Archive of SID

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل
جلد بیستم و سوم، شماره اول، ۱۳۹۵
http://jwfst.gau.ac.ir

آهاردهی مقوای بازیافتی– بکر با مهندسی ناهمگن لایه‌ای توسط الکیل کتین دایمر (AKD) در شرایط خنثی و قلیایی

شکوفه الیاسی بختیاری[۱]، *حسین جلالی ترشیزی[۲] و حسین رسالتی[۳]

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد، گروه مهندسی فناوری سلولز و کاغذ، دانشکده مهندسی فناوری‌های نوین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، [۲]استادیار، گروه مهندسی فناوری سلولز و کاغذ، دانشکده مهندسی فناوری‌های نوین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، [۳]استاد، گروه مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری

تاریخ دریافت: ۱۳۹٤/۰۲/۱۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٤/۰۵/۱۲

چکیده

سابقه و هدف: در بسیاری از مصارف کاغذ و مقوا، مقاومت در برابر جذب مایعات دارای اهمیت است که این ویژگی از طریق اعمال موادی شیمیایی برای آبگریزکردن ساختار کاغذ میسر می‌گردد. به این فرایند، آهاردهی اطلاق می‌شود که به دو صورت درونی و سطحی قابل انجام است که آهاردهی درونی به مراتب رایج‌تر است. لزوم و مشوق‌های استفاده از الیاف بازیافتی و نیز تأمین ویژگی‌های موردنیاز در محصول، ایده لایه‌ای کردن مهندسی تولید کاغذ و مقوا برای تأمین و تطبیق شرایط و الزامات را برجسته نموده است. هدف از این پژوهش، تأثیر آهاردهی درونی مقوای چندلایه با آلکیل کتن دیمر بر ویژگی‌های مقوایی است که در لایه‌های مختلف آن از ترکیب متنوع و ناهمگنی از الیاف استفاده شده است.

مواد و روش‌ها: مقوای چندلایه‌ای (گراماژ $۳۳۰ gr/m^2$) با الگوی لایه‌گذاری مهندسی ناهمگن خمیرکاغذهای بکر و بازیافتی، توسط آهار آلکیل کتین دایمر (AKD) به‌میزان یک درصد براساس جرم خشک خمیرکاغذ؛ در دو شرایط کاغذسازی خنثی و قلیایی آهاردهی درونی گردید. سپس تأثیر

*مسئول مکاتبه: h_Jalali@sbu.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

شرایط مورد بررسی بر ویژگی‌های جذب آب لایه‌های روئی و پشتی (آزمون کاب)، حجیمی، درخشش، زبری سطح و مقاومت‌های مقوای بازیافتی- بکر مورد پژوهش قرار گرفت.

یافته‌ها: به‌طور کلی ماهیت واکنش‌پذیری مستقیم آلکیل کتن دیمر کاتیونی با سلولز، منجربه بهبود ویژگی‌های مقاومتی و نیز جذب آب مقوا در مقایسه با عدم کاربرد AKD شده است. ایجاد مقاومت به جذب آب در شبکه الیاف پس از پیوندیابی الیاف روی داده و مانع مؤثری در پیوندیابی الیاف نبوده‌است. در شرایط قلیایی تمامی ویژگی‌های مورد بررسی به‌ویژه جذب آب و مقاومت‌های مقوا در مقایسه با شرایط خنثی، بهبود قابل توجهی را تجربه نموده‌است. در شرایط قلیایی، به‌دلیل یونیزه‌شدن بیشتر گروه‌های کربوکسیل سطح الیاف، اتصال بهتر و بیشتر الیاف با AKD که عامل آهاردهی کاتیونی است، پدید آمده و کاهش جذب آب و همچنین امکان پیوندیابی بیشتر اجزای دوغاب را فراهم ساخته‌است. از طرفی نیز واکشیدگی بیشتر اجزای دوغاب و همچنین افزایش نیاز کاتیون‌خواهی سطح الیاف در شرایط قلیایی، ماندگاری نرمه‌ها و پیوندیابی بین الیاف را افزایش داده و صافی سطح بهتری را نیز در ورقه کاغذ رقم زده است.

نتیجه‌گیری: آهاردهی مقوای چندلایه با AKD منجربه کاهش جذب آب لایه‌های روئی و پشتی و نیز زبری سطح مقوا گردید. افزایش حجیمی و ویژگی‌های مقاومتی کشش، سفتی خمشی و پیوندیابی بین لایه‌های مقوا ناشی از آهاردهی مزبور مشاهده گردید، در حالی‌که تأثیری در درخشش مقوای دوپلکس نداشته است. بهبودهای اشاره شده به افزایش پیوندیابی الیاف و نیز لایه‌های مقوا با یکدیگر توسط AKD نسبت داده شد که سپس پرورده شدن این عامل آهاردهی در محیط خشک کن منجربه ایجاد ماهیت آبگریزی در ساختار مقوا و جذب آب کمتر آن می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: آهاردهی، مقوای بازیافتی چندلایه مهندسی، AKD، جذب آب، ویژگی‌های مقاومتی

مقدمه

اغلب انواع کاغذ و مقوا به‌ویژه آن‌هایی که برای مصارف بسته‌بندی استفاده می‌شوند، نیازمند مقاومت در برابر نفوذ و خیس شدن توسط مایعات هستند. چرا که الیاف مورد استفاده در کاغذسازی ذاتا آبدوست بوده و تمایل شدیدی برای واکنش و جذب رطوبت دارند. ایجاد مقاومت در برابر جذب

www.SID.ir

Archive of SID

آب در فراورده‌های کاغذی که ماهیتی متضاد با ذات این فراورده‌ها شناخته می‌شود، از طریق فرایندهای آهاردهی میسر می‌گردد. در فرایندهای آهاردهی از مواد شیمیایی برای آبگریز کردن ساختار کاغذ و ایجاد خاصیت دفع آب استفاده می‌شوند. چنانچه مواد شیمیایی مزبور به سوسپانسیون خمیرکاغذ افزوده شوند، آهاردهی درونی و چنانچه بر سطح کاغذ تولیدشده اعمال گردند، آهاردهی سطحی را رقم می‌زنند (۲). آهاردهی درونی به مراتب از رواج و مقبولیت بیشتری برخوردار بوده و بیش از دو قرن است که در صنایع تولید کاغذ و مقوا استفاده می‌گردد. تا سال ۱۹۸۰ میلادی، روش اصلی به‌کار رفته در اغلب کارخانجات مزبور، آهاردهی داخلی آلوم- روزین بوده، لیکن پس از آن و تا به امروز عوامل آهاردهی مصنوعی واکنش‌پذیر با سلولز نظیر ASA[1] و AKD[2] از رشد و مطلوبیت روزافزونی برخوردار گشته‌اند. به‌دلیل مشکلاتی همچون هزینه‌های آهاردهی سطحی و الزام به ایجاد برخی تغییرات فرایندی، تمایل به آهاردهی درونی و بهبود سازوکار و شرایط آن کماکان وجود دارد (۳ و ٤). از سویی دیگر، یکی از تغییرات عمده در فرآیندهای کاغذسازی، تمایل به کاغذسازی در شرایط خنثی و قلیایی به‌دلیل مزیت‌های فراوان آن در مقایسه با سیستم‌های اسیدی آلوم- روزین است (۳، ٦ و ۱۲)؛ چرا که کاغذسازی در شرایط اسیدی مشکلاتی نظیر خوردگی تجهیزات، زرد و تردشدن[3] کاغذ تولیدی و پایین بودن مقاومت‌های کاغذ تولیدی را در پی دارد (۲). آهاردهی کاغذ در شرایط خنثی و قلیایی با استفاده از ترکیبات سنتزی انجام می‌شود (۲). از جمله مزایای عمده این نوع آهارها، عدم نیاز به ماده‌ای تثبیت‌کننده مانند آلوم است. همچین کاربرد آهار آلوم و روزین اثراتی نامطلوبی بر سایر ویژگی‌های کاغذ نیز دارند. به‌عنوان مثال روزین بر عملکرد مواد براق‌کننده نوری[4] از طریق جذب طیف‌هایی از نور UV که برای فعال‌سازی آن موردنیاز است، اثر منفی داشته، لیکن AKD از تأثیر نامطلوب به‌مراتب کمتری برخوردار است. از این رو در تحقیقات اخیر، تلاش‌ها در جهت استفاده از آهارهای متناسب با شرایط pH خنثی تا قلیایی در فرایندهای تولیدی است. به‌عنوان مثال، راونجک و همکاران (۲۰۰۵) سینتیک رسوب ذرات کلوییدی AKD بر سطح الیاف خمیرکاغذ کرافت رنگبری شده سوزنی برگان را بررسی کرد که بر اساس آن از مدل ریاضی مبتنی‌بر تعداد (فراوانی) برخورد ذرات کلوییدی استفاده گردید (۹). نتایج نشان داد که با افزایش میزان مصرف آهار، سطح پوشش یافته

1- Alkenyl succinic anhydride
2- Alkyl ketene dimer
3- Brittleness
4- Optical Brightening Agents

www.SID.ir

Archive of SID

با آهار به‌دلیل افزایش احتمال برخورد ذرات آهار به سطح خمیرکاغذ افزایش می‌یابد که البته در مقادیر کاربرد حداکثر آهار، شدت این اثر کم‌تر می‌شود. همچنین در این پژوهش، نشاسته‌ی کاتیونی به‌عنوان تثبیت‌کننده AKD در تقویت پیوند بین AKD و الیاف تأثیرگذار معرفی گردید. احمد و همکاران (۲۰۰۷) در پژوهشی در راستای گذار از کاغذسازی خنثی به قلیایی برای کاربرد پرکننده GCC، سه نوع AKD متفاوت را در سه سطح مصرف ۱ درصد، ۱/۲ درصد و ۱/۵ درصد بررسی و با مقایسه مقادیر جذب آب، مؤثرترین نوع AKD را برای کارخانه مورد پژوهش انتخاب نمودند. نتایج نشان داد تغییر میزان جذب آب در رول کاغذ بسیار گسترده بوده و در سطح مصرف بالاتر AKD، کاهش بیشتری در مقدار جذب آب، مشاهده نشده است (۱). لیندشتروم و همکاران (۲۰۰۸) در مطالعه‌ای با هدف افزایش اتصال AKD به سطح الیاف سلولزی، ویژگی‌های آن را مورد بررسی قرار داده و دریافتند که برای اتصال محکم‌تر مواد آبگریز بر سطح الیاف، باید چند نکته را مدنظر داشت: ۱- کاربرد درصدهای پایین (کم‌تر از ۱ درصد بر مبنای جرم خشک خمیرکاغذ) آهار AKD در صورت امکان ۲- پایداری امولسیون AKD چراکه پایداری در پراکندگی یکسان آهار مزبور بر سطح الیاف تأثیرگذار است ۳- برقراری تعادل بین واکنش‌های هیدرولیز و استری شدن (۷). همچنین تودروا و همکاران (۲۰۰۸) تأثیر آهاردهی با AKD بر نحوه عملکرد دوغاب خمیرکاغذ و ویژگی‌های کاغذ را بررسی و نشان‌دادند که AKD، اثر مثبتی بر آبگیری از دوغاب خمیرکاغذ داشته، کدورت و میزان ماده جامد پراکنده در آب سفید را کاهش و درجه روشنی کاغذ نیز در حدود ۰/٤ درصد افزایش یافته است (۱۰). بنابراین در پژوهش حاضر، تأثیر کاربرد آهار AKD در مقوای چندلایه واجد ویژگی‌های ناهمسان در لایه‌های مختلف؛ هدف بررسی قرار گرفت تا ضمن پاسخگوئی به نیاز کارخانه خمیر و کاغذ اترک به‌عنوان بزرگترین صنعت تولید مقوای بسته‌بندی کشور، تأثیرگذاری آن بر مهمترین ویژگی‌های کاربردی مقوای دوپلکس[1] مزبور در دو شرایط pH خنثی (۷) و قلیایی (۸/۵) مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

کارخانه صنایع خمیر و کاغذ اترک، بزرگ‌ترین مجتمع تولید مقوای چندلایه از مخلوط عمدتاً کاغذهای بازیافتی و نیز بکر است که برای حصول به نتیجه مطلوب، چیدمان و ترکیب هر لایه از

1- Duplex

www.SID.ir

Archive of SID

الگویی مهندسی پیروی می‌کند. در پژوهش حاضر نیز در هریک از لایه‌های چندگانه مقوای آزمایشگاهی تهیه شده، همانند الگوی مهندسی شده فرایند تولید از خمیرکاغذهای متفاوتی استفاده گردید و از سوسپانسیون خمیرکاغذهای مصرفی همان واحد استفاده گردید. هدف از الگوی مهندسی به‌کار رفته در تولید مقوای مزبور از کاغذهای متنوع بازیافتی، تأمین ویژگی‌های موردنیاز فراورده با استفاده از موادی واجد بیشترین قابلیت برای هر لایه و نیز اقتصادی بودن تولید بوده است. گراماژ مقوای تولیدی gr/m^2 ۳۳۰ بوده و ساختار مهندسی شده چهارلایه مقوای مزبور عبارتند از: لایه روئی[1] با گراماژ gr/m^2 ۵۰ و درجه کندی (^oSR) ۵۹ متشکل از خمیرکاغذ پالایش شده با درجه روشنی بالا و مخلوطی از خمیرکاغذهای بکر CMP (۵ درصد) و سوزنی‌برگان[2] (۳۰ درصد) و بازیافتی حاصل از کاغذهای کناره‌بری سفید و تمیز چاپخانه‌ای (PWC)[3] (٦۵ درصد) بوده‌است. لایه زیری[4] با گراماژ gr/m^2 ۵۰ و درجه کندی (^oSR) ٦۲، از مخلوط خمیرکاغذهای باطله مخلوط (۵۰ درصد)، روزنامه‌های باطله (۱۰ درصد) و کارتون‌های باطله (٤۰ درصد) استفاده شد که در زیر لایه روئی تعبیه می‌گردد. در لایه مغزی پرکننده[5] از ترکیبی مشابه لایه زیرین لیکن با گراماژ gr/m^2 ۱۸۰ و درجه کندی (^oSR) ٤٦ استفاده گردید. و در نهایت در لایه پشتی[6] نیز ترکیبی مشابه لایه زیرین و مغزی و واجد گراماژ gr/m^2 ۵۰ و درجه کندی (^oSR) ۵٦ به‌کار رفت.

AKD مورد استفاده در این پژوهش در سطح مصرف ۱ درصد بر اساس جرم خشک خمیرکاغذ از موجودی مصرفی کارخانه چوب و کاغذ مازندران تهیه شد که دارای pH ٤-۲ و غلظت حدودی ۲۰ درصد بوده است. همچنین از نشاسته کاتیونی تولیدی شرکت گلوگزان و با منشا ذرت به‌منظور بهبود مقاومت پیوندیابی درونی مقوای چندلایه مهندسی استفاده شد.

درجه‌ی کندی[7] خمیرکاغذ بر اساس استاندارد SCAN C 19/M3– BS 6035/1 و pH خمیرکاغذ هر لایه نیز بر اساس استاندارد T252 om-02 TAPPI اندازه‌گیری شد. تولید آزمایشگاهی مقوای مهندسی‌شده به‌این صورت بود که برای دستیابی به گراماژ مدنظر در هر لایه، بر اساس مساحت

1- Top layer
2- Virgin pulp
3- Pulp white cutter or White Paper Cutting -Waste
4- Under layer
5- Filler layer
6- Back layer
7- Schopper Riegler

www.SID.ir

Archive of SID

دستگاه ورق‌ساز[1]، درصد خشکی خمیرکاغذها و ماندگاری متفاوت خمیرکاغذهای لایه‌های مختلف، مقدار خمیرکاغذ موردنیاز محاسبه و به‌همراه آب مصرفی کارخانه به داخل دستگاه جداکننده الیاف[2] منتقل و پس از جداسازی الیاف به درون دستگاه ورق‌ساز هدایت و بر اساس نوع تیمار، ماده شیمیایی موردنظر به‌کار گرفته شد. از منظر ترتیب افزودن مواد شیمیایی، در ابتدا نشاسته کاتیونی به‌عنوان عامل افزایش مقاومت اضافه شده و سپس کنترل pH به‌وسیله سود سوزآور انجام گرفت. سپس عامل آهاردهنده AKD به دستگاه کاغذساز اضافه شد. در هر مرحله افزودن مواد، دوغاب به‌وسیله همزن با دور ۷۵۰ RPM در زمان یکسانی همزده شد. ساخت هر یک از لایه‌ها مطابق استاندارد TAPPI T205 sp-02 و با استفاده از دستگاه ورق‌ساز اتوماتیک مدل INDIAMART انجام گردید. سپس به‌منظور چیدمان مهندسی لایه‌ها، پس از تشکیل اولین شبکه الیاف با قراردادن به‌ترتیب دو عدد کاغذ خشک‌کن، یک عدد مقوای آبگیر و صفحه فلزی بر روی نمد خیس مستقر بر روی توری ماشین کاغذساز، وردنه دستی (کوچ آبگیری)[3] به تعداد ۱±٦ مرتبه بدون فشار رانده شده تا آب اضافی جدا و نمد الیاف به کاغذ خشک‌کن متصل و از سطح توری جدا گردد. پس از تشکیل لایه دوم بر روی توری ماشین (برابر استاندارد)، به‌جای استفاده از کاغذ خشک‌کن جدید، لایه شکل‌یافته پیشین متصل به کاغذ خشک‌کن بر روی آن جاگیری شده و همانند مرحله قبل ادامه می‌یابد. به‌این ترتیب لایه خیس اول بر روی لایه خیس دوم مستقر و متصل گشته و سایر لایه‌ها نیز به‌این طریق لایه‌گذاری مهندسی می‌شوند. مقوای چهارلایه تشکیل یافته به‌همراه کاغذ خشک‌کن، مقوای آبگیر و صفحه فلزی دایره‌ای قرار گرفته بر روی آن به دستگاه پرس منتقل و برابر استاندارد مربوطه پیروی می‌گردد. پس از مرحله پرس، برای خشک کردن نهایی به داخل حلقه‌های مقیدکننده[4] منتقل و به‌منظور پرورده شدن و تکمیل فرایند آهاردهی، در آونی با دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد خشک شدند.

قابلیت جذب آب کاغذ آهارزنی شده با انجام آزمون کاب و براساس استاندارد T441 om-04، شاخص مقاومت کششی طبق استاندارد T494 om-01، ضخامت کاغذ از استاندارد T411 om-05، سفتی خمشی (مقدار نیروی لازم بر حسب mN.m برای خم‌کردن نمونه تا زاویه ۱۵ درجه) مطابق استاندارد T556 om-04، مقاومت پیوندیابی درونی برابر با استاندارد T569 om-02، درخشش سطح

1- Automatic sheet former
2- Disintegrator
3- Couch Roll
4- Ring and Plate

www.SID.ir

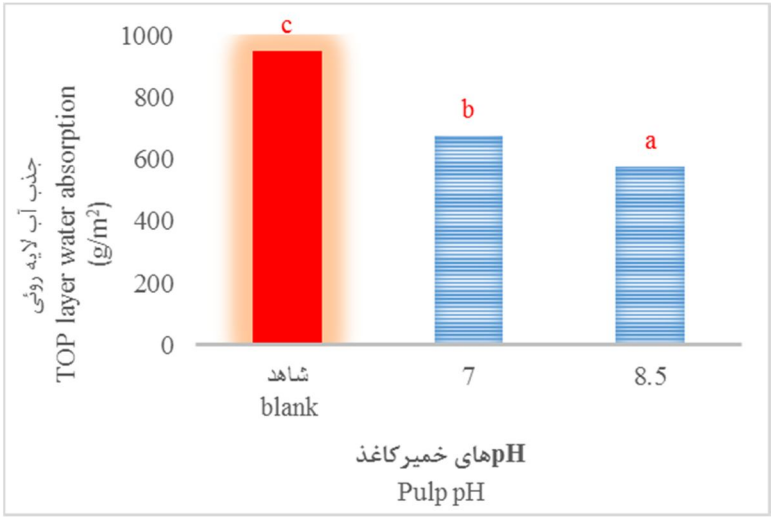
Archive of SID

مقوا با استاندارد T480 om-05 و زبری سطح مقوا مطابق استاندارد T555 om-04 و همگی از آیین‌نامه TAPPI اندازه‌گیری شدند. در نهایت داده‌های به‌دست آمده از بررسی تأثیر آهاردهی در pHهای خنثی و قلیایی با نرم‌افزار SPSS و در قالب طرح فاکتوریل تحلیل و بر اساس آزمون دانکن گروه‌بندی آماری شدند.

نتایج و بحث

در بررسی نحوه و میزان تأثیر آهاردهی AKD در دو سطح pH ۷ و ۸/۵ ویژگی‌های کاربردی مقوای بازیافتی با لایه‌گذاری مهندسی مشتمل بر جذب آب لایه‌های روئی و پشتی، درخشش و زبری سطح مقوا، حجیمی و مقاومت‌های کششی، سفتی خمشی و پیوندیابی بین لایه‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت (نمونه شاهد بدون افزودن AKD و دارای pH ۷ بوده است).

جذب آب



شکل ۱- جذب آب لایه روئی مقوای آهاردیده با AKD در pHهای مختلف.

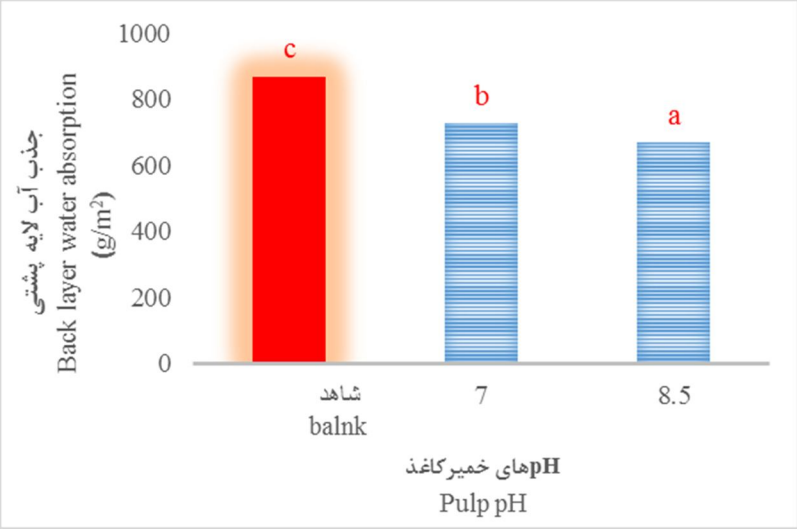
Figure 1. Water absorption in top layer of cardboard sized with AKD at different pH.

بررسی میزان جذب آب اعمال‌شده در سطح روئی مقوا نشان داد که آهاردهی با AKD به‌طور معنی‌داری منجربه کاهش میزان جذب آب شده و این کاهش در pH ۸/۵ به مراتب بیش‌تر بوده است.

www.SID.ir

Archive of SID

در توجیه دلیل جذب آب کمتر در pH بالاتر، چنین می‌توان استدلال نمود که با افزایش قلیائیت محیط، گروه‌های عاملی و از جمله گروه‌های کربوکسیل سطح الیاف بیش‌تر به‌صورت یونیزه در آمده و بار آنیونی دوغاب خمیرکاغذ بیشتر شده و در نتیجه واکنش‌پذیری AKD با سطوح الیاف سلولز بهبود و ارتقا می‌یابد (شکل ۱). در نتیجه آبگریزی سطح الیاف بیشتر و میزان جذب آب کاغذ کمتر می‌شود. ورشوئی و همکاران (۲۰۱۳) نیز نشان داد که آهاردهی AKD در شرایط قلیایی، موجب جذب آب کمتر کاغذهای OCC خواهد شد (۱۲).



شکل ۲- جذب آب لایه پشتی مقوای آهاردیده با AKD در pHهای مختلف.

Figure 2. Water absorption in back layer of cardboard sized with AKD at different pH.

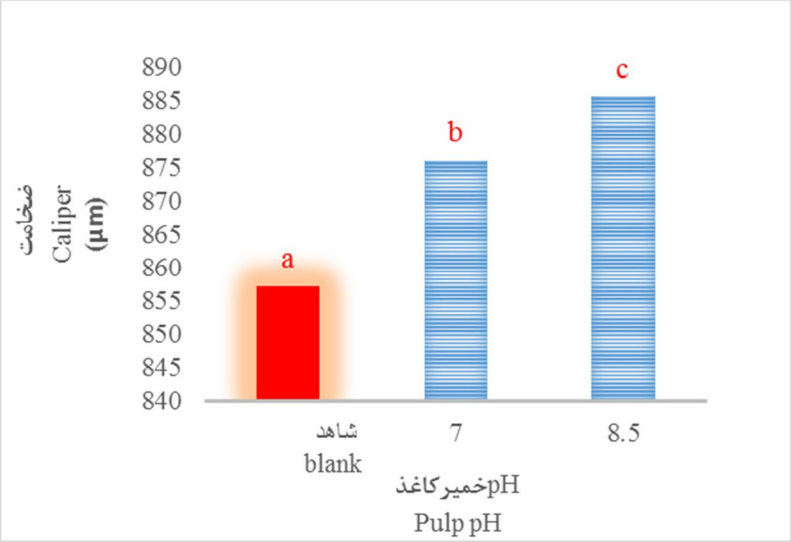
جذب آب لایه پشتی مقوا نیز در نتیجه آهاردهی با AKD کاهش یافته، لیکن شدت کاهش جذب آب در این لایه در مقایسه با لایه روئی مقوا کمتر گزارش می‌گردد. به‌طوری که آهاردهی در شرایط خنثی منجربه حدود ۳۰ درصد و در شرایط قلیایی حدود ٤٠ درصد کاهش جذب آب لایه روئی نسبت به نمونه شاهد را دربر داشته در حالی‌که در لایه پشتی درصد کاهش جذب آب ناشی از آهاردهی در شرایط خنثی و قلیایی به‌ترتیب ۱۷ و ۲۳ درصد مشاهده گردید. در جستجوی دلیل این تفاوت در شدت کاهش جذب آب، ماهیت ناهمسان و غیرمشابه مواد اولیه تشکیل دهنده لایه‌های پشتی و روئی را می‌توان بیان نمود. چرا که در لایه روئی از خمیرکاغذهای سفیدرنگ بکر و بازیافتی با

www.SID.ir

Archive of SID

درصد بالای سلولز استفاده شده که میزان واکنش‌پذیری بالاتری با عامل آهاردهی AKD داشته و در نتیجه جذب بیشتر آن و همچنین مقاومت بالاتر به جذب آب را سبب گشته است؛ در حالی‌که در لایه پشتی از مخلوط خمیرکاغذهای چاپ شده و نیز کارتن‌های کنگره‌ای کهنه استفاده شده که به‌واسطه قهوه‌ای بودن، عدم رنگبری کامل و نیز باقیمانده‌های جوهر، نسبت سلولز در آن‌ها پائین‌تر و در نتیجه شدت کاهش جذب آب نیز کمتر است (شکل ۲).

ضخامت و حجیمی

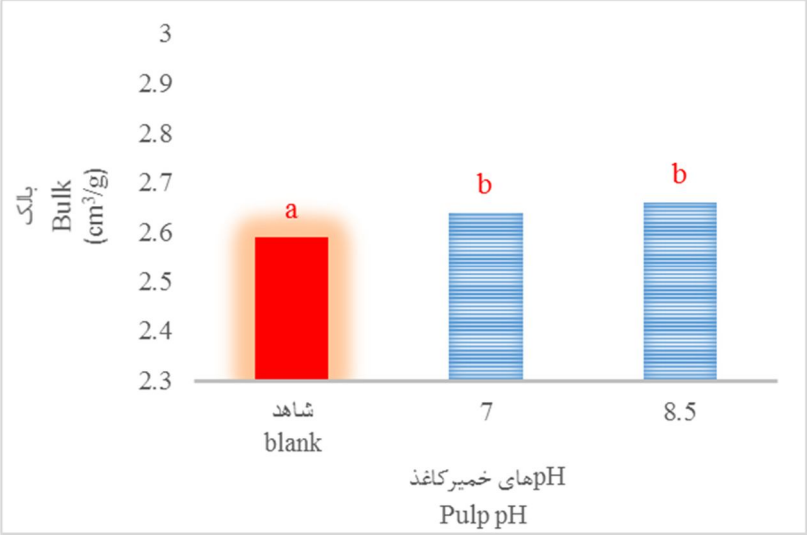


شکل ۳- ضخامت مقوای آهاردیده با AKD در pHهای مختلف.

Figure 3. Caliper of cardboard sized with AKD at different pH.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٤- حجیمی مقوای آهاردیده با AKD در pHهای مختلف.

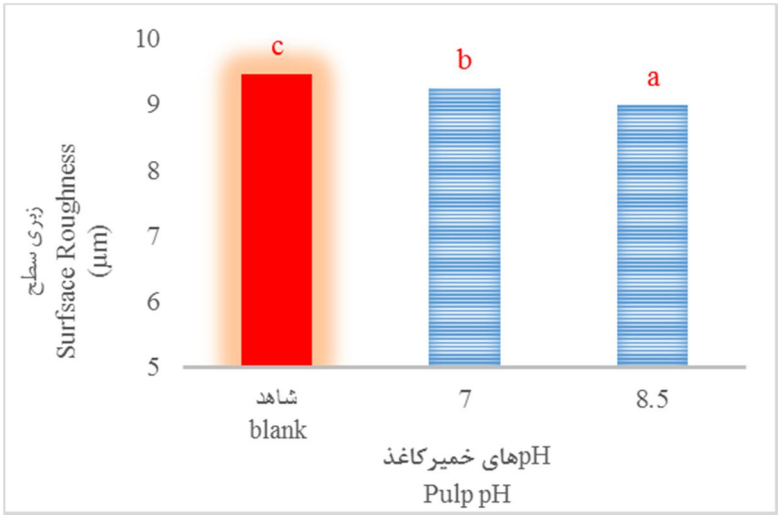
Figure 4. Bulk of cardboard sized with AKD at different pH.

ضخامت و حجیمی از جمله مهمترین ویژگی‌های کاربردی مقوا محسوب می‌گردد، چراکه مستقیماً بر روی چغربودن و شقی مقوا که در مصارف آن بسیار حائز اهمیت است، تأثیرگذار است. به نحوی که افزایش دانسیته و به پیروی از آن کاهش حجیمی مقوا، عاملی نامطلوب محسوب گشته و حفظ یا افزایش سفتی خمشی مقوا به‌واسطه عدم کاهش ضخامت و حجیمی آن مطلوب و مورد انتظار سازندگان و مصرف‌کنندگان این فراورده می‌باشد. همانگونه که در شکل ۳ آمده است، ضخامت و همچنین حجیمی مقوا، پس از کاربرد عامل آهاردهنده AKD افزایش یافته و در مقایسه با pH ۷، pH ۸/۵ افزایش بیشتری را در ضخامت و حجیمی مقوا رقم زده است. همانگونه پیشتر ذکر گردید، در pHهای بالاتر گروه‌های آنیونی سطح الیاف بیشتر می‌شوند و در نتیجه واکنش‌پذیری و استعداد آنها در جذب عامل آهاردهی AKD بالاتر و تثبیت AKD افزایش می‌یابد. بنابراین قطب آبگریز عامل آهاردهی مانع از تراکم و فشردگی ساختار شبکه الیاف گشته و مقوائی ضخیم‌تر و حجیم‌تر را پدید می‌آورد (شکل‌های ۳ و ٤).

www.SID.ir

Archive of SID

زبری سطح



شکل ۵- زبری سطح روئی مقوای آهاردیده با AKD در pHهای مختلف.

Figure 5. Surface roughness of cardboard sized with AKD at different pH.

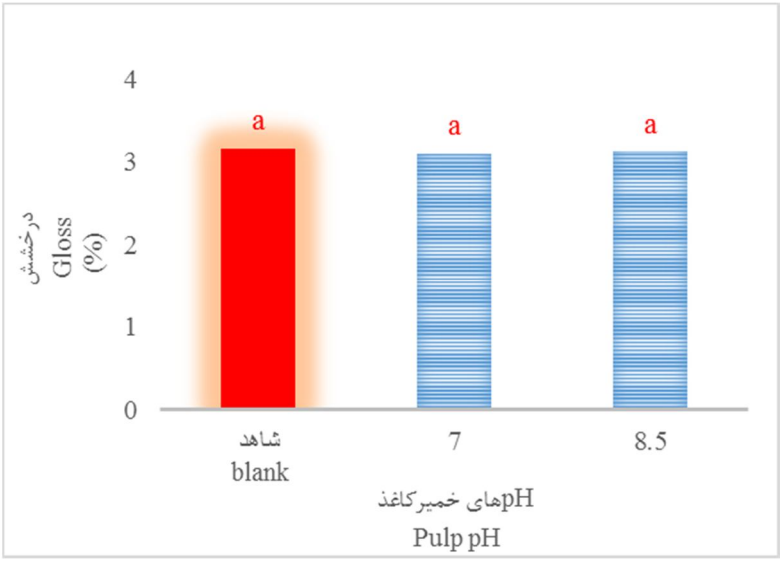
زبری سطح مقوا در کاربرد آن و به‌ویژه ویژگی‌های چاپ‌پذیری آن حائز اهمیت بوده و دستیابی به سطحی با صافی بالاتر و زبری کمتر مطلوب و مورد انتظار است. زبری سطح مقوای مهندسی چندلایه در تیمارهای AKD نسبت به نمونه شاهد کاهش معنی‌داری را نشان می‌دهد که این کاهش ناشی از بهبود پیوندیابی لایه‌های سطحی الیاف مقوا، پس از تیمار AKD است. همان‌طور که اشاره گردید، AKD ماده‌ای آبگریزکننده است و افزایش پیوندیابی بین الیاف پس از مصرف AKD بعید به نظر می‌رسید که این امر؛ نتیجه‌ای دور از انتظار و گیج‌کننده در آهاردهی با AKD شناخته شد. در مرور منابع مشخص گردید که هیوبی (۲۰۱٤) بهبود پیوندیابی در عین آبگریزکردن الیاف را به واکنش‌های بروزیافته در مقیاس نانو مربوط دانسته و این‌گونه توجیه کرده که ابتدا AKD به‌واسطه قطب آبدوست خود، باعث افزایش اتصال و پیوندیابی الیاف می‌شود و سپس در محیط خشک‌کن، با الیاف واکنش یافته و الیاف را آبگریز می‌کند (۵). بنابراین، این واکنش پس از پیوندیابی الیاف رخ داده و در پیوندیابی الیاف تداخل و مزاحمتی ندارد. نتایج نشان داد که در مقایسه با تیمار انجام شده در pH

www.SID.ir

Archive of SID

۷، تیمار AKD در pH ۸/۵ زبری کمتر و به‌عبارتی سطحی صاف‌تر را پدید آورده که در راستای استدلال‌های بیان‌شده، قابل پذیرش و انتظار است. البته کاهش زبری سطح مقوا در pH بیشتر را به افزایش قابلیت نسبی انعطاف‌پذیری و تغییر شکل الیاف در پرس تر بواسطه واکشیدگی بهتر آن‌ها نیز می‌توان نسبت داد (شکل ۵).

درخشش (Gloss)



شکل ٦- درخشش سطح روئی مقوای آهاردیده با AKD در pHهای مختلف.

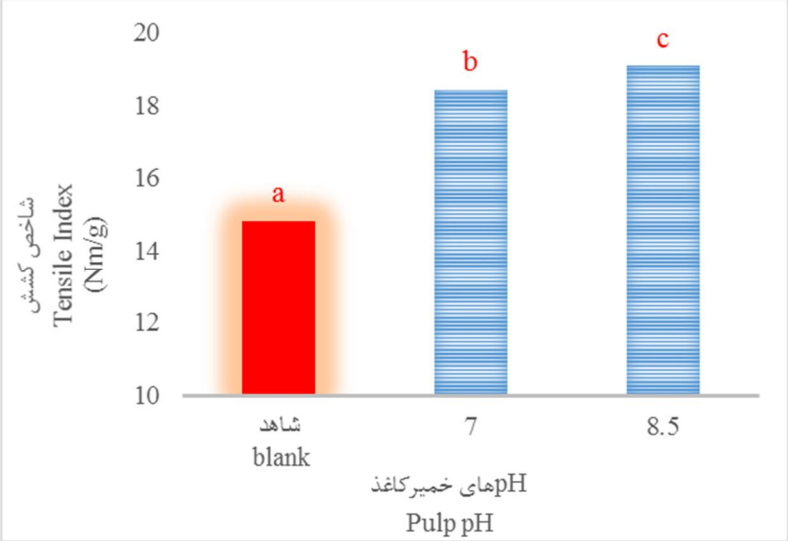
Figure 6. Gloss of cardboard sized with AKD at different pH

درخشش سطح مقوا مستقل از کاربرد AKD بوده و بین نمونه‌ی شاهد و نمونه‌های تیمار شده با AKD در pHهای مختلف تفاوت آماری معنی‌داری مشاهد نشد. مواد آهاردهنده داخلی بر خلاف آهاردهنده‌های سطحی بر صافی نوری سطح و درخشش تأثیری نداشته و ثابت شده که درخشش سطح تحت تأثیر فرایندهای اتو زنی و پوشش‌دهی یا آهاردهی سطح است (شکل ٦).

www.SID.ir

Archive of SID

شاخص کشش



شکل ۷- شاخص کشش مقوای آهاردیده با AKD در pHهای مختلف.

Figure 7. Tensile index in cardboard sized with AKD at different pH.

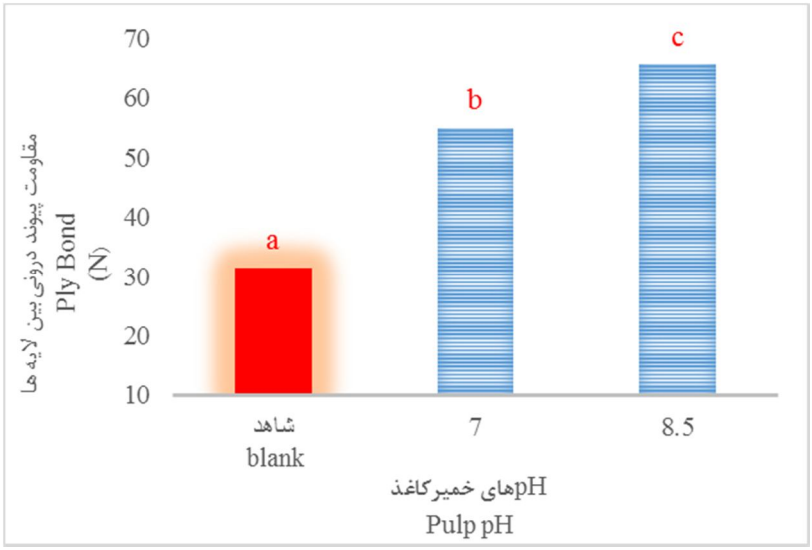
شاخص کشش در نتیجه آهاردهی با AKD به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است و حرکت به سمت pH قلیایی، افزایش بیشتری در شاخص کشش به‌وجود آورده است. همان‌طور که قبلاً ذکر شد؛ آهاردهی با AKD موجب بهبود پیوندیابی بین الیاف و افزایش شاخص کشش مقوا شود، چراکه ماهیت کاتیونی و واکنش‌پذیری مستقیم AKD با الیاف سلولزی، اتصال و پیوندیابی بیشتر اجزای دوغاب خمیرکاغذ را سبب می‌گردد. بین شاخص کشش AKD در pH خنثی و ۸/۵ اختلاف معنی‌داری گزارش شد که با یافته‌های ورشوئی و همکاران (۲۰۱۳) مطابقت دارد (۱۱). علاوه‌بر این‌که واکشیدگی بیشتر اجزا در شرایط قلیایی منجربه پیوندیابی بیشتر آن‌ها می‌گردد، امکان جذب بالاتر عامل کاتیونی آهاردهی را نیز فراهم آورده و در نتیجه افزایش مقاومت و شاخص کششی را موجب می‌گردد. همچنین در pH ۸/۵ به‌دلیل یونیزه‌شدن بیشتر گروه‌های کربوکسیل سطح الیاف، بار آنیونی سطح الیاف افزایش یافته و نیاز کاتیون‌خواهی بالاتری را پدید آورده که به‌صورت جذب بیشتر عامل

www.SID.ir

Archive of SID

کاتیونی آهاردهی ظاهر می‌شود و موجب پیوندیابی بیشتر الیاف گشته و ویژگی مقاومتی بهتری را نصیب شبکه لیفی مقوا می‌سازد (شکل ۷).

مقاومت پیوند درونی بین لایه‌ها: مقاومت پیوند درونی بین لایه‌ها در نتیجه آهاردهی با AKD به‌طور معنی‌داری افزایش یافته و در شرایط pH ۸/۵ این مقاومت افزایش بیشتری داشته که با نتایج ورشوئی و همکاران (۲۰۱۳) سازگار است (۱۱). همانند استدلال ارائه‌شده در ویژگی کشش، در pH ۸/۵ به‌دلیل یونیزه‌شدن بیشتر گروه‌های کربوکسیل سطح الیاف و نیز واکشیدگی بیشتر الیاف، پیوندیابی بهتری بین لایه‌های مقوا انجام پذیرفته و مقاومت پیوند درونی بین لایه‌ها افزایش می‌یابد. همچنین با توجه به مهندسی صورت گرفته در تشکیل مقوای چندلایه و عدم پرورده شدن مولکول‌های عامل کاتیونی AKD به هنگام لایه‌گذاری مقوای خیس، چنین بر می‌آید که علاوه‌بر پیوندیابی بیشتر رخ داده در هر لایه مقوا، با روی هم قرار گرفتن لایه‌های خیس واجد و حامل عامل کاتیونی آهاردهی، اتصال بین لایه‌های متفاوت نیز بیشتر شده و در نتیجه به افزایش مقامت پیوندیابی درونی بین لایه‌ها کمک می‌کند (شکل ۸).



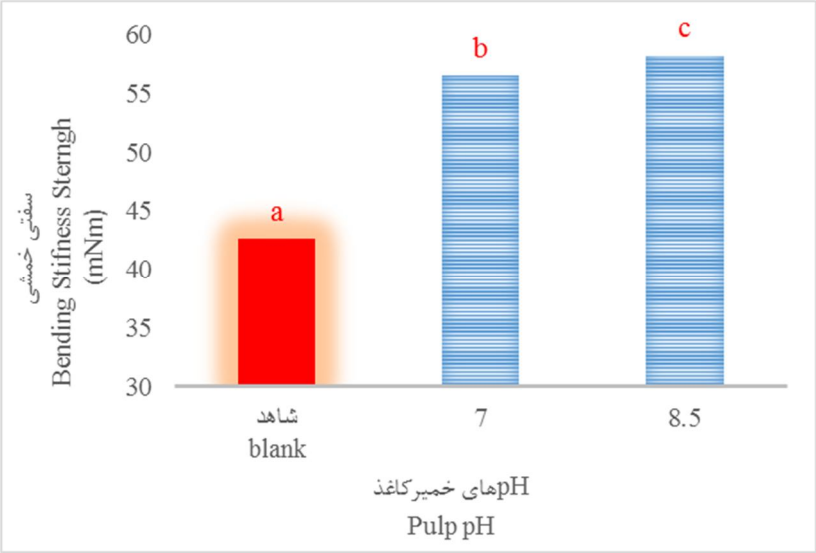
شکل ۸- مقاومت پیوند درونی بین لایه‌های مقوای آهاردیده با AKD در pHهای مختلف.

Figure 8. Ply bond in cardboard sized with AKD at different pH.

www.SID.ir

Archive of SID

سفتی خمشی: سفتی خمشی مقوا نیز در نتیجه آهاردهی با AKD به‌طور معنی‌داری افزایش یافته و شرایط تیمار قلیایی نیز افزایش بیشتری در این مقاومت ایجاد نموده است. افزایش سفتی خمشی مقوا در آهاردهی با AKD و نیز تأثیر افزایش pH را می‌توان به افزایش مدول یانگ به‌دلیل افزایش مقاومت کششی و پیوندیابی بین لایه‌ها و نیز افزایش ضخامت مقوا نسبت داد. ضخامت عامل بسیار تأثیرگذاری در سفتی خمشی است چراکه سفتی خمشی با توان سوم ضخامت رابطه مستقیم دارد و افزایش ضخامت موجب افزایش سفتی خمشی می‌شود که تغییرات افزایشی ضخامت مقوای چندلایه مهندسی مورد پژوهش (شکل ۳) با کاربرد عامل آهاردهی و نیز افزایش pH دوغاب خمیرکاغذ مورد بررسی، قابل رصد است (شکل ۹).



شکل ۹- سفتی خمشی مقوای آهاردیده با AKD در pHهای مختلف.

Figure 9. Bending stiffness in cardboard sized with AKD at different pH.

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش تأثیر آهاردهی مقوای مهندسی‌شده چهارلایه با دوغاب‌های غیرمشابه خمیرکاغذ در دو pH خنثی و قلیایی بر ویژگی‌های اساسی و کاربردی مقواهای تولیدشده آزمایشگاهی مورد پژوهش

www.SID.ir

Archive of SID

قرار گرفت. نتایج نشان‌داد عامل آهاردهی کاتیونی AKD، که به‌عنوان آهار واکنش‌پذیر با سلولز[1]- در مقایسه با روزین که برای فراهم‌سازی واکنش آن با سلولز به تثبیت‌کننده‌ای نظیر ترکیبات آلومینیوم نیاز است- شناخته می‌شود، به‌طور موفقیت‌آمیزی منجربه بهبود قابل توجه تمامی ویژگی‌های کاربردی و اساسی مورد تقاضای مصرف‌کننده به‌ویژه جذب آب و سفتی خمشی مقوا می‌گردد. بهبود همزمان پیوندیابی در عین آبگریزکردن شبکه لیفی مقوا و کاهش جذب آب، این‌گونه استدلال گردید که ابتدا AKD از طریق قطب آبدوست خود، باعث افزایش اتصال و پیوندیابی الیاف و نیز لایه‌های روی هم قرارگرفته مقوا شده و سپس در محیط خشک‌کن، با پرورده‌شدن و اعطای ماهیت آبگریزی به الیاف، جذب آب کمتر مقوا را سبب می‌گردد. بنابراین واکنش آبگریزنمودن شبکه الیاف پس از پیوندیابی الیاف رخ داده و در نتیجه در پیوندیابی الیاف ممانعتی ایجاد نمی‌نماید. در pH بالاتر (۸/۵) تمامی ویژگی‌های مورد بررسی بهبود یافت که از آن جمله نیز جذب آب و مقاومت‌های مقوا قابل تاکید است. پیوندیابی بهتر الیاف با AKD، به‌دلیل یونیزه‌تر شدن گروه‌های کربوکسیل موجود بر سطح الیاف، کاهش جذب آب و همچنین امکان پیوندیابی بیشتر را فراهم می‌سازد. از طرفی دیگر و به‌واسطه واکشیدگی بیشتر الیاف و همچنین افزایش نیاز کاتیون‌خواهی سطح الیاف، ماندگاری نرمه‌ها و پیوندیابی بین الیاف افزایش می‌یابد و مقاومت‌های مقوا شامل شاخص کشش، سفتی خمشی، پیوند درونی بین لایه‌ها افزایش می‌یابند. جالب توجه است که به‌دلیل بهبود پیوندیابی الیاف و جاگیری نرمه‌ها در منافذ موجود بین الیاف، صافی سطح نیز بهبود و زبری سطح که عکس آن است، کاهش می‌یابد. همچنین نتایج نشان‌داد آهاردهی با AKD بر درخشش سطح مقوا تأثیری نداشته است.

سپاسگزاری

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند، از مساعدت و همکاری‌های بی‌دریغ و فراوان مدیریت و پرسنل گرانقدر و پژوهش‌گرای شرکت صنایع خمیر و کاغذ اترک که امکان انجام این پژوهش را در ارتباط نزدیک با صنعت پدید آورده‌اند؛ نهایت سپاس را ابراز داشته باشند.

1- Cellulose Reactive Sizing Agent

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

1.Ahmad, S., Sharma, R., Raj, K., Mediratta, R., Prasad, K., Ashok, K. 2007. Alkaline Sizing (AKD) With GCC Filler: Our Experience. TAPPI Journal. 19(4): 123-127.

2.Hamzeh, Y., Ekhtera, M.H., Abdolkhani, A., Izadyar, S., and Pourtahmasi, K. 2008. Sizing Mechanism of Recycled Test Liner Using Poly Aluminum Chloride and Rosin under Neutral Condition. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research. 23(1): 40-49.

3.Hamzeh, Y., and Rostampour Haftkhani, A. 2008. Principales of Pepermaking Chemistry. University of Tehran press, 424p (In Persian)

4.Hubbe, M. 2007. Paper's resistance to wetting– a review of internal sizing chemicals and their effects. BioResources, 2(1): 106-145.

5.Hubbe, M. 2014. Puzzling Aspects of the Hydrophobic Sizing of Paper and Its Inter-Fiber Bonding Ability. Biorources, 9(4): 5782-5783.

6.Katz, G., House, L.W., and Alexander, D.E. 2003. Internal paper sizing improvements. U.S. patent 6540877.

7.Lindstrom, T., and Eklund, D. 1991. Water Penetration and Internal Sizing. Chapter VIII in Paper Chemistry: an Introduction, DT Paper Science Publication, 305p: 192-222.

8.Papermaking Science and Technology series, 2000. Vol 4, Papermaking chemistry, Chapter 7.

9.Ravnjak, D., Plaz, I., and Može, A. 2007. Kinetics of Colloidal Alkyl ketene Dimer Particles Deposition on Pulp Fibers. Colloid and Polymer Science, 285: 907–914.

10. Todorova, D., Bencheva, S., Todorova, K., Tosunov, R. 2008. Influence of the Alkyl Ketene Dimmer (AKD) sizing on the furnish behavior and paper properties. Journal of University of Chemical Technology and Metallurgy. 43(4): 388-393.

11.Varshoei, A., Javid, E., Rahmaninia, M., and Rahmany, F. 2013. The Performance of Alkyl ketene Dimer (AKD) for the Internal Sizing of Recycled OCC Pulp, Lignocellulose, 2(1): 316-326.

12.Zou, Y., Hsieh, J.S., Wang, T.S., Mehnert, E., and Kokoszka, J. 2004. The mechanism of premixing rosin sizes for neutral-alkaline papermaking. Tappi J. 3(9): 16-18.

www.SID.ir

Archive of SID

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 23 (1), 2016
http://jwfst.gau.ac.ir

Alkyl Ketene Dimer (AKD) Sizing of Recycled-Virgin Cardboard with Engineered Heterogeneous Layers under Neutral and Alkaline Condition

Sh. Elyasi Bakhtyari[1], *H. Jalali Torshizi[2] and H. Resalati[3]
[1]M.Sc., Student, Dept., of Cellulose and Paper Technology, Faculty of New Technologies Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran, [2]Assistant Prof., Dept., of Cellulose and Paper Technology, Faculty of New Technologies Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran, [3]Professor, Dept., of Wood and Paper Engineering, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran
Received: 05/07/2015 ; Accepted: 08/03/2015

Abstract
Background and objectives: Resistance to liquid sorption is important in various paper and board applications which would be contributed by chemicals as hydrophobizers of the structures. The hydrophobization process is called; Sizing, that could be done as internal and surface treatment with prevalence happening on internal sizing. Necessity and inspirations of recycled fiber together with bringing of required properties in the product, predominate engineering layering of paper and board production to supply and compromise requirements. The aim of this study focused on internal sizing effects of alkyl ketene dimer in multilayered cardboard constructed of heterogeneous and diverse fiber in its different layers.
Materials and methods: Multilayer cardboard (330 g/m^2) patterned on the engineered heterogeneous layering of recycled and virgin pulp was internally sized by Alkyl Ketene Dimer (AKD) as 1% based on the pulp O.D. in two papermaking conditions; neutral and alkaline. Then, the effects of the considered conditions on the recycled-virgin board properties were evaluated such as top and back layers Cobb test, bulk, gloss, surface roughness and strength criteria.
Results: The cellulose reactive nature of cationic alkyl ketene dimer led to improvements in strength and water sorption of the sized board compared to the unsized one. Resistance to water sorption in the fibrous network have occurred after the fiber bonding and have not been as an effective obstacle in fiber bonding. At alkaline condition, all of addressed properties, especially water sorption and strengths of the board, improved considerably compared to the neutral. In alkaline condition, regarding to more ionization of fiber surface carboxylic groups, more

*Corresponding author: h_Jalali@sbu.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

and better bonding is occurred between fiber and AKD, as a cationic sizing agent, resulted in a reduction in water sorption and provided more bonding ability among pulp ingredients. On the other hand, higher swelling of the ingredients together with the higher cationic demand of the fiber at alkaline situation, enhanced fines retention and fiber bonding which results in the board surface smoother.
Conclusion: The sizing treatment of multi-layer cardboard by AKD reduced its water sorption in top and back layers and its surface roughness. Increment of bulk and strength properties of the cardboard include tensile, bending stiffness and ply bond were observed as a sizing results, with no effect on the duplex cardboard gloss. The noted improvements were attributed to the bonding enhancement among fibers and also the board layers via AKD, followed by sizing agent curing at drying section lead to the hydrophobic creation in the board structure and lower water sorption.

Keywords: Sizing, Engineered Multi-layer Recycle Board, Water Absorption, Strength Properties

www.SID.ir