تأثیر فرایند خشک کردن و فعال‌سازی در کاغذ

رقیه محمودی (ترجمه)

تحصیلات: مهندسی شیمی

کارشناس گروه آسیب شناسی و آزمایشگاه سازمان اسناد و کتابخانه ملی

پست الکترونیکی: roghi-mah 2005@yahoo. Com

تاریخ دریافت مقاله: مهر ماه۱۳۸۹

تاریخ پذیرش مقاله: دی ماه ۱۳۸۹

چکیده:

هدف از این مقاله، بررسی اثر پرس تَر(۱) و خشک کردن(۲) در پیوندهای بین فیبری و فعال سازی این پیوندها در کاغذ است. این پدیده از مهم ترین خصوصیات مقاومتی کاغذ است که مورد مطالعه قرار گرفته و شامل مقاومت پیوند اسکات(۳) و مقاومت کششی می باشد.

در این تحقیق سه نوع خمیر کاغذ مختلف شامل خمیر کاغذ شیمیایی(کرافت) کمی کوبیده شده، خمیر کاغذ مکانیکی گرمایی(TMP)(۴) و مخلوط ۵۰٪ - ۵۰٪ از این دو خمیر کاغذ فوق مورد استفاده قرار گرفته است.

واژه‌های کلیدی:

پیوند(تشکیل پیوند)، فعال سازی، فشار خشک، پرس تَر، چگالی تَر و خواص مقاومتی کاغذ.

۱- مقدمه:

در این تحقیق، برای بررسی اثر نوع الیاف خمیرهای مختلف، خمیر شیمیایی کرافت، خمیر ترمومکانیکی(TMP) و مخلوطی از دو نوع خمیر به نسبت پنجاه به پنجاه استفاده شده است. فشار پرس تَر بر چگالی کاغذ و مقاومت در جهت Z اثر مثبتی داشته است. تأثیر بر چگالی در هر سه نوع کاغذ مشابه بوده و از نظر تأثیر بر پیوندها، بیش ترین تأثیرات بر کاغذ TMPمی باشد.

اما در آزمایش دیگری که با استفاده از فشار خشک انجام شد، نتایج آن بر عکس پرس تَر بوده یعنی چگالی در کاغذ کرافت کمتر شد.

پس از انجام آزمایش، پیوندسازی در کاغذ های TMP تا بیش ترین حد ممکن، کاهش یافت. مقاومت کششی در برگه های کرافت و کاغذ های مخلوط، به دلیل فشار پرس تَر افزایش یافت؛ اما به دلیل مطرح بودن معیارهای کیفی نسبتاً پراکنده، تفاوت این نوع کاغذ از لحاظ علمی چندان مورد توجّه نبود. هم چنین فشار خشک روی استحکام کششی(۵) به ویژه در کاغذهای کرافت، اثر داشت. زیرا تنش بیش تر در آغاز روند خشک کردن، باعث افزایش استحکام کششی شد.

ظاهراً پرس تَر، باعث بهبود استرس در فرایند خشک کردن می شود. نوع خمیر و میزان کشیدگی(٦) که برای کاغذ های مورد استفاده در این آزمایش به کار می رود، نیز باعث بهبود استحکام کششی می شود. بالاترین درجه استرس در فرایند خشک کردن در کاغذ هایی به کار می رود که از خمیر کرافت ساخته شده اند.

پرس تَر، در خمیرهای TMP و مخلوط دو خمیر، فعال سازی را تغییر نداد؛ اما به نظر می رسد در کاغذ های کرافت با افزایش فشار پرس تَر، فعال سازی نیز بهبود می یابد و الیاف خمیر شیمیایی با فعال سازی همخوانی دارند.

افزایش تنش های ایجاد شده در فرایند خشک کردن، اثر منفی بر روی چگالی کاغذهای کرافت داشته است. به نظر می رسد ظاهراً پرس تَر، باعث بهبود تأثیر فشار خشک در طول مدّت زمان خشک شدن می گردد. البته نوع خمیر و میزان کشیدگی که برای کاغذ های مورد آزمایش در این آزمون به کار رفته است نیز باعث تغییر استحکام کششی می شود.

پرس تَر، خاصیت درهم تنیدگی را در شبکه کاغذ بهبود می بخشد و محکم شدن شبکه الیاف، باعث افزایش استحکام پیوندی و تعداد پیوندهای دیگر می شود و این پیوندها به تناوب در الیاف کوتاه تر ایجاد می شوند. شاید با استفاده از این روش، انجام فرایند خشک کردن آسان تر شده و به راحتی شبکه الیاف به دست بیاید، محدوده پیوندی بزرگ تر، باعث به وجود آمدن شرینک قوی تر شده و این شرینک(٧) به سایر قسمت ها منتقل شده و به طور مؤثر در آن نقاط قرار می گیرد.

٢- معرفی:

در فرایند تهیه کاغذ، پرس تَر به عنوان عاملی جهت متراکم شدن شبکه ی الیاف و هم چنین حذف آب از کاغذ تَر محسوب می گردد.

پرس تَر سبب می گردد که الیاف به هم نزدیک تر شده و حتماً با یکدیگر برخورد داشته باشند. در نتیجه الیاف قادرند همزمان با خروج آب از ساختار الیاف، پیوند هیدروژنی تشکیل دهند، این موضوع را می توان به صورت فرایندی بیان نمود که مقاومت کاغذ تر با تجمع الیاف و با تماس دیوارهای سلولی الیاف و هم چنین متلاشی شدن الیاف(در خمیر کاغذ شیمیایی) سبب افزایش پتانسیل اتصال می گردند.

پرس تَر، باعث چگال تر شدن ساختار کاغذها شده و شرایطی را برای پیوندهای بین الیاف فراهم می آورد که تراکم آن ها را افزایش می دهد.

در کاغذهایی که از این روش تهیه می شوند، فشار پرس تَر و تراکم آن ها کاملاً با کاغذهای قبلی متفاوت است: اگر خمیر مکانیکی مهم ترین جزء این افزایش باشد، تراکم کاغذ متناسب با افزایش فشار پرس، تنها اندکی تغییر می کند(افزایش می یابد). این در حالی است که کاغذهای تولید شده از خمیرهای شیمیایی، دارای تراکم بسیار زیادی می شوند.. پرس تَر هم چنین با استفاده از بهبود پیوند، مقاومت کششی کاغذ را افزایش می دهد: یعنی الیاف تماس بیش تری با هم داشته و محدوده ی پیوندی هم بزرگ تر است.

استحکام کاغذ نیازمند پیوندهای بین الیاف است. پیوند، الیاف را به هم متصل کرده و بنابراین چسبندگی داخلی کاغذ را افزایش می دهد. علاوه بر ویژگی های مکانیکی کاغذ، پیوند الیاف هم چنین روی خواص نوری، الکتریکی و ابعاد آن اثر می گذارد.

ساختار پیوندهای بین الیاف متأثر از کوبیدن، پرس و خشک شدن است. عوامل دیگری نیز روی ساختارهای پیوندی اثرگذار هستند که از جمله آن ها می توان به ویژگی های مورفولوژی(٨) و روش های خمیرسازی اشاره کرد. نرمه ها(٩) هم نقش مهمی در تشکیل پیوند دارند.

ویژگی مکانیکی پیوندهای داخلی بین الیاف و اجزای الیاف پیوندی، وابستگی زیادی به فشار خشک دارند و در تمام پیوندهای بین الیاف اثرگذار هستند.

پیوندهای کاغذ هم چنین متأثر از خواص خمیر نظیر نحوه ی کوبیدن خمیر، مقدار خمیر در یک مخلوط، نوع نرمه ها و مواد شیمیایی مقاومت خشک در کاغذ می باشند. فرایند خشک کردن در شبکه الیاف وقتی که

شرینک نهایی الیاف به شرینک در محدوده پیوندی برسد، باعث بهتر شدن پیوند الیاف در شبکه می شود. لازم به ذکر است اگر این شرینک کاهش یابد، الیاف آزاد توسط فشار موجود، خشک شده و بنابراین سستی و شُل بودن شبکه الیاف در کاغذ از بین می رود.

پس نتیجه می گیریم تکه های الیاف و نواحی پیوندی را می توان تغییر داد. عمدتاً فعال سازی شبکه الیاف تحت تأثیر پتانسیل تورم الیاف خمیر و روش های خشک کردن کاغذ است. خواص مکانیکی کاغذهای خشک شده، ارتباط زیادی با فشار خشک نهایی در طول فرایند خشک کردن دارد.

پرس تَر کاغذ را چگال تر نموده و شرایط مناسبی را جهت ایجاد پیوند داخلی الیاف فراهم می نماید. نوع خمیر کاغذ آماده برای تولید کاغذ(فرینش) تا حدودی بر ارتباط بین پرس تَر و دانسیته اثر دارد. اگر خمیر مکانیکی مهم ترین جزء این ساختار باشد، تراکم کاغذ متناسب با افزایش فشار پرس تنها اندکی تغییر می کند(افزایش می یابد) و این در حالی است که کاغذهای تولید شده از خمیرهای شیمیایی، دارای تراکم بسیار زیادتری می باشند.

مقاومت کاغذ نیازمند پیوندهای بین الیاف است. پیوند، الیاف را به هم متصل کرده و بنابراین چسبندگی داخلی کاغذ را افزایش می دهد. علاوه بر این، بر ویژگی های مکانیکی کاغذ، خاصیت نوری و الکتریکی آن اثر می گذارد.

ساختار پیوندهای بین الیاف، متأثر از فشرده شدن، پرس و فرایند خشک شدن است. عوامل دیگری نیز روی باندینگ(۱۰) پیوندها اثرگذار هستند که از جمله آن ها می توان به روش های خمیرسازی و شکل گیری اشاره کرد.

در این تحقیق نیز ما سعی داریم که کنش متقابل بین پرس تَر و فشار خشک را در میزان مقاومت کاغذ مورد بررسی قرار دهیم. ما از این طریق می توانیم تأثیر پرس تَر را در پیوندسازی و فعال سازی الیاف کاغذ تشخیص دهیم.

۳- فرایند:

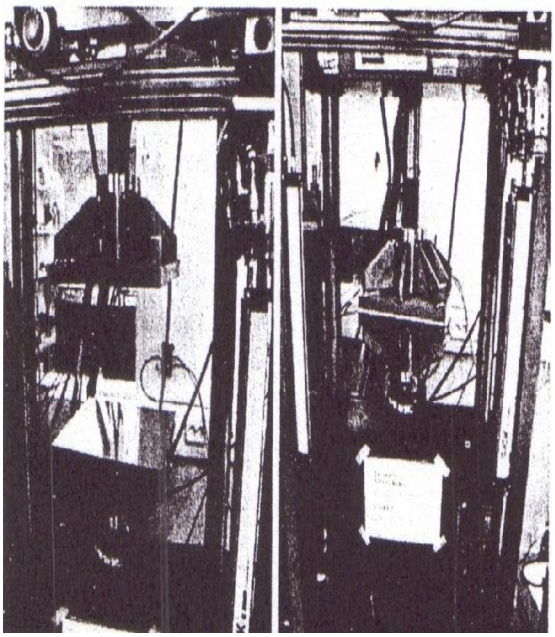
کاغذ های مورد استفاده در این تحقیق از برگه های خمیر ترمومکانیکی(۱۱)، خمیر شیمیایی کرافت و ترکیبی از دو نوع خمیر می باشد.

ابتدا خمیر کرافت به مدّت ۳۰ دقیقه به صورت تکه تکه در دستگاه وِل لی هول لَندر(۱۲) قرار گرفته و سپس به مدّت ۱۵ دقیقه تحت فشار قرار می گیرد. خمیر ترمومکانیک و خمیر ترکیبی، در دستگاه تحت تأثیر حرارت زیاد تجزیه شده و سپس با قالب، کاغذ هایی با ابعاد $۲۴۰\times۲۴۰mm^۲$ از آن ها ساخته می شود.

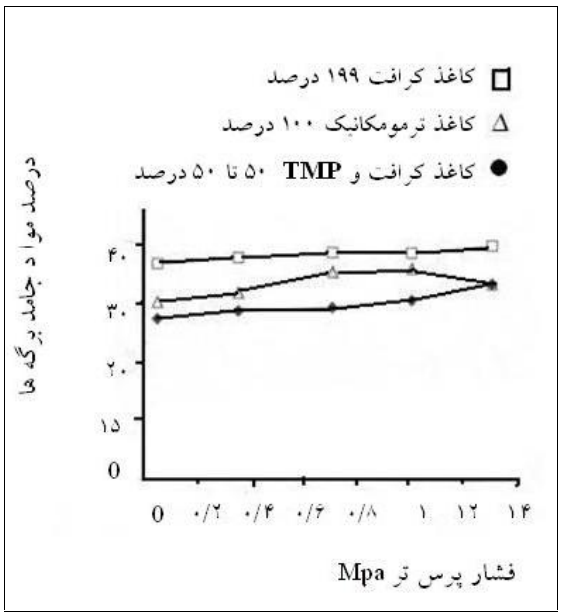
در دستگاه پرس تَر از صفحات مخصوصی به نام صفحه ی پرس(۱۳)، همانند (شکل ۱) استفاده می شود.

هدف از انجام این کار، این است که در حین کاربرد کاغذها، بالاترین و متنوع ترین حد فشار را در پرس تَر به دست آوریم.(شکل ۲)

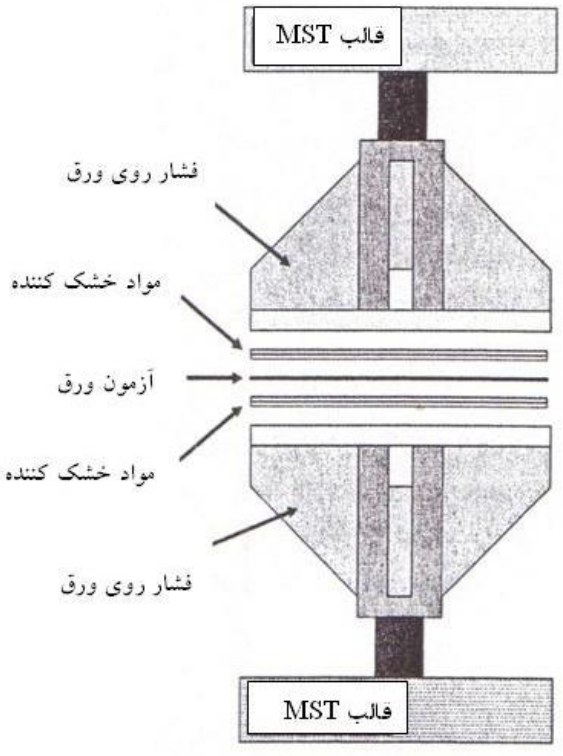
این عمل به وسیله گسترش تعداد خشک کن های هر طرف از دستگاه انجام می شود.(شکل ۳)، فشار پرس تَر بین ۰/۰۵ و ۱/۳ (Mpa)(۱۴) متغیر است. مدّت زمان انجام پرس نیز ۳۰ ثانیه می باشد.



شکل ۱- دستگاه پرس تَر



شکل ۲- قرار گرفتن کاغذها،با بالاترین و متنوع ترین حد فشار در پرس تَر



شکل ۳- دیاگرام عمل پرس تَر

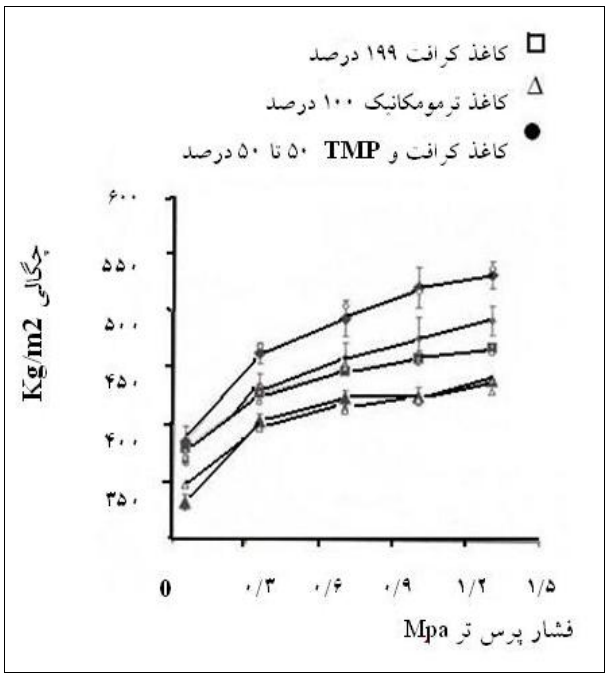
پرس تَر، به دلیل وزن صفحه های پرس باید به آرامی انجام گیرد. هم چنین در حین پرس باید تمام تکان های احتمالی را مهار کرد تا عمل پرس بدون اشکال انجام شود. مواد جامد کاغذ های تولیدی پس از پرس تَر، در کنار نمونه های مشابه صنعتی قرار گرفته و آن دو را با هم مقایسه می کنند.

علاوه بر این، مواد جامد کاغذ های آزمایش نیز با هم فرق دارند، و این تنوع باعث تغییر در تراکم و فشار خشک کن ها می شود.

خشک کردن کاغذ ها در دستگاهی به نام PDR (۱۵) انجام می شود. ابتدا کاغذ به ابزار خشک کنی متصل می شود، سپس فشار کمی به آن ها داده شده و سطح تنش «صفر» ایجاد می شود. پس از این مرحله، خشک کردن کاغذ شروع می شود. این کار به صورت مرحله به مرحله مانند تنفس و تمرین دوباره در ورزشکاران انجام می شود.

۴- دستاورد:

افزایش تراکم باعث افزایش استحکام تمام کاغذهای مورد بحث در این تحقیق می شود؛ حتّی کاغذهایی که ترکیب آن ها از مواد نامرغوب ساخته شده اند(شکل ۴). کاغذ های کرافت از خمیرهای شیمیایی کوبیده شده تهیه شده و چگالی آن ها در بالاترین حد ممکن می باشد.



شکل ۴- دیاگرام افزایش تراکم که منجر به افزایش استحکام کاغذهایی که ترکیب آن ها از مواد نامرغوب می باشند.

در کاغذ های (TMP) نرمه روی تراکم نیز تأثیرگذار است؛ اما الیاف بلند به دلیل خشک بودن نسبی خمیرهای مکانیکی، مانع پیدایش تراکم بالا در شبکه کاغذ می شود. نرمه باعث پر شدن فضاهای خالی بین شبکه ای می شود و هر چه فشار پرس تَر، بیش تر باشد، دوام و طرح کاغذ مرغوب تر خواهد شد. دلیل این امر، آن است که افزایش تراکم در این فرایند به معنای افزایش ذرّات کوچک بین شبکه ای می باشد.

کاغذهایی که از ترکیب کرافت و (TMP) تهیه می شوند دارای کمترین تراکم ممکن هستند، کاغذ های ترکیبی(۱۶)(مخلوط)، ظاهراً هیچ وقت کیفیت مطلوبی نداشته اند.

در مجموع می توان گفت که محدود کردن شبکه الیاف و شرینک در طول فرایند خشک کردن نیز، ساختارهای کم چگال تر را به وجود می آورد. در این تحقیق ظاهراً این موضوع فقط در الیافی اتفاق می افتد که دارای بالاترین میزان پتانسیل شرینک هستند.

تراکم کاغذ های خشک شده در تنش های بالاتر به طور قابل توجّهی فشار ۱/۳ – ۰/۳۵ Mpa را کاهش می دهد.

با افزایش همزمان تراکم و فشار پرس تَر، پیوندها در جهت Z مقاوم تر می شوند.(شکل ۵)

بهبود پیوندسازی توسط افزایش نسبی محدوده پیوندی و تعداد پیوندها میسّر می باشد. بالاترین میزان پیوندسازی در کاغذ های TMP از افزایش نرمه های پیوندی حاصل می شود. تأثیر فشار خشک نیز در مقاومت پیوند در برگه های TMP به اثبات رسیده است. فشار متفاوت در شروع خشک کردن برگه ها، منجر به پیدایش کاغذ های متفاوت با ساختارهای متفاوت می شود.

در کاغذهای کرافت، افزایش پرس تَر، باعث تغییر جزئی و متداوم مقاومت پیوندی می شود. هم چنین اثر فشار خشک، بسیار کمتر از اثر مشابه در کاغذ های TMP می باشد و در کاغذ های ترکیبی، فشار پرس تَر به سختی روی پیوندسازی اثرگذار بود، به گونه ای که در بعضی موارد این فشار قابل مشاهده نبود.

به طور کلی، افزایش فشار پرس تَر، باعث افزایش قابل توجّهی در مقاومت کششی می شود. دلیل عمده این افزایش مقاومت، بهبود پیوندسازی می باشد، پس استحکام شبکه بیش تر می شود و چون نواحی پیوندی، تعداد پیوندها و مقاومت پیوند همگی افزایش یافته اند، این خاصیت را بیش تر در کاغذ های کرافت شاهد هستیم(شکل ۶)، زیرا مقاومت کششی تقریباً به طور خطی افزایش یافته است.

به هر حال، تنوع مقاومت کششی بسیار زیاد می باشد، تفاوت های فراوانی بین بالاترین و پایین ترین نقطه فشار پرس تَر، وجود داشت، مقاومت تا حدود ۱۵ الی ۲۰ درصد از فشار ۰/۰۵ Mpa بوده و تا ۱/۳Mpa جدا از سطح فشار پیش رفت. افزایش فشار خشک اثر خوبی روی مقاومت کششی داشته و اگر تفاوت عمده ای در مقادیر مواد ترکیبی وجود نداشته باشد، این خاصیت را می توان در کاغذ های TMP و کاغذ های ترکیبی نیز مشاهده کرد.

در شکل های ۸، ۹ و ۱۰ وضعیت پیوندسازی را مشاهده می کنید. درضمن تأثیر پرس تَر و فشار خشک نیز نشان داده شده است. در کاغذ های (TMP)(شکل ۸)، فشار پرس تَر باعث به وجود آمدن پیوندهای قابل توجّه می شود.

از طرف دیگر، فعال سازی چندان از این فرایند متأثر نبود. پرس تَر نمی تواند استحکام اولیه و الیاف بلند کاغذ TMP را همانند نمونه کرافت(شکل۹) متأثر کند.

همان طور که قبلاً هم اشاره کردیم، افزایش فشار خشک باعث پیوندسازی منفی می شود و هر چه ظرفیت پیوندسازی اولیه بالاتر باشد ظاهراً این پیوندسازی محدودتر می شود.

فعال سازی با افزایش فشار خشک، افزایش یافته، به ویژه در کاغذ های کرافت که شبکه الیاف آن بسیار گسترده می باشد.(شکل ۹)

در کاغذ های کرافت یا کاغذ های ترکیبی(شکل ۱۰) پرس تَر در ظاهر تأثیر چندانی در بهبود پیوندسازی نداشت.

تشریح پرس تَر، بسیار مشکل است؛ اما ممکن است این فرایند باعث تغییر پیوندسازی شود، ممکن است محدوده پیوندسازی بزرگ تر و افزایش تعداد پیوندها، باعث کاهش طول آزاد الیاف شود. این روش محدوده پیوندسازی را افزایش می دهد و دلیل آن تنها وجود پیوندهای بزرگ تر و بیش تر نیست، بلکه فشار نیز به دلیل وارد شدن در شبکه الیاف، اثر خود را بجای می گذارد.

۵- نتیجه گیری:

پرس تَر، تأثیر زیادی در مقاومت های کاغذ دارد، تراکم و پیوندسازی برحسب نوع خمیر افزایش می یابد: در کاغذ های TMP، وجود نرمه و عملکرد مشابه پرس تَر، به طور متوالی باعث افزایش دوام قابل توجّه آن ها می شود.

استحکام کششی در برگه های TMP چندان از پرس تَر متأثر نیست، البته همه انتظار دارند که افزایش محدوده ی پیوند، باعث افزایش مقاومت کششی شود.

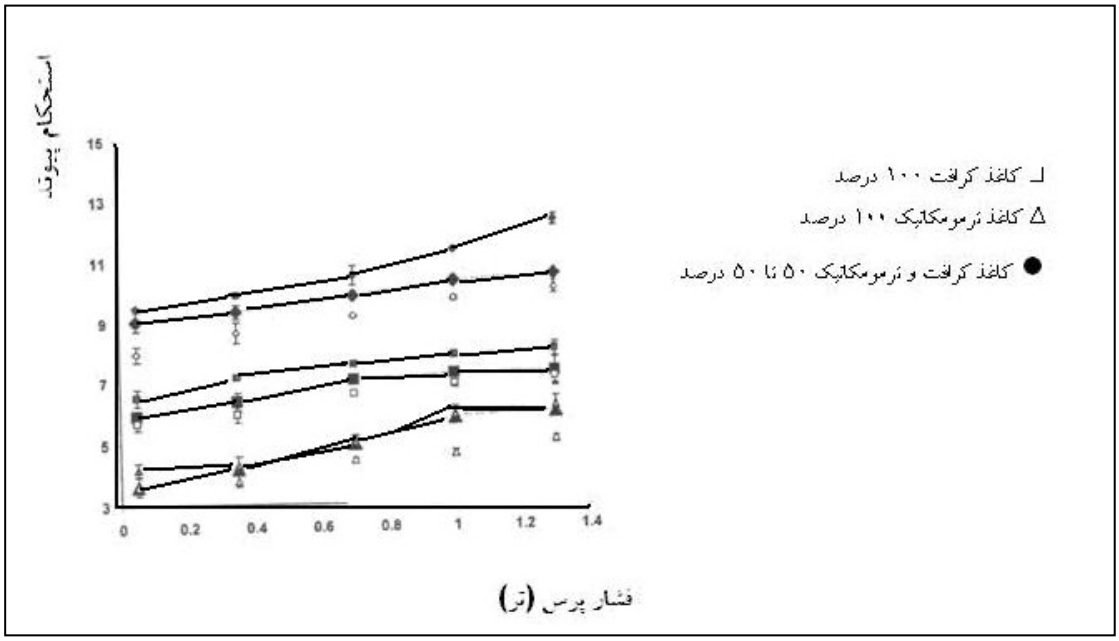
در کاغذ های کرافت، تأثیر تراکم و پیوندسازی چندان قابل توجّه نیست؛ اما مقاومت کششی کم و بیش به طور خطی، تأثیر فشار پرس تَر را افزایش می دهد.

در کاغذهای ترکیبی، ظاهراً شباهت هایی با کاغذ های کرافت وجود دارد، چون در پیوندسازی، تراکم و مقاومت کششی باعث افزایش اثر فشار پرس تَر می شود.

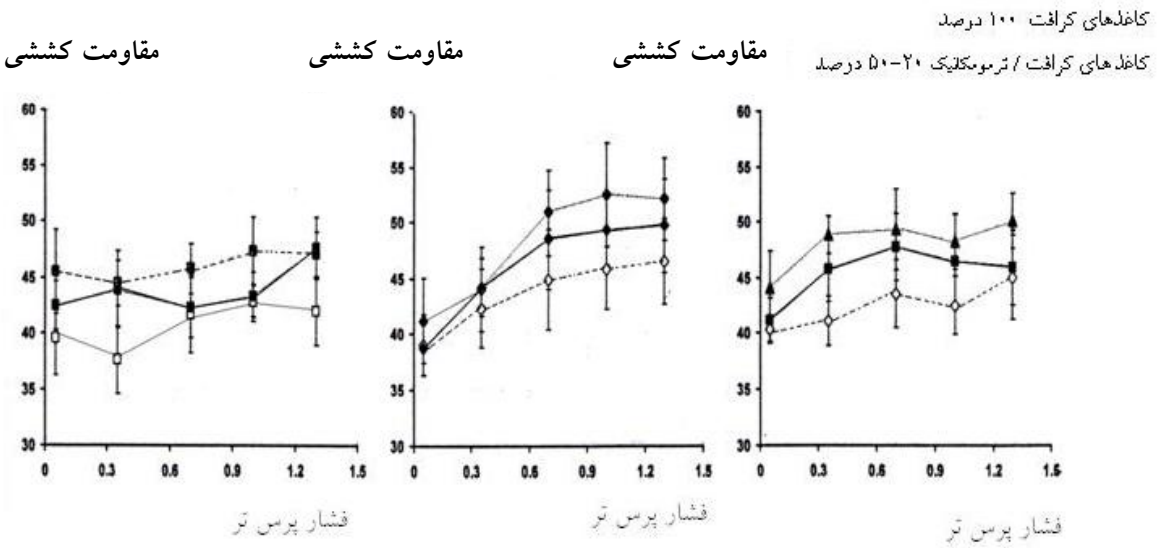
ظاهراً پرس تَر، بر روی فعال سازی شبکه الیاف در کاغذ های کرافت نیز تأثیر دارد. افزایش پرس تَر، باعث افزایش فشار خشک در تمام کاغذهای آزمایشی می شود؛ اما این تأثیر بیش تر در کاغذهای کرافت اهمیت دارد.

الیاف خمیر شیمیایی، خاصیتی دارند که برای فعال سازی عملکرد خوبی از خود نشان می دهند؛ اما به نظر می رسد پرس تَر سود و منفعت بیش تری در فرایند فعال سازی داشته باشد. استحکام یک شبکه باعث افزایش نسبی محدوده پیوندسازی و تعداد پیوندها می شود. این امر به نوبه خود، طول الیاف آزاد را کاهش می دهد، پس با این شرایط، فشار خشک به شبکه الیاف منتقل می شود.

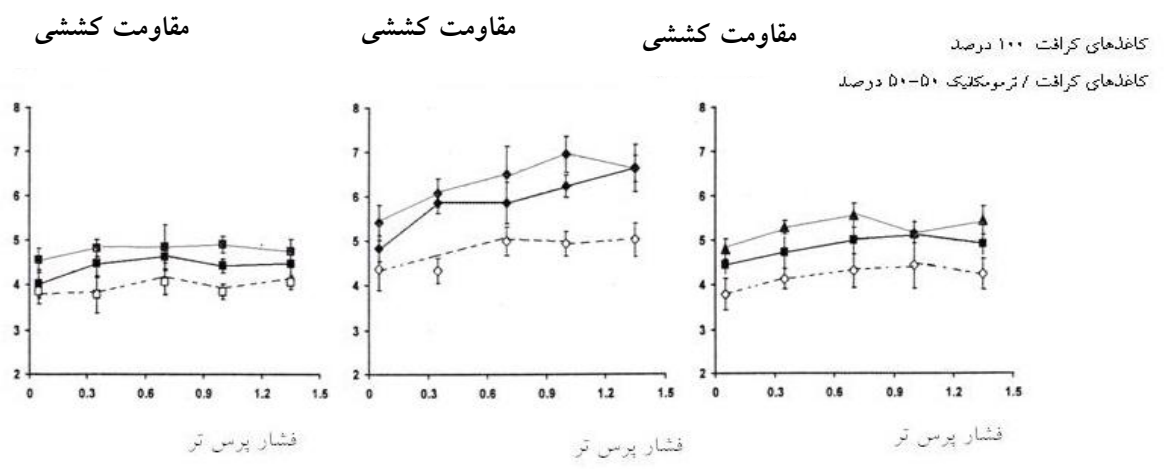
در زمان مقایسه تأثیرات پرس و فشار، عجیب ترین نتیجه گیری این است که تأثیر هر دو عامل در تراکم کاغذ، مقاومت در جهت Z (مقاومت پیوند اسکات) و مقاومت کششی در ظاهر با هم برابر بودند. در کل، فرضیه این است که به عنوان مثال تراکم می تواند متأثر از پرس دستگاه کاغذ باشد و نتایج این تحقیق تا حدودی بیانگر تأثیر فرایند خشک سازی در میزان تراکم کاغذ است.



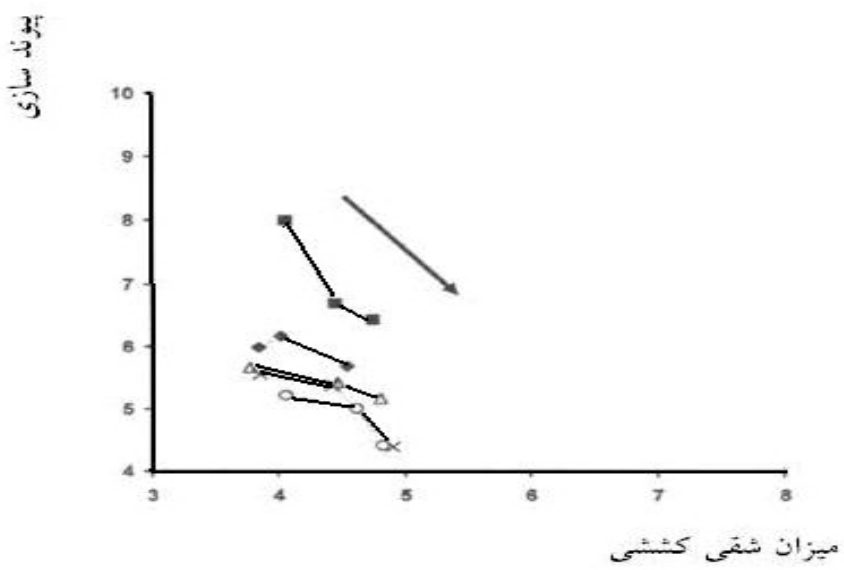
شکل ۵- افزایش همزمان تراکم و فشار پرس تَر که منجر به مقاوم شدن پیوندها در جهت Z می شوند.



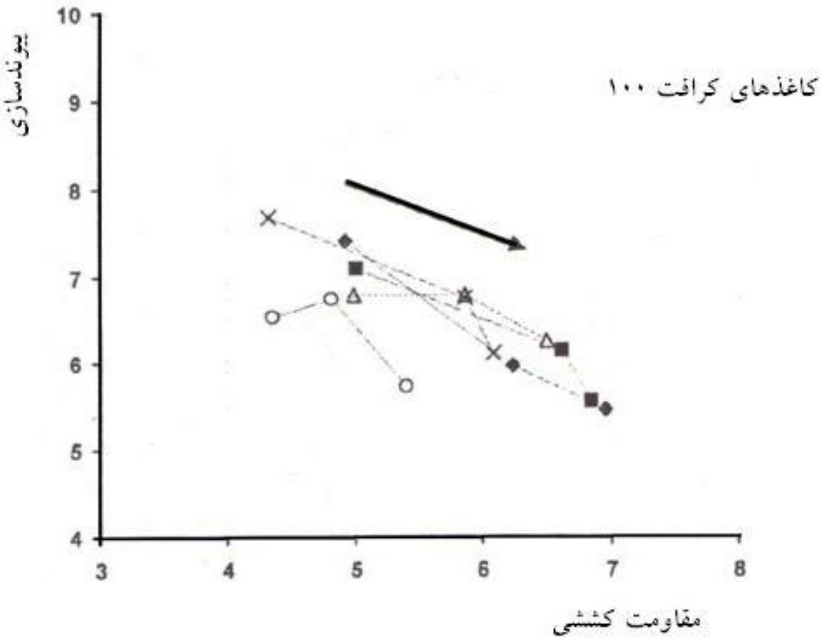
شکل ۶- مقاومت کششی در نقاط مختلف آزمون



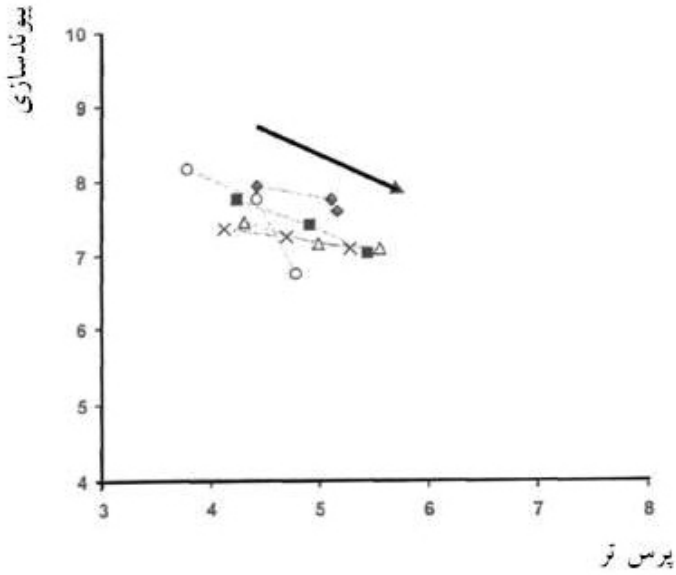
شکل ۷- استحکام کششی در نقاط مختلف ترمومکانیک ۱۰۰ درصد



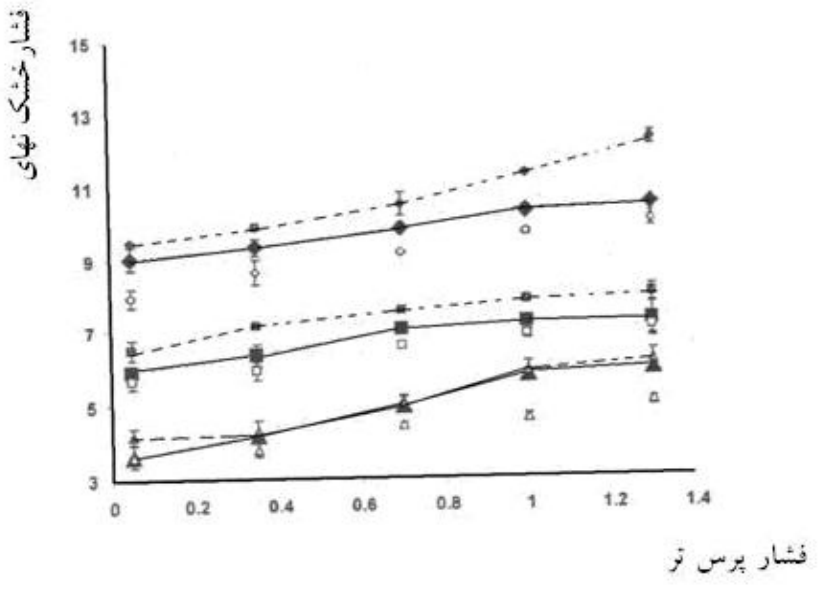
شکل ۸- رابطه بین پیوند و فعال سازی در کاغذهای ترمومکانیک



شکل ۹-رابطه بین پیوند و فعال سازی در خمیرهای کرافت- ترمومکانیک



شکل ۱۰- رابطه بین پیوند و فعال سازی در خمیرهای کرافت و ترمومکانیک



شکل ۱۱- انتهای فشار خشک درنقاط مختلف آزمون

۶- پانوشت:

1. Wet pressing
2. Drying
3. Scott bond
4. Thermo mechanical pulp
5. Tensile strength
6. Initial strain
7. Shrink
8. Morphology
9. Fines
10. Bonding
11. Bleached pulp
12. Valley Hollander
13. Sheet forming
14. Mega paskal
15. Paper drying rheometer
16. Mixture

۷- منابع:

1. Anna vainio(Anna, Vainio @ tkk.fi), Hannu. "The effect of wet pressing and drying on bonding and activation in paper".Paulapuro(hannupaupuro@tk.fi): Helsinki university of technology, Tkk, laboratory of paper and printing technology. p.o.box 6300, FI-02015 TKK, finland. Nordic pulp& paper research journal 22(4). 2007.

آدرس نویسنده:

خیابـان میردامـاد - خیابـان حـصاری - نـبش کوشـا - ساختمان گنجینه سازمان اسناد ملّی - طبقه پنجم.