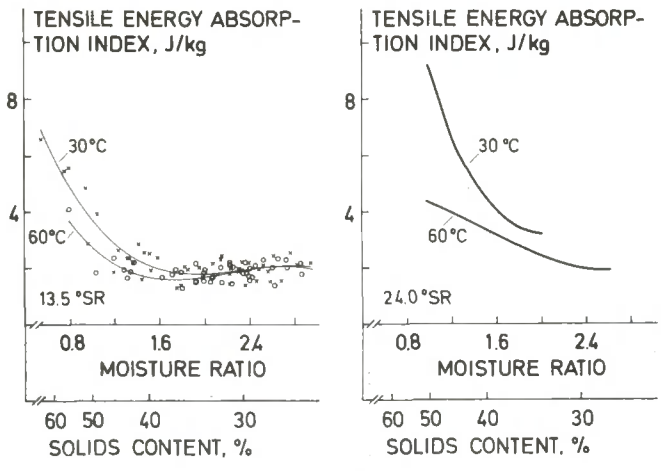
Figur 4b. Våtdragindex som funktion av arkets fuktkvot för blekt sulfat, vid två malgrader *samt för* tidningsmäld. *För tydlighetens skull har mätpunkterna uteslutits ur figurerna. Spridningen i dessa mätningar är av samma storleksordning som i figur 4a. Observera att skalorna i några fall är olika.*



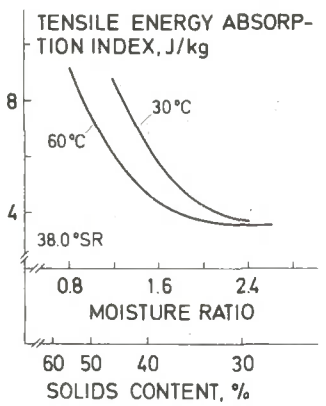
Figur 5a. Töjning vid 95 % av brottlasten samt vid brott som funktion av fuktkvot för oblekt sulfat, vid tre malgrader *och två temperaturer. För tydlighetens skull har mätpunkterna uteslutits ur några av figurerna. Spridningen i mätningarna framgår av den övre vänstra figuren.*

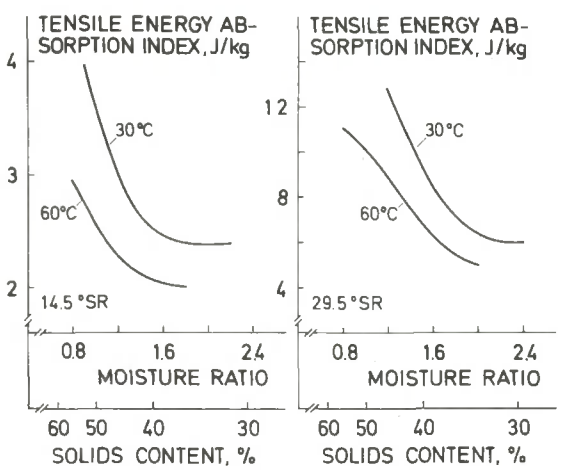


Figur 5b. Töjning vid 95 % av brottlasten samt vid brott som funktion av fuktkvot för blekt sulfat vid två malgrader *samt för* tidningsmäld *samtliga vid två arktemperaturer. För tydlighetens skull har mätpunkterna uteslutits ur figurerna. Spridningen i mätningarna är av samma storleksordning som i figur 5a.*

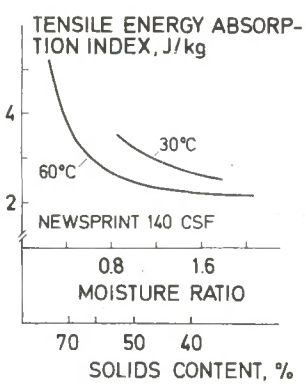


UNBLEACHED KRAFT

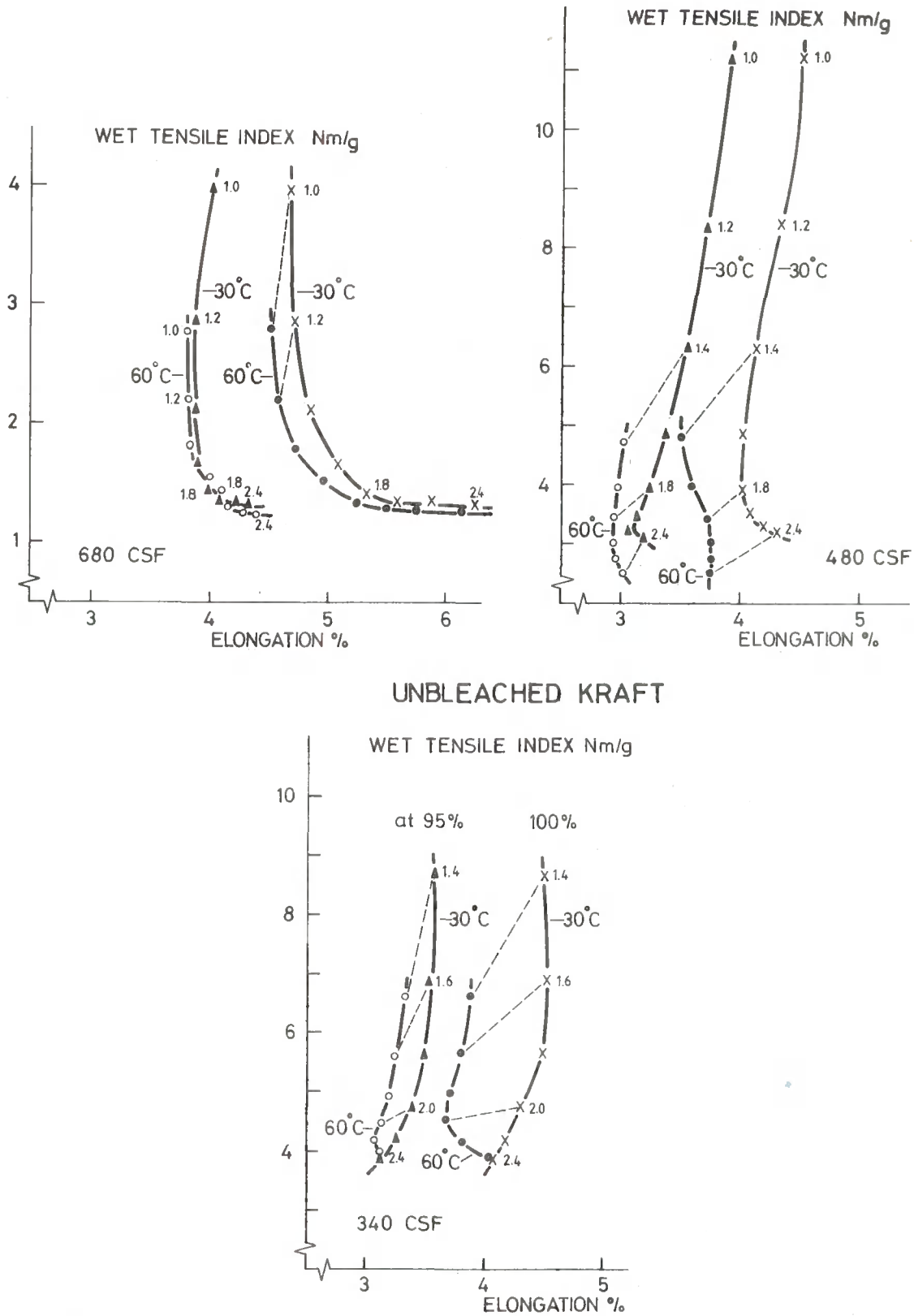




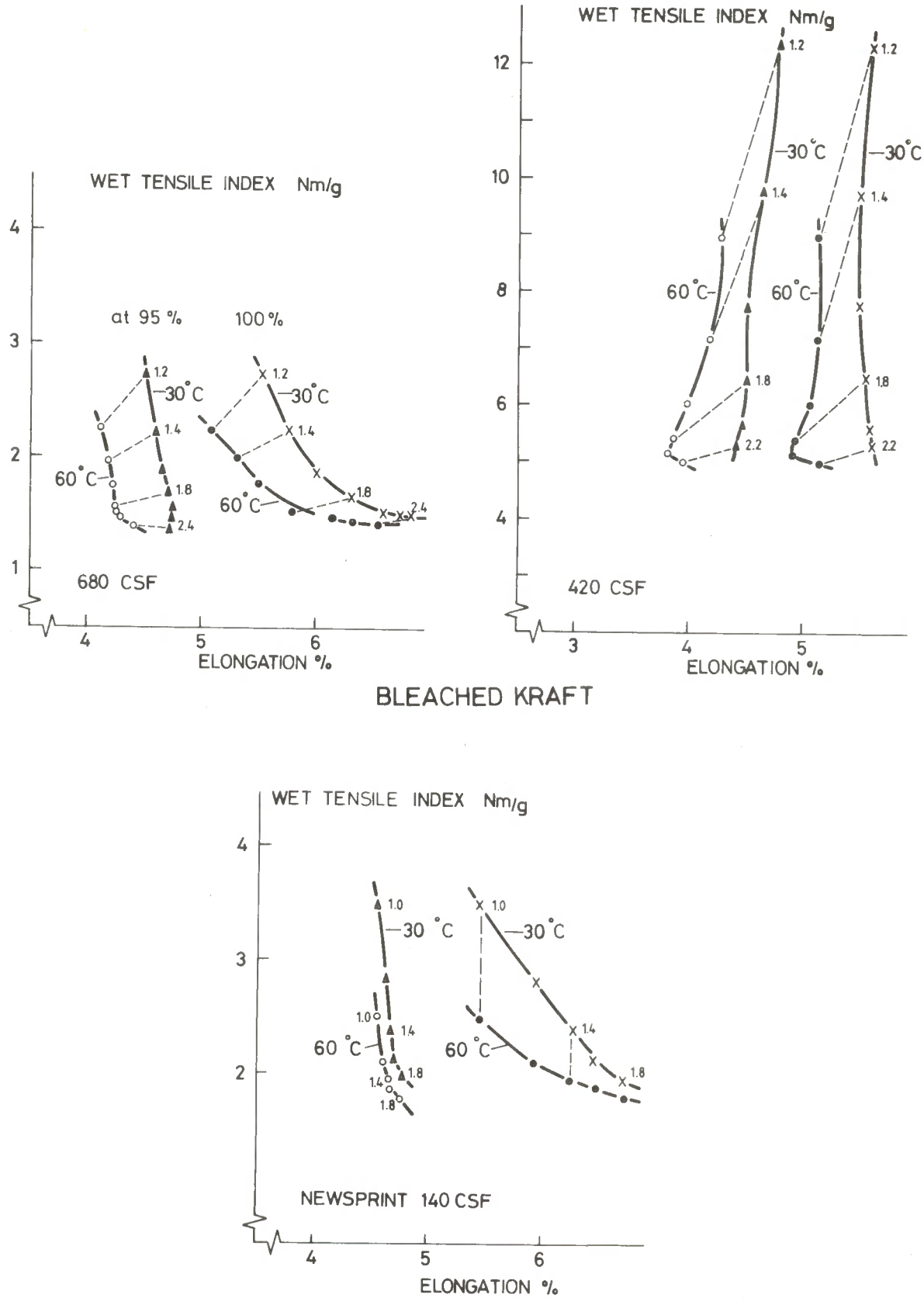
BLEACHED KRAFT



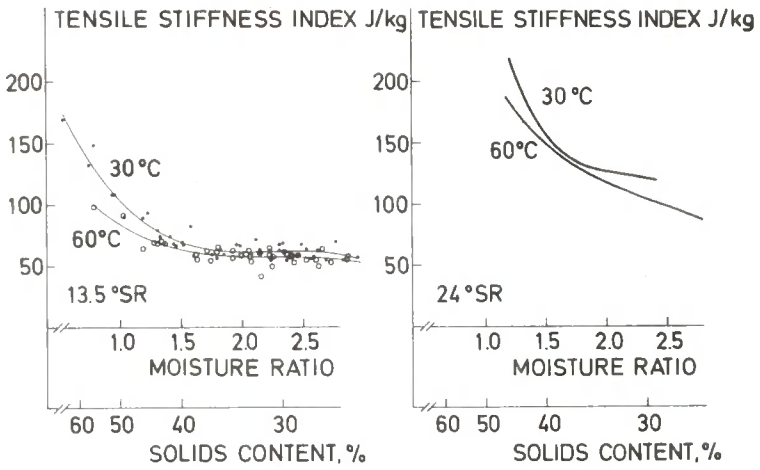
Figur 6 *Våtbrottarbetsindex som funktion av fuktkvot. För att öka tydligheten har mätpunkterna uteslutits ur några av figurerna. Observera att skalorna i några fall är olika.*



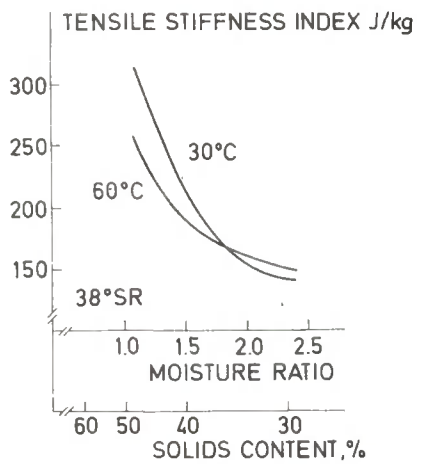
Figur 7a. Brottgränskurvor för ark av oblekt sulfatmassa *vid två olika bantemperaturer. De vänstra kurvorna i respektive figur visar sambandet mellan brottkraft och töjning till 95 % av brottlasten, de högra sambndet mellan brottkraft och brottöjning. Streckade linjer sammanbinder punkter med lika fuktkvot. De tre malgraderna motsvarar 13,5 , 24 och 38°SR.*



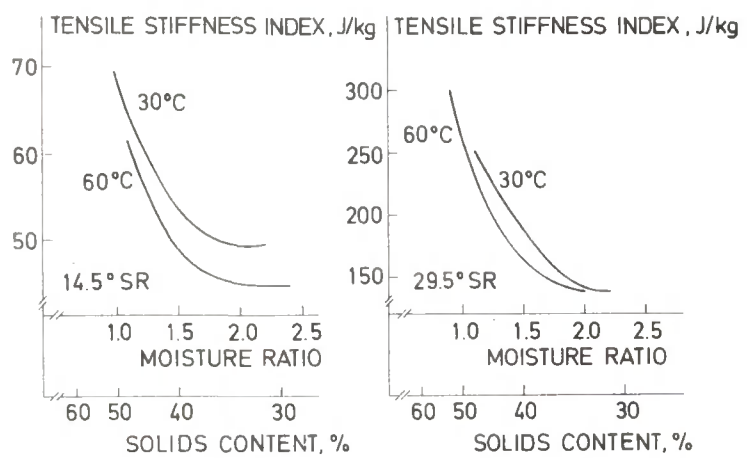
Figur 7b. Brottgränskurvor för ark av blekt sulfatmassa *samt* tidningspapper *vid två olika bantemperaturer. De vänstra kurvorna i respektive figur visar sambandet mellan brottkraft och töjning till 95 % av brottlasten, de högra sambandet mellan brottkraft och brottöjning. Streckade linjer sammanbinder punkter med lika fuktkvot. Den kemiska massans malgrader motsvarar 14,5 och 29,5 °SR.*



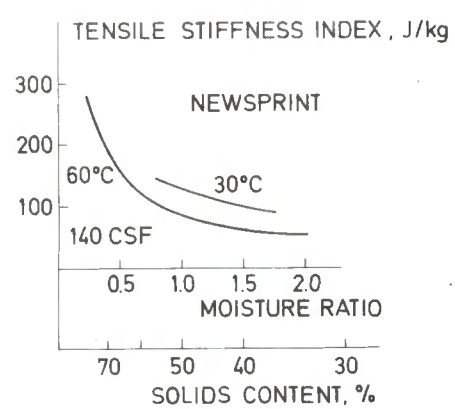
UNBLEACHED KRAFT



Figur 8 Dragstyvhetsindex som funktion av fuktkvoten för våtark av blekt *och* oblekt sulfat *samt* tidnings-mäld. *Detta index är lika med elasticitetsmodul multiplicerad med våt tjocklek och dividerad med torrtänkt ytvikt.*

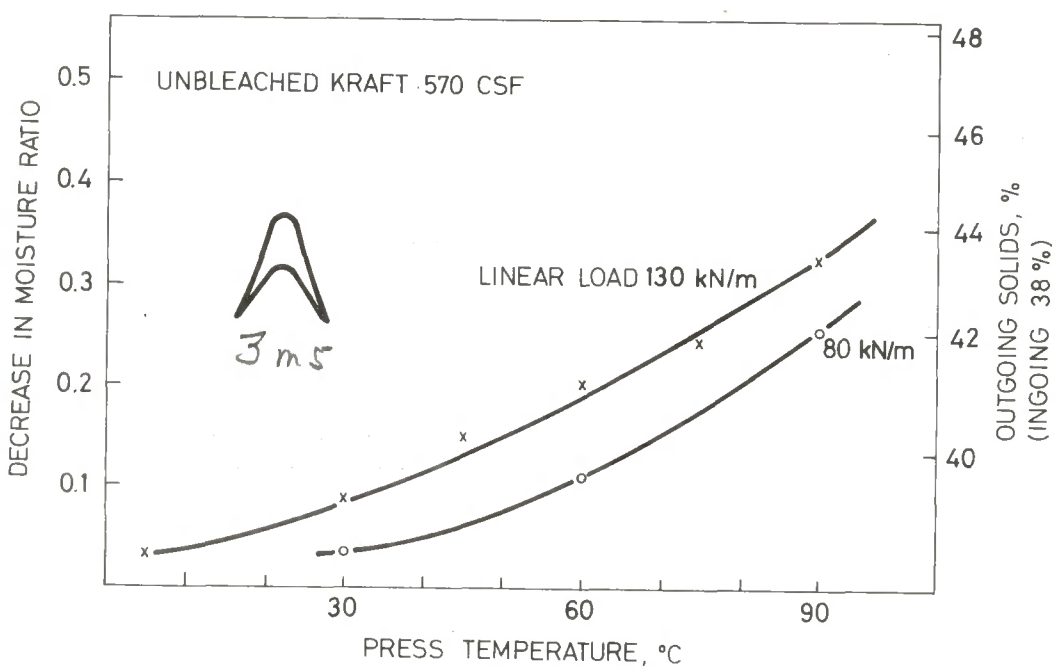


BLEACHED KRAFT



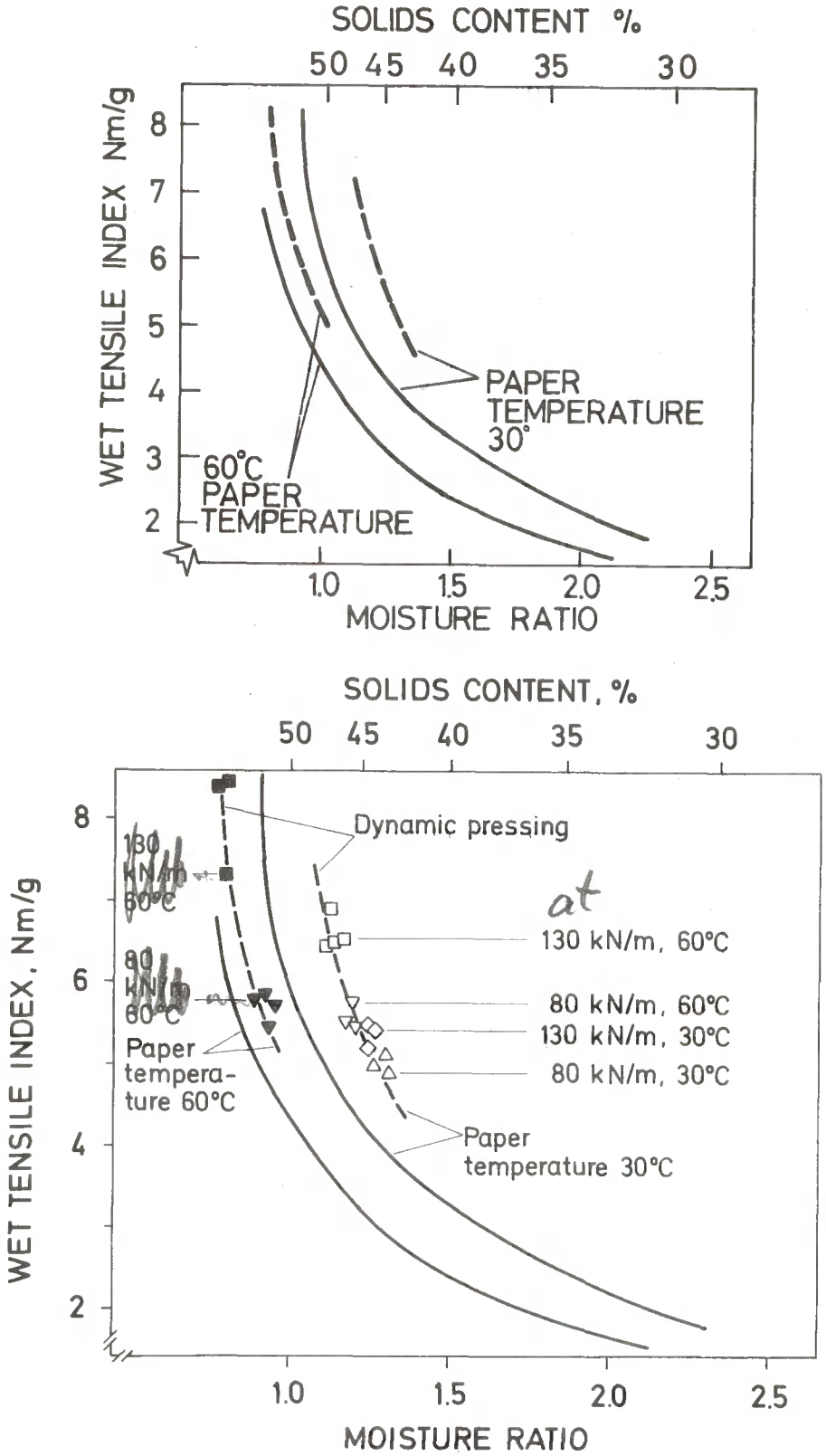
Dynamisk förpressning

Inverkan på initialvåtstyrkan av dynamisk pressning i en pressimulator (17) har studerats på ark som statiskt förpressats till 25 % torrhalt och sedan lufttorkats till 38 % torrhalt. Därpå har ett enkelfiltat, dynamiskt pressnyp med ingående torrhalten 38 % simulerats med två olika pressimpulser, 8 och 13 kPas, vilka vid en maskinhastighet av 600 m/min motsvarar linjetrycken 80 och 130 kN/m. Den utgående torrhalten som funktion av papperstemperaturen (18) visas för ett oblekt sulfatpapper av 120 g/m^2 ytvikt och 17,5°SR i figur 9.



Figur 9. Fuktkvotsminskning, vänstra axeln, och utgående torrhalt, högra axeln, som funktion av presstemperaturen, för oblekt sulfatpapper om 120 g/m^2 och 17,5°SR (18) med ingångstorrhalt 38 %.

Ur cirkulära prov från denna dynamiska pressning har omgående skurits ut rektangulära remsor, som monterats i provningsskåpet, konditionerats och dragprovats. Detta innebär en avdunstning från proven under tillskärningen och konditioneringen, motsvarande ungefär 4-12 torrhalts-% i det aktuella området. Figur 10 visar våtdragindex som funktion av torrhalt och fuktkvot för samma oblekta kvalitet som i figur 9.



Figur 10. Övre delen visar initialvåtstyrkans temperaturberoende för lufttorkade respektive dynamiskt förpressade ark. Den undre delen visar samma data som den övre, men är kompletterad med uppgifter om använda dynamiska presspulser samt presstemperaturer. Den dynamiska pressningen har skett vid två olika linjetryck vid såväl 30°C som 60°C. Oblekt sulfatmassa, 120 g/m² och 17,5°SR.

Det framgår av figur 10 att styrkan konsekvent blir något högre genom kompletteringen med den dynamiska pressningen, särskilt då vid en papperstemperatur av 30°C.

Heldragna linjer för enbart statisk förpressning följd av lufttorkning och mätning vid 30 resp. 60°C. Streckade linjer visar statiskt förpressade ark, förtorkade i luft och sedan dynamiskt pressade vid 38 % som ingångstorrhalt varefter dragstyrkan mätts vid båda temperaturerna.

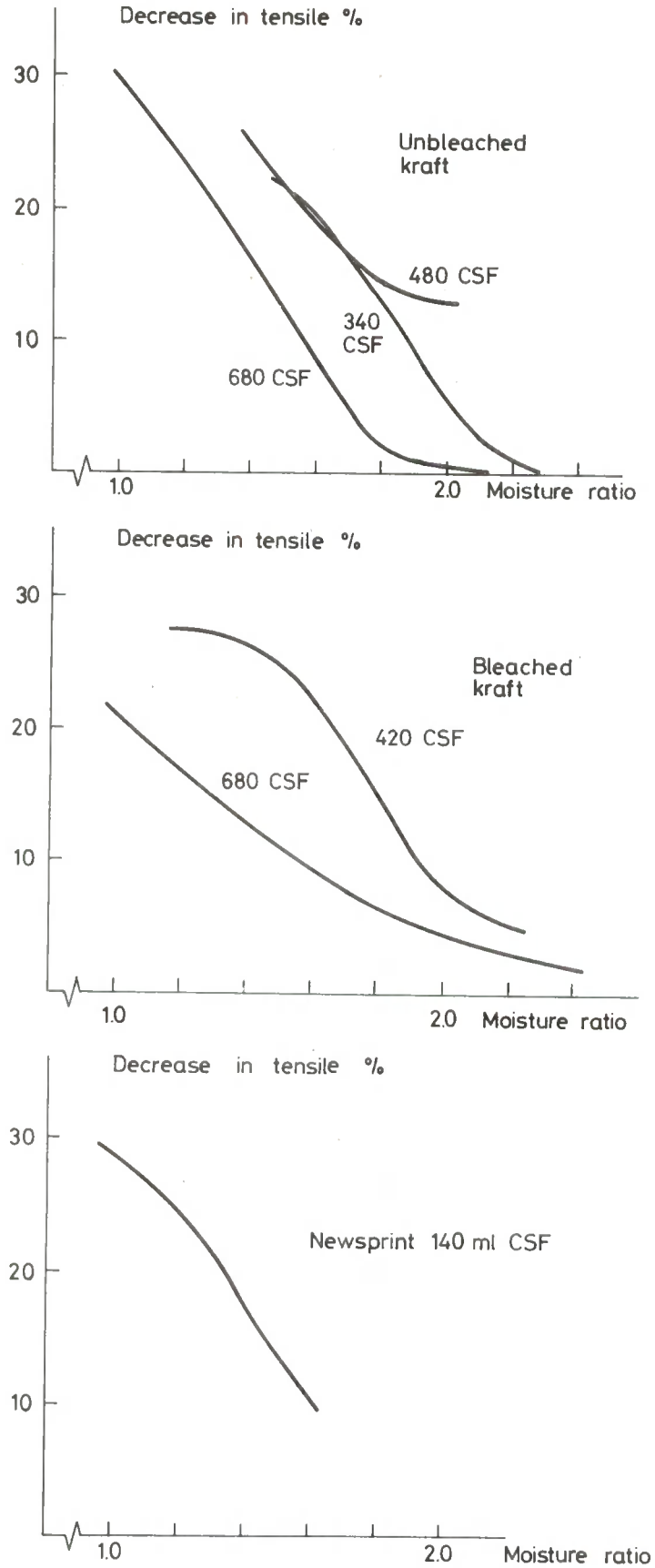
Vid papperstemperaturen 60°C verkar skillnaden mellan dynamiskt och statiskt pressade ark vara något mindre. Skillnaden i våtstyrka mellan 30°C och 60°C bantemperatur blir dock något större vid dynamisk förpressning. Dock har ungefär 5 minuter förflutit efter den dynamiska pressningen innan dragprovning kunnat ske.

Diskussion

Temperaturens inverkan på våtarkets styrkeparametrar

För samtliga mäldkvaliteter sjunker våtdragindex med ökande temperatur mätt vid lika torrhalt. Enligt Salmén och Back (19) sjunker dragindex för torra papper under glastransitionen med ungefär 0,25 till 0,35 % per grad Kelvin. Inom temperaturområdet 225 - 250°C, dvs. strax ovanför glastransitionstemperaturen för cellulosa, sjunker dock dragindex, för ett torrt säckpapper med ungefär 1 % per K (19). För några torkade papperskvaliteter, återfuktade till 15 - 20 % fukthalt var styrkenedgången 0,5 till 1 % per K inom temperaturområdet -15° till +45°C (20). En sådan bindningsbrytning med ökad temperatur kan även förklara styrkenedgången hos aldrig torkade pappersprover, särskilt i torrhaltsområdet över 40 %, dvs. under fuktkvot 1,5 där vätebindningar börjar dominera.

Figur 11 visar den procentuella nedgången i dragstyrka per 30 K dvs. från 30° till 60°C som funktion av fuktkvot för olika malgrader av blekt och oblekt sulfatmassa samt tidningspapper.



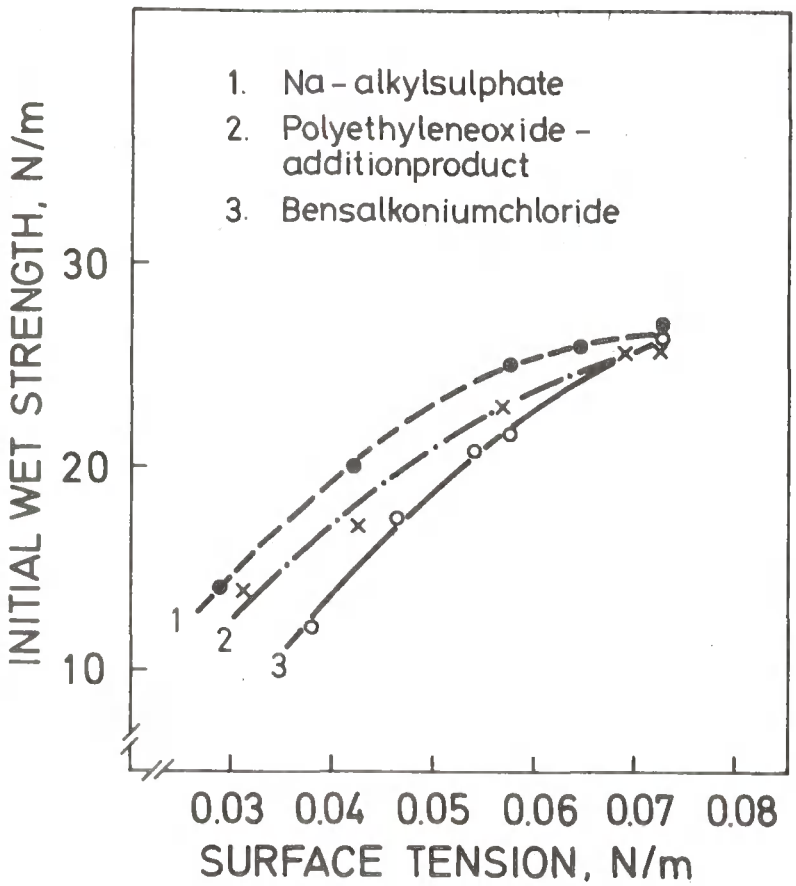
Figur 11 *Procentuell nedgång i dragstyrka, vid en temperaturhöjning från 30 till 60°C, som funktion av fuktkvot hos initialvåta ark.*

Ur figuren framgår klart att den relativa styrkenedgången med temperaturhöjning är störst vid låg fuktkvot t ex kring 1,0 dvs. 50 % torrhalt. Nedgången är inom detta fuktkvotsintervall av storleksordningen 1 % per K, dvs. den är av samma storleksordning som för torra och våta ark ovanför glastransitionen.

Vid malning ökar svällningsgraden hos fibrer, samtidigt som ökad fiberyta utvecklas dvs. mer vatten kan finnas inom fiberväggen och följaktligen mindre mellan fibrerna vid given fuktkvot. Detta innebär att vätebindningar kan börja att utbildas redan vid högre fuktkvot, dvs. lägre torrhalt, för mald massa och den påtagliga styrkenedgången hos våtarket med stigande temperatur inträffar då redan vid högre fuktkvot. Detta framgår ur figur 11.

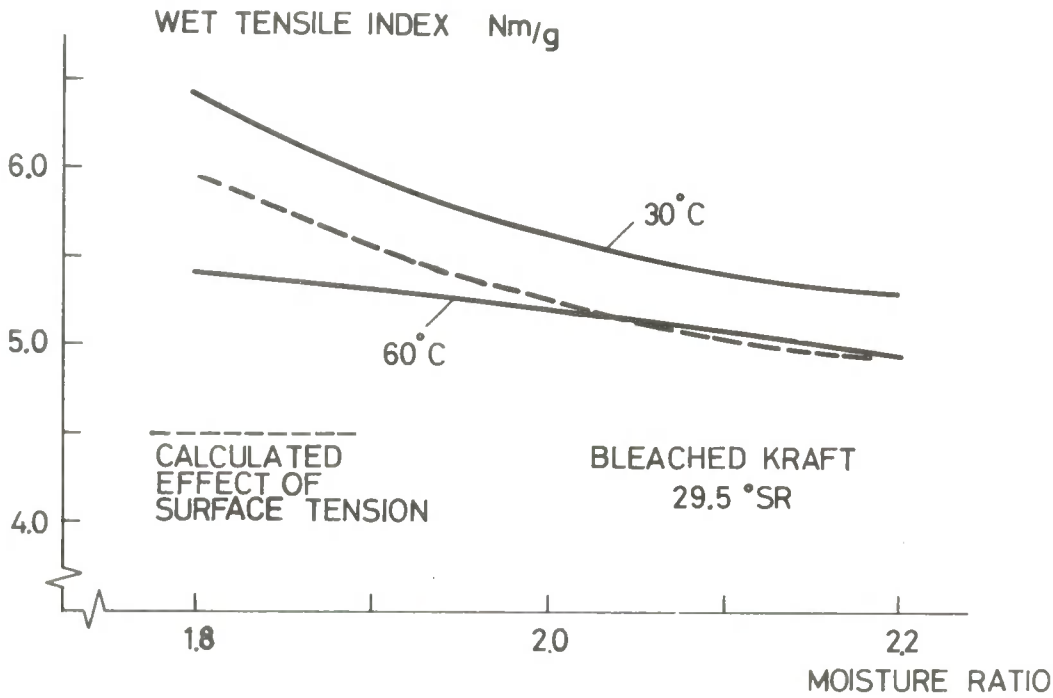
Lyne och Gallay (21) samt Nordman och Evavuo (13), har på olika sätt visat att ytspänningskrafterna i ett våtark, har sitt maximum kring 20 - 25 % torrhalt, dvs. vid fuktkvot 4,0 till 3,0. Lyne och Gallay (21) har kommit till denna slutsats genom att jämföra initialvåtstyrkan hos glasfiberark och sådana av mekanisk massa. Nordman och Evavuo (13) har undersökt våtark innehållande olika ytspänningsnedsättande ämnen, figur 12.

För Na-alkylsulfat som adsorberas lite på fibrerna, sänkes initialvåtstyrkan mindre än i proportion mot ytspänningen. För bensalkoniumklorid som adsorberas kraftigt och därför även reducerar vätebindförmågan föll initialvåtstyrkan ungefär i proportion mot ytspänningen.



Figur 12 Initialvåtstyrkan hos ark formade vid olika ytspänning. Rent vatten har ytspänningen 0,072 N/m. Data enligt Nordman och Evavuo (13).

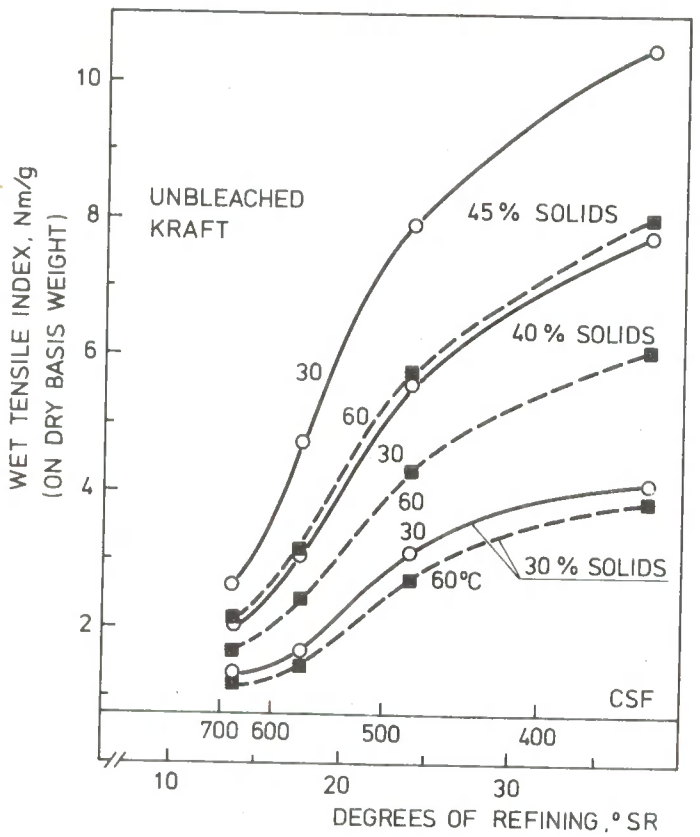
Inom fuktkvotsområdet 2 till 3 dvs. inom 25 - 33 % torrhalt bör initialvåtstyrkan av dessa skäl förväntas falla knappt i proportion till temperaturens betingade ytspänningsändringar. Här faller den initiala våtdragstyrkan vid temperaturhöjning från 30 till 60°C kring fuktkvot 2,0 ungefär i proportion till nedgången i ytspänning, dvs. 0,3 %/K, för att vid ökad torrhalt falla väsentligt mera, se figur 13.



Figur 13 Jämförelse mellan uppmätt initialvåtstyrka vid 30°C och 60°C - heldragna linjer - samt beräknad effekt proportionell mot ytspänningssänkning till 60°C - streckad linje - för en blekt sulfatmassa.

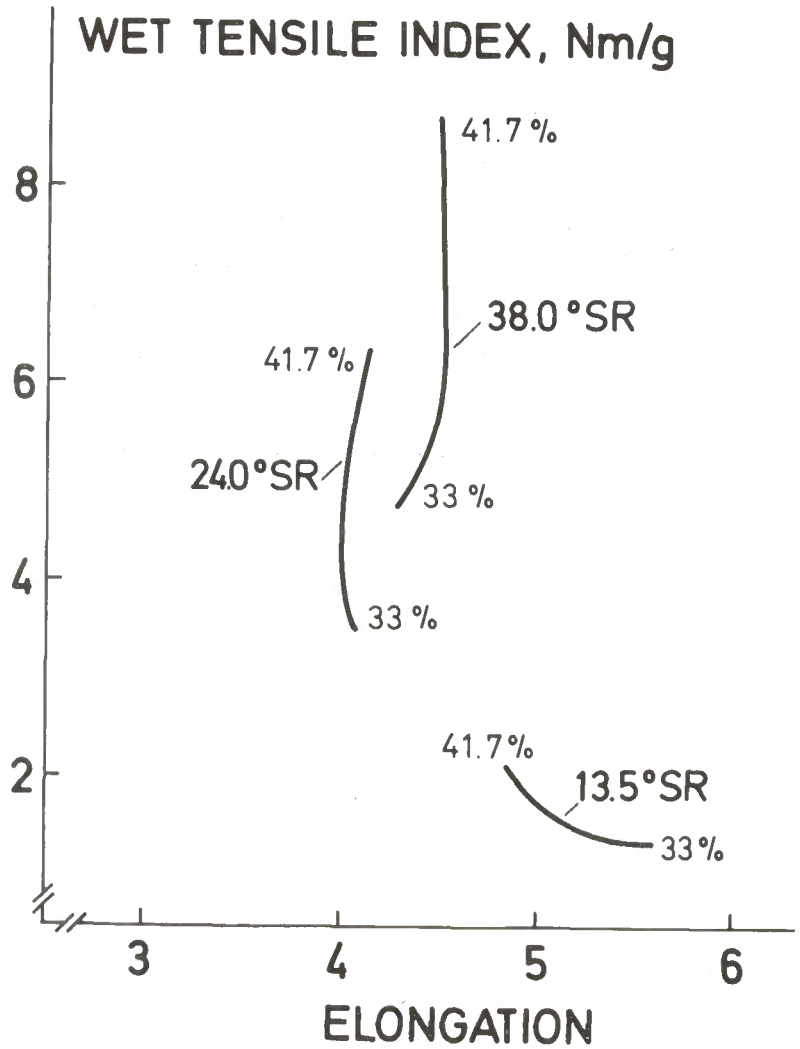
Initialvåtstyrkan ökar kraftigt vid malning. Styrkeskillnaden mellan mald och omald massa vid konstant torrhalt kan bli något större hos våtark än hos torkat papper. Figur 14 visar initialvåtstyrkans malgradsberoende för en oblekt sulfatmassa. Ur figuren framgår åter att temperatureffekten är störst hos torrare ark, här representerat av 45 % torrhalt.

Vid ökande systemslutning minskas ofta malningen något för att på maskinen klara avvattningen och uppbyggnaden av finsubstans i korta cirkulationen. Detta kan innebära en minskad initialvåtstyrka och ökad banbrottfrekvens.



Figur 14 Våtdragindex för oblekt sulfatpapper vid två temperaturer, som funktion av malgraden.

I figur 15 illustreras ytterligare malningseffekten analogt med figur 7, dvs. medelst brottgränskurvor inom ett litet torrhaltsområde.



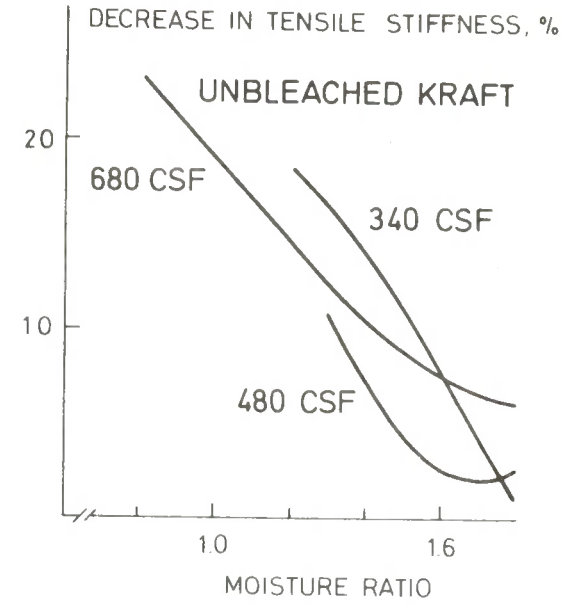
Figur 15 *Brottgränskurvor för ark av oblekt sulfat vid tre malgrader. Kurvornas övre punkter hänför sig till 41,7 % torrhalt, fuktkvot 1,4 och den nedre till 33 % torrhalt, fuktkvot 2,0.*

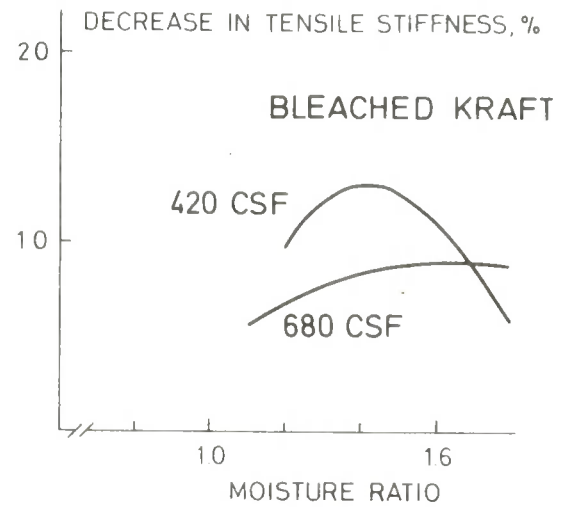
Temperaturens effekt på den initiala våta brottöjningen redovisad i figur 5 kan inte på ett enkelt sätt summeras generellt. För oblekt sulfatpapper, är den initiala brottöjningen påtagligt beroende av malgraden. För omalda ark ökar brottöjningen linjärt med ökande fuktkvot utan någon större inverkan av arktemperaturen. För malda ark blir den initiala brottöjningen så gott som oberoende av fuktkvot, men en temperaturhöjning från 30 till 60°C sänker i nästan alla fall brottöjningen. Ark av blekt sulfat uppträder på samma sätt.

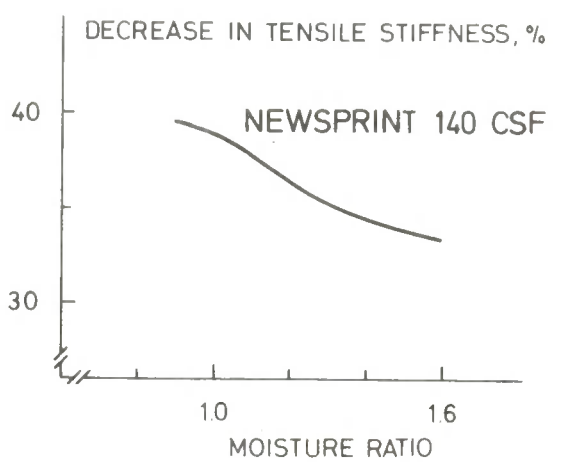
För tidningsmäld ökar brottöjningen med ökande fuktkvot, men är relativt oberoende av temperaturen.

Dragstyvheten, dvs. elasticitetsmodul multiplicerad med arktjockleken, figur 8, sjunker med ökande temperatur. Speciellt markerat är detta för tidningsmäld. Detta illustreras i figur 16 med den relativa ändringen i dragstyvhet för en temperaturhöjning på 30°C.

Brottarbetet påverkas inte speciellt mycket av arkens malgrad för oblekta sulfatpapper, något mera för blekt sulfat. Däremot sänker temperaturhöjningen brottarbetet för alla mälder, vilket framgår ur figur 6.







Figur 16 *Procentuell nedgång i dragstyvhet vid en temperaturhöjning från 30 till 60°C som funktion av fuktkvot. Blekt och oblekt sulfatpapper av olika malgrad samt tidningsmäld.*

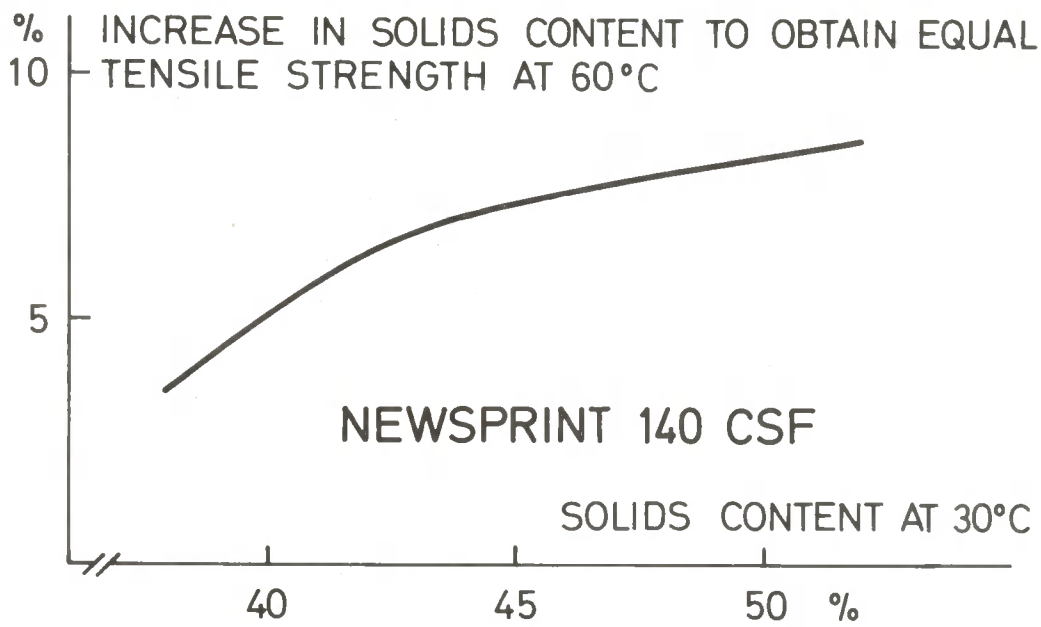
Bantemperaturens inverkan på brottrisken

Figur 7 visar initialvåta brottgränskurvor för oblekt och blekt sulfatmäld samt tidningsmäld, vid bantemperaturerna 30 och 60°C. Även en kurva över töjningen vid 95 % av brottkraften har inlagts. Brottgränskurvorna och de stora skillnaderna i töjbarhet vid full resp. 95 % av brottlasten kan ge en tankeställare med hänsyn till variationerna i banspänning tvärs pappersmaskinen. Generellt förskjuts dock båda brottgränskurvorna mot ett lägre dragindex och en lägre töjning vid högre bantemperatur jämfört vid lika torrhalt så att brottrisken ökar, vilket gäller om inte bättre våtpressning kan kompensera detta med ökad torrhalt.

Fuktstråk ökar givetvis risken för banbrott. Hur ett fuktstråk inverkar på den våta pappersbanans styrke- och töjningsegenskaper framgår ur figur 7. Som ett exempel kan tas en tidningspappersbana med en genomsnittlig torrhalt efter presspartiet på 42 % och en bantemperatur av 60°C. Initialvåtstyrkan i ett fuktstråk med torrhalten 40 % blir då 3,0 % lägre än pappersbanan i övrigt och den våta brottöjningen ökas från 6,2 % till 6,4 %. Vid 30° är den relativa effekten av samma fuktstråk på brottstyrkan 8,0 %. Dessa effekter är förvånansvärt små.

I diagrammen jämförs våtark med lika förpressning. Den positiva densitetsökningen och därav betingad styrkeökning vid varmpressning, har således ej medtagits. Denna dynamiska presseffekt är dock inkluderad i figur 10. Dock har dragstyrkan ej mätts inom sekunder efter våtpressningen, vilket vore önskvärt.

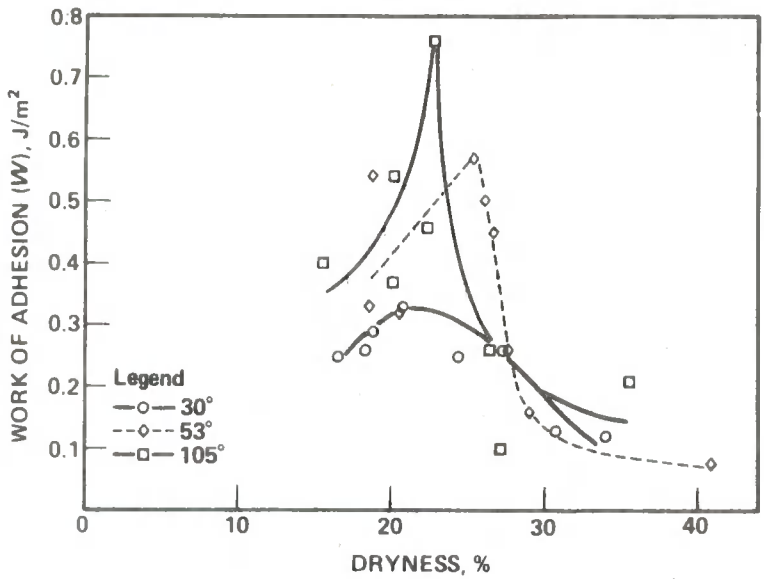
Figur 4 speglar således mera direkt temperatureffekten i början av torkpartiet och överdriver kanske styrkereduktionen vid varm dynamisk våtpressning. Resultaten kan dock i många situationer användas för att uppskatta den nödvändiga torrhaltsökningen med t ex ånglåda för att brottfrekvensen ej skall öka. Som ett exempel ges denna nödvändiga torrhaltsökning för tidningsmäld i figur 17.



Figur 17 Nödvändig torrhaltsökning för bibehållen banstyrka vid en temperaturhöjning från 30 till 60°C som funktion av torrhalten vid 30°C. Figuren är baserad på data från figur 4b och kan t ex gälla brottrisken i det fria draget efter en ånglåda.

I praktiken fyller man inte detta krav på torrhaltsökning med en ånglåda, där man ökar bantemperaturen från 30° till 60°C. Den uppnådda torrhaltsökningen efter presspartiet är för denna typ av mäld endast 1,5 - 2,0 % (18)(22)(23) jämfört med enligt figuren nödvändiga 6 % om brottfrekvensen i första fria draget efter pressen är kritisk.

För tidningspapper kan en minskad adhesion till centralvalsen, antingen genom förhöjd torrhalt eller förhöjd temperatur vara en positiv faktor. För granbaserad tidningsmäld och LWC-mäld med presspartier av twinver- eller fyrvalstyp synes inte banadhesionen mot centralvalsen öka vid användning av ånglåda i presspartiet (23)(24)(25). Enligt (26) minskar t o m adhesionen för tidningspapper till en granityta med ökande torrhalt. Arbetet är dock utfört i laboratorieskala, där man inte kunnat simulera en eventuell uppbyggnad av substans på granitvalsen. Figur 18 från detta arbete illustrerar avtagningsarbetets torrhaltsberoende.



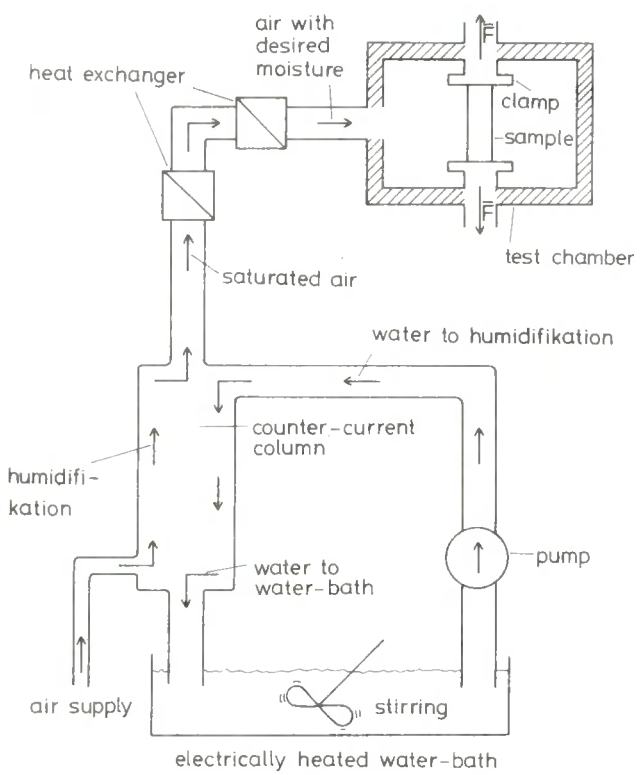
Figur 18 Arbetet att separera ett vått tidningspappersark vid tre avtagningsvinklar, som funktion av arkets torrhalt enligt Oliver (26).

För oblekta sulfatpapper som liner och säckpapper ökar däremot ofta adhesionen mot centralvalsen med temperaturen (27)(28), med ökad brottfrekvens i första öppna draget som följd. Detta beror på att mäldens ursprungliga harts mjuknar med förhöjd temperatur, häftar bättre mot centralvalsen och bygger upp där då. Troligtvis resulterar detta i ett ökat avtagningsarbete och ofta synbart i en ökad avtagningsvinkel. Kombinerat med här redovisad sänkning av banstyrkan vid förhöjd temperatur blir resultatet en kraftigt ökad brottrisk, särskilt för tunnare papper, antingen i presspartiet eller i öppna draget mellan press och torkparti, något beroende på presspartiets utformning. I de båda nämnda fallen (27)(28) finns ett fristående tredje pressnyp, dvs avtagningen från centralvalsen sker när banan är relativt våt i jämförelse med tidningspapper. I ett av fallen (27) möjliggjorde en av oss föreslagen fotogen-tillsats några minuter per skift till centralvalsens spritsvatten att ånglådan nu kan köras. Den uppbyggda hartsfilmen mjuknar ytterligare och kan då schabras av från centralvalsen.

Ur den uppmätta dragstyvhetens temperaturberoende, figur 8, och uppmätt torrhaltsökning vid förhöjd bantemperatur uppskattas hur hastighetsskillnaden över det öppna draget behöver justeras för lika banspänning. I praktiken kan hastighetsdifferensen mellan press och torkparti på tidningspappersmaskiner oftast minskas på grund av den med ånglådan nådda högre torrhalten och därmed följande lägre töjbarhet hos banan. Nedgången i dragstyvhet med ökad temperatur har således kompenserats med ökad torrhalt. På brottöjningen har bantemperaturen för tidningspapper ingen större inverkan.

Experimentella detaljer

Initialvåtstyrkan har uppmätts i en Instron universaldragprovare, modifierad med en mätkammare runt dragprovanordningen som är kopplad till ett konditioneringsaggregat som tillför luft av önskad fuktighet och temperatur. Elektrisk värme i de väl isolerade väggarna minskar risken för kondensbildning och dubbla fläktar i mätkammaren reducerar luftfuktighetsgradienter. Figur 19 visar en principskiss. Själva mätkammaren finns beskriven på annat håll (29).



Figur 19 Principskiss: dragprovningsapparat med mätkammare och konditioneringsaggregat (29).

Dragprovningen sker vertikalt och de använda klämmorna är elektriskt uppvärmda för att undvika brott vid klämman. Dessa har svagt räfflade backar för att minimera vattenströmningen till det fria provarket vid inspänningen. Om provarken ändå gått av vid klämman har mätningen här kasserats.

Konditioneringsaggregatet består av ett vattenbad från vilket förtermostaterat vatten pumpas till toppen av en fyllkropps kolonn, där vattnet i en motström utsätts för ett luftflöde. Lufttrycket före kolonnen samt fläktarnas varvtal styr luftflödet genom kolonnen. För att sedan uppnå önskad luftfuktighet och temperatur finns det två värmeväxlarenheter i serie efter kolonnen. I dessa kan luftströmmen kylas eller värmas.

I redovisade försök har luft av 90 - 95 % r.f. vid två temperaturer, 31 och 62^{o}C tillförts. Pappersproverna kommer då att anta en temperatur som nära ansluter sig till den våta termometerns temperatur. Temperaturen mäts med ett termistorelement, som ligger an mot arket med mycket lågt tryck. Någon reduktion av arkstyrkan beroende på denna termistor har inte noterats vid det använda anliggningstrycket.

Med en hög luftfuktighet i utrustningen minimeras avdunstningshastigheten och reduceras transienta effekter på styrkeegenskaperna (27). Även om den relativa luftfuktigheten hölls vid 100 % skulle en långsam avdunstning från pappersprovet ske då skåpets dörr kan ge upphov till kondensation. Som kontroll av transienta effekter på mekaniska egenskaper genom fuktsorption förändrades fläkthastigheten och därmed också den relativa luftfuktigheten genom att tryckdifferensen mellan mätkammare och konditioneringsaggregat minskar. Dragstyrkan mätt vid lika torrhalt, påverkades ej signifikant av avdunstningshastigheten.

Maskinriktningsorienterade laboratorieark (formette dynamique) (31) tillverkades vid olika laboratoriemalning i vattenledningsvatten med hårdheten 6 mg CaO/l. Ytvikten valdes till 120 g/m^2 för sulfatpapper och 90 g/m^2 för tidningspapper. Arkens längstvärs förhållande valdes till 1,6. Efter formningen förpressades

arken statiskt på ett standardiserat sätt mellan två filtar till ca 25 % torrhalt, beroende på malgrad och massatyp. Önskad torrhalt uppnåddes sedan med lufttorkning vid rumstemperatur. Denna skedde med arken liggande på en grov vira för att minimera den spridning - speciellt i töjning - som hanteringen annars ger upphov till.

Provremsorna monterades i Instron-apparaten vid en ungefär 0,2 enheter för hög fuktkvot. Därefter stängs dörren och klimatet i skåpet förändras inom ca 30 sekunder från rumsklimat till önskad atmosfär. För att säkerställa att provet är vid "jämvikt" fortsatte konditioneringen under ytterligare 2,5 minuter, varvid huvuddelen av det nämnda 0,2 fuktkvotsöverskottet avges. Därefter dras provet av och tas ut ur skåpet för snabb vägning och torrhaltsbestämning. Under detta moment sker en avdunstning, som är huvuddelen av felkällan vid torrhaltsbestämningen. Detta fel har uppskattats till maximalt 0,05 fuktkvotsenheter i det undersökta området.

Dragprovningen skedde vid en töjningshastighet 0,01 m/min, vilket avviker från standard vid våtstyrkeprovning (32), 0,09 m/min. Detta för att minimera spridningen i brottöjning (11). Provremsornas bredd valdes till 28 mm, för att underlätta montering i Instronapparatens klämmor och inspänningslängden valdes till 0,1 m. Pappersremsorna skars till med ett torrt linerark som stödjande underlag. Ur Instronapparatens kraft-töjningsdiagram har arbetet bestämts med planimeter. Med hjälp av provremsornas torra vikt har dess dragindex bestämts.

Mätvärdena i figur 4 - 6 samt figur 8 har anpassats till ett tredjegrads polynom enligt minsta kvadratmetoden. I varje figur finns åtminstone ett exempel på hur stor spridningen i mätdata är. I några fall där antalet mätpunkter är litet har någon polynom anpassning ej utförts.

Den oblekta sulfatmassan var kokad till kappatal 49 och av 70 % Pinus silvestris och 30 % Picea abies. Den blekta sulfat-

massan var kokad till kappatal 35 av Pinus silvestris. Tidningspappersmälden innehöll 28 % kemisk massa, 47 % slipmassa och 25 % TMP. Råvaran för de mekaniska massorna är Picea abies. Malningen av sulfatmassorna skedde i laboratorieholländare.

Tackord

Författarna vill rikta ett tack till Tomas Svahn för hans arbete med provmetoden samt ett tack till Helen Mikaelsson för hennes insats vid genomförandet av det experimentella arbetet. Slutligen riktas ett tack till Styrelsen för Teknisk Utveckling vars finansiella stöd möjliggjort detta projekt.

Svenska Träforskningsinstitutet • Swedish Forest Products Research Laboratory

Box 5604 • S-114 86 Stockholm • Telefon 08-22 43 40 • Telex 10880 Woodres