

کاربرد نشاسته در صنایع کاغذ و کارتن سازی

نگین نیکبین^{۱*}، سعید مهدوی^۲

تاریخ دریافت مقاله: دی ماه ۱۳۹۰

تاریخ پذیرش مقاله: بهمن ماه ۱۳۹۰

چکیده

توجه به نیازمندی‌های خود می‌توانند ویژگی‌های آن را به روش‌های مختلف اصلاح کنند.

واژه‌های کلیدی

نشاسته، چسب نشاسته، اصلاح ویژگی‌ها، صنعت بسته‌بندی و صنعت کاغذسازی.

۱- مقدمه

نشاسته ویژگی‌های ارزشمندی از جمله زیست تخریب‌پذیر بودن، فراوانی، آلودگی کم برای محیط زیست، قیمت ارزان و ویژگی‌های دیگری مانند قدرت چسبندگی و توانایی تشکیل فیلم را داراست (۱۳). در صنایع کاغذسازی نشاسته کاربردهای گسترده‌ای دارد که شامل موارد ذیل می‌شود:

- آهار کاغذ؛

- اندود کاغذ؛

- چسب (۷).

در صنایع بسته‌بندی عمدتاً نشاسته در چسب‌های مورد استفاده در مقوای کنگره‌ای، ساک‌های کاغذی و روکش کردن بسته‌بندی‌ها کاربرد دارد.

چسب‌های نشاسته مورد استفاده در نخستین ماشین‌های کنگره‌کننده شامل نشاسته‌ها و آردهای کاملاً پخته شده بودند که در این صورت کل مواد جامد چسب‌ها ۶ تا ۸ درصد می‌شد. استفاده از مواد جامد بیشتر به دلیل ایجاد گرانیوی بیشتر، امکان‌پذیر نبود. در این

در این تحقیق، کاربرد نشاسته به عنوان چسب نشاسته در صنایع بسته‌بندی و تأثیر بهبود ویژگی‌های نشاسته روی گسترش کاربردهای آن به تفصیل مورد بحث قرار گرفته است. کاربرد نشاسته در صنایع مختلف بسیار گسترده است، لیکن در صنایع بسته‌بندی سلولزی می‌تواند به عنوان اندود، آهار و یا چسب محدود شود. در این صنایع، کیفیت مناسب چاپ، پایین بودن میزان جذب آب، مناسب بودن چسبندگی لایه‌ها و زیست تخریب‌پذیر بودن چسب مصرفی، نشاسته را در جایگاه رفیعی به عنوان یکی از مواد اولیه مناسب، قرار داده است. چسب نشاسته برای چسباندن روکش‌ها، مقوای کنگره‌ای، ساک کاغذی و ... استفاده می‌شود. امروزه در کارخانه‌های کارتن‌سازی کشور از نشاسته اصلاح نشده به عنوان چسب استفاده می‌شود که مشکلات عدیده‌ای را به همراه داشته است. تاکنون، تحقیقات زیادی برای بهبود ویژگی‌های چسب نشاسته در راستای کاهش هزینه تولید و افزایش کیفیت صورت گرفته است. در این مقاله، ضمن بررسی مشکلات به مواردی از اصلاح نشاسته اشاره می‌شود. در مجموع، کاربرد نشاسته در صنایع مختلف به دلیل زیست تخریب‌پذیر بودن آن رو به گسترش است و صنایع مختلف با

۱- دانشجوی مقطع کارشناسی ارشد، گروه مهندسی فناوری تولید سلولز و کاغذ، دانشگاه شهید بهشتی

(*) نویسنده مسئول: (neginn22@yahoo.com)

۲- دکتری، عضو هیئت علمی، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، بخش تحقیقات علوم چوب و فرآورده‌های آن



سیستم‌ها به دلیل مقدار زیاد آب، سرعت عملیاتی خیلی پایین بود (۱۲).

در اوایل دهه‌ی ۱۹۰۰ از سیلیکات سدیم در چسب استفاده می‌شد. در این صورت گرانروی چسب با تبخیر یا جذب آب افزایش می‌یافت و با استفاده از این چسب‌ها، سرعت ماشین نسبت به گذشته نیز افزایش یافت. معایب استفاده از این چسب‌ها، این بود که سیلیکات خشک بسیار سخت و ساینده است و منجر به ساینده‌گی تجهیزات می‌شود. همچنین مقوای ساخته شده با این چسب بسیار سنگین بود که منجر به تشکیل پیوندهای شکننده می‌شد (۱۳).

امروزه در اغلب کارخانجات از چسب نشاسته اصلاح نشده به همان روش قدیمی استفاده می‌شود که مشکلات عدیده‌ای را به همراه دارد. تلاش‌های زیادی جهت رفع این کاستی‌ها صورت گرفته است. جیس فلت^۲ و همکاران (۱۹۹۶) ساخت چسب مقوای کنگره‌ای با ترکیب الیاف گیاهی حل شده را مورد تحقیق قرار دادند. ترکیب چسب شامل پلی‌وینیل الکل، الیاف حل شده و نشاسته است. الیاف از منابع مختلفی مثل چوب و محصولات کشاورزی بوده و الیاف گیاهی ذرت ترجیح داده می‌شود.

جدول ۱- ضرورت استفاده از نشاسته در عملیات اصلاحی محصولات بسته‌بندی

عملیات مرتبط با استفاده از نشاسته	ضرورت‌ها و مزیت‌ها	محصولات مرتبط
آهارزنی	بهبود مقاومت در برابر نفوذ آب و محلول‌های آبی، بهبود ویژگی‌های سطحی کاغذ و خواص فیزیکی آن	ساک کاغذی، لایه رویی کارتن، کاغذهای چاپ - تحریر
اندود	بهبود ویژگی‌های سطحی (سفیدی، صافی، رنگ و درخشش) کاغذ، بهبود خواص سدکنندگی	لایه رویی کارتن، کاغذهای چاپ و تحریر و کاغذهای ضد چربی
چسب‌زنی	اتصال دو لایه کاغذ به همدیگر به خصوص در کاغذهای بسته‌بندی	اتصال لایه کنگره‌ای و لاینر، کاغذهای لمینیت شده، ساک کاغذی و کاغذ برچسب

در سال ۱۹۳۵ شرکت استین هال^۱ فرایند جدیدی را جهت ساخت چسب نشاسته ارائه داد. این شرکت از نشاسته خام به صورت مخلوط شده با آب استفاده می‌کرد. این گرانول‌های نشاسته خام به صورت معلق در سیال دارای نشاسته متورم شده با مواد شیمیایی حضور داشتند. در این روش گرانروی چسب مناسب شده و نشاسته خام در لوله‌ها و مخازن ذخیره ته نشین نمی‌شود. در ماشین چسب‌زنی با اعمال حرارت به خط چسب، نشاسته خام ژله‌ای شده و گرانروی افزایش می‌یابد و تشکیل پیوند می‌دهد. این روش اقتصادی‌تر و سرعت عملیاتی آن بالاتر است.

این چسب‌ها مقاومت به آب و مقاومت پیوند و چسبندگی بهتری را برای چسب مقوای کنگره‌ای به روش‌های حامل و بدون حامل فراهم می‌آورند (۴). راجر گراهام^۳ و همکاران (۱۹۹۸) ترکیبات چسب نشاسته - سیلیکات را برای مقوای کنگره‌ای مورد استفاده قرار دادند. چسب‌های ساخته شده به این صورت دارای مواد جامد بالاتری نسبت به چسب‌های نشاسته سنتی هستند که مزایایی از جمله صرفه‌جویی در مصرف انرژی، پیچیدگی کمتر مقوای

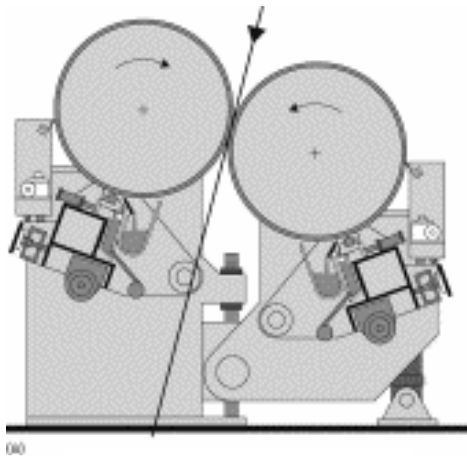
2- Giesfeldt
3- Rodger graham

1- Stein hall company



الف- آهار دهی کاغذ

در صنایع کاغذسازی هر ساله مقدار زیادی از این نوع نشاسته هم به عنوان اندود و هم به عنوان آهار مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این صنعت نشاسته از پایانه تر تا پرس آهار کاربرد دارد. در مجموع دلیل استفاده از نشاسته، کاهش هزینه‌های تولید و بهبود ویژگی‌های محصول می‌باشد (۱۴).



شکل ۱- آهارزنی در پرس آهار

در گذشته جهت آهاردهی ورق از میان حوضچه دوغاب نشاسته عبور داده شده و سپس از میان دو غلتک بزرگ می‌گذشت. مقدار نشاسته منتقل شده به کاغذ از طریق پرس آهار به چند عامل بستگی دارد:

- غلظت دوغاب نشاسته در پرس آهار، گرانیروی دوغاب نشاسته؛

- ابعاد غلتک‌های پرس آهار؛

- ارتفاع حوضچه پرس آهار؛

- سختی لایه‌ی پوششی غلتک‌های پرس آهار؛

- فشار نقطه تماس^۶ و آب موجود در ورق.

مشکلات عملیاتی به دلیل انتقال زیاد آب به کاغذ طی آهاردهی و همچنین ناپایداری حوضچه منجر به گسترش پرس‌های آهار سنجشی شد. در این پرس آهار نشاسته بین دو غلتک ریخته شده و مازاد آن از لبه‌ها جمع‌آوری می‌شود (۷).

6- Nip



چسب‌خورده، سرعت بیشتر ماشین و افت کمتر مقاومت مقوای لاینر و لایه کنگره‌ای را در بردارد. در این تحقیق خواصی مثل گرانیروی، ویژگی‌های رئولوژیکی^۱ در یک دمای ژله‌ای به خصوص و سرعت تشکیل پیوندهای موقتی، کنترل شده و مطابق با ماشین‌های جدید با سرعت بالا تنظیم می‌شود. سیلیکات قلیایی، ارزان و مقاوم به آتش و آفت و قابل بازیافت است (۱۱).

ایمن گو^۲ و همکاران (۲۰۰۲) ویژگی‌های چسبندگی و قدرت پیوند بین کاغذ- کاغذ، کاغذ- پلاستیک، کاغذ- شیشه و کاغذ- فلز در چسب‌های حاصل از نشاسته‌های یم^۳، تاپوکا^۴، ذرت^۵، سیب‌زمینی و برنج را مورد تحقیق قرار دادند و دریافتند که هیچ کدام از نشاسته‌ها چسبندگی خوبی را برای کاغذ- شیشه و کاغذ- فلز نداشتند ولی همه‌ی آنها چسبندگی خوبی را برای کاغذ- کاغذ و کاغذ- پلاستیک داشتند. نشاسته‌های حاصل از یم، تاپوکا، ذرت و سیب‌زمینی اصلاح شده با اسید و حرارت زیاد، چسبندگی و قدرت پیوند بالایی را برای کاغذ- کاغذ و کاغذ- شیشه فراهم آوردند. این اصلاح میانگین عددی جرم مولی^۵ این نشاسته را کاهش می‌دهد (۳).

تأکید می‌گردد در این تحقیق، نگاه کلی به استفاده از نشاسته در صنایع کاغذسازی و بسته‌بندی است و مشکلات موجود در صنعت بسته‌بندی در خصوص چسب نشاسته بیان شده و راهکارهایی در راستای اصلاح نشاسته و چسب نشاسته آورده شده است.

- 1- Rheology
- 2- Emengo
- 3- Yam
- 4- Taioca
- 5- Molar mass

الف-۱- بهبود ویژگی های نشاسته مورد استفاده در آهار

نشاسته های اصلاح شده یا پیش تبدیل شده می توانند در این عملیات مفید باشند.

نشاسته اکسید شده یکی از متداول ترین نشاسته ها جهت استفاده در آهار سطحی می باشد. دلیل این امر، خواص خوب تشکیل فیلم و تمایل کم به تخریب می باشد. در بازیافت کاغذ، نشاسته اکسید شده که دارای بار منفی است می تواند به عنوان پراکنده ساز عمل کند و در از بین بردن فیلر^۲ و خود نشاسته در پساب که باعث آلودگی می شوند، همکاری کند.

استفاده از نشاسته کاتیونی^۳ نیز به شدت در حال افزایش است و دلیل این امر، کاهش مشکلات زیست محیطی جهت کاهش مواد معلق و اکسیژن خواهی در پساب حاصل از کارخانجات است. نشاسته های کاتیونی برای همه درجات کاغذ و مقوا مورد استفاده قرار می گیرند و مقاومت کاغذ را بهبود بخشیده و در کاهش اکسیژن خواهی زیستی و افزایش شفافیت نقش دارند (۷).

نشاسته های آنیونی^۴ توسط کربوکسی^۵ متیله کردن^۶ نشاسته ذرت به دست می آیند و باعث بهبود مقاومت فیلم و مقاومت به کنده شدن الیاف از سطح و ماتی می شوند.

ب- اندود کردن کاغذ

نشاسته اتصال دهنده اصلی برای اندود کاغذ نیز می باشد که به صورت یک اتصال دهنده منحصر به فرد به صورت ترکیب شده با اتصال دهنده های

- 2- Filler
- 3- Cationic starch
- 4- Anionic starch
- 5- Carboxy metylated
- 6- Methylated by



عملیات آهاردهی سطح کاغذ، عمدتاً به منظور مقاوم ساختن کاغذ در برابر نفوذ آب و محلول های آبی انجام می شود. با این عملیات سایر ویژگی های سطح کاغذ نیز بهبود می یابد و خواص فیزیکی آن بهتر می شود.

روش های مهم آهاردهی مورد استفاده در کاغذها عبارتند از:

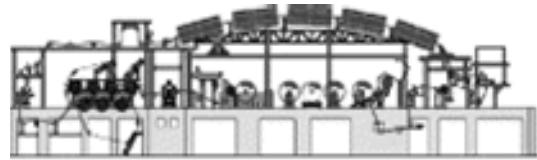
- آهاردهی درونی؛
- آهاردهی سطحی.

برای آهاردهی درونی از مواد شیمیایی مختلفی استفاده می شود تا سرعت نفوذ آب از طریق زاویه تماس کاهش یابد. برای آهار سطح معمولاً از ذرات نشاسته استفاده می شود تا نقاط خالی و حفره های روی کاغذ را پر کند. با انجام این عملیات از شعاع این حفره ها کاسته شده و در نتیجه سرعت نفوذ آب در کاغذ کم می شود (۶).

در صنعت کاغذ حجم زیادی از نشاسته برای آهار سطحی کاغذ به کار می رود. آهار دهی سطحی عملیات مهمی است که در آن کاغذ از میان محلول آهار عبور داده شده و سپس از میان غلتک آهار عبور می کند. این غلتک ها آهار را روی کاغذ پرس کرده و مازاد آن را از سطح کاغذ خارج می کنند. هدف اصلی این عملیات بهبود ویژگی های سطحی جهت دستیابی به خواص چاپ و تحریر بهتر می باشد. غلظت نشاسته در محلول آهار می تواند از ۲ تا ۱۵ درصد بسته به نوع پرس آهار موجود در ماشین و نیازمندی های محصول نهایی باشد. نشاسته پخته شده ی اصلاح نشده گرانروی خیلی بالایی برای اغلب عملیات آهار دارد. بنابراین معمولاً از گرانروی نشاسته باید کاسته شود. این عملیات در کارخانه کاغذ هم با تبدیل آنزیمی و هم با تبدیل شیمیایی - حرارتی انجام می گیرد. به هر حال، نشاسته های دپلیمریزه^۱ شده تمایل به تخریب دارند که این تمایل منجر به کاهش کارایی آهار می شود (۱۳).

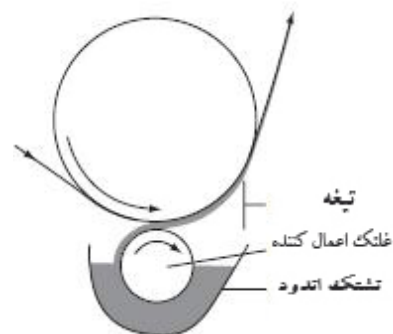
1- Depolymerization

سنتزی^۱ مختلف موجود می‌باشد. نشاسته‌هایی که برای استفاده در اندود به کار می‌روند باید وزن مولکولی مشخصی داشته باشند تا خواص رئولوژیکی مورد نیاز برای انتشار یکنواخت اندود و کنترل ماندگاری آب در سرعت‌های عملیاتی بالا را به دست آورند(۲).



شکل ۲- تجهیزات اندودسازی کاغذ در ماشین کاغذ

فناوری رو به پیشرفت چاپ و بسته‌بندی، نیاز به بهبود سطح کاغذ را دو چندان کرده است. برای پاسخگویی به این نیازها سطح کاغذها را با ترکیبات شیمیایی مختلفی اندود می‌کنند تا سفیدی، صافی، رنگ و درخشش آن بهبود یابد.



شکل ۳- اندودسازی توسط تیغه

فرایندهای اندودسازی را معمولاً به دو دسته تقسیم می‌کنند:

- اندودسازی رنگدانه‌ای؛
- اندودسازی عاملی.

گرچه استعمال محلول نشاسته نیز در واقع نوعی اندودسازی عاملی است؛ اما در عرف این عمل را آহারدهی تلقی می‌کنند نه اندودسازی(۵).

انواع مختلفی از اتصال دهنده‌ها برای اتصال ذرات رنگدانه به سطح کاغذ به کار می‌رود که عبارتند از:

- نشاسته‌ها؛
- پروتئین‌ها؛
- مواد سنتزی.

نشاسته: نشاسته‌ها جهت اتصال ذرات رنگدانه به یکدیگر و به کاغذ به کار می‌روند. همان طور که در بالا توضیح داده شد، نشاسته‌هایی که برای آهار سطحی به کار می‌روند به عنوان اتصال‌دهنده‌ی اندود نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند. نشاسته مورد استفاده در اندود نیاز به گرانیوی کمتری نسبت به دیگر نشاسته‌های موجود در صنعت کاغذ دارد و دلیل این امر، نیاز به مقادیر زیاد نشاسته در ترکیب اندود جهت فراهم آوردن اتصال قوی برای رنگدانه‌ها می‌باشد. دلیل دیگر آن این است که نشاسته باید تا سطح مشخصی و به صورت فیلم یکنواخت روی سطح کاغذ قرار گیرد(۷).

ب-۱- بهبود ویژگی‌های نشاسته مورد استفاده در اندود

همان طور که ذکر شد، در بخش آهاردهی سطحی، بار منفی نشاسته اکسید شده می‌تواند در صورت خمیرسازی مجدد باعث از بین رفتن پرکننده رنگدانه شود. بنابراین از عامه‌پسند بودن نشاسته اکسید شده به عنوان عامل اندودسازی کاسته شده است.

هیدروکسی (OH)^۲ اتیله کردن نشاسته به عنوان یکی از بهترین مواد برای استفاده در اتصال‌دهنده اندود به دلیل تشکیل فیلم با خواص عالی و مقاومت بالا به تخریب می‌باشد ولی قیمت بالای آن استفاده از این نشاسته را در اندودسازی محدود کرده است(۶).

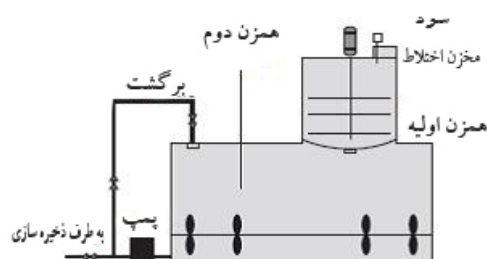
2- Hydroxy



1- Synthetic

پ- چسب نشاسته

در روزهای اولیه ظهور فرآورده‌های اندود شده، چسب‌ها فقط شامل پروتئین و نشاسته بودند. زمانی که فرایند ساخت لاتکس‌ها^۱ توسعه یافت و کیفیت‌شان توسط افراد اندود کننده کاغذ تأیید شد، تغییری از چسب‌های معمولی به طرف چسب‌های مصنوعی پدیدار شد.



شکل ۴- مراحل ساخت چسب نشاسته

در (جداول ۲ و ۳) خواص نشاسته‌های مختلف آورده شده است:

جدول ۲- خواص نشاسته‌های به دست آمده از منابع مختلف

منبع نشاسته	رطوبت %	نشاسته %	پروتئین %	چربی %	خاکستر %
ذرت	۱۲	۹۸-۹۹	۳/۰	۲/۰	۲/۰
سیب زمینی	۱۵	۹۹	ناچیز	<۱/۰	۴/۰
گندم	۱۲	۹۸-۹۹	۴/۰	۵/۰	<۲/۰
تاپیوکا	۱۲	۹۵-۹۹	۸/۰	<۱/۰	۱/۰

جدول ۳- دامنه مجاز حرارتی برای نشاسته‌های به دست آمده از منابع مختلف

منبع نشاسته	دامنه‌ی مجاز حرارتی (°C)
سیب زمینی	۵۶-۶۶
تاپیوکا	۵۲-۶۴
ذرت	۶۲-۷۲
ذرت خوشه‌ای ^۳	۶۹-۷۵
گندم	۵۸-۶۴
برنج	۶۱-۷۸

- 2- Borax
3- Sorghum



- 1- Latex

پ-۱- موارد استفاده از چسب نشاسته در صنایع بسته بندی

قسمت عمده‌ای از نشاسته به عنوان چسب در صنایع کاغذ و مقوا به خصوص در صنعت مقوای کنگره‌ای و کارتون سازی کاربرد دارد. دکسترین‌ها^۱ که از نشاسته‌های ذرت و سیب‌زمینی مشتق می‌شوند، به عنوان چسب برای محصولات روکش و چسب موجود در ساختار پاکت نامه و همچنین درزگیری‌ها به کار می‌روند.

پ-۱-۱- روکش کردن کاغذ

بیشتر انواع کاغذ برای استفاده در صنایع بسته بندی و همچنین جهت استفاده در برجسب‌ها^۲ با همدیگر و یا با دیگر مواد پیوند برقرار می‌کنند. غالباً ترکیب اصلی این چسب‌های مورد استفاده در تشکیل پیوند، نشاسته یا نشاسته اصلاح شده می‌باشد. این چسب‌ها جهت ساخت جعبه‌های متنوع در عملیات بسته بندی به کار می‌روند^(۶).

در روکش کردن کاغذ، سوبسترا^۳ می‌تواند یک مقوای بازیافتی با کیفیت پایین باشد که یک کاغذ با قابلیت بالای چاپ پذیری به آن متصل می‌شود. کاغذهای برجسب رویی جهت داشتن قابلیت بالای چاپ پذیری یک طرف اندود شده دارند و طرف دیگر این کاغذها با چسب تیمار می‌شود. چسب توسط سیستم‌های غلتکی متنوعی به کاغذ اعمال می‌شود که این غلتک‌ها چسب را از تشتک چسب انتقال می‌دهند. یک نقطه تماس فشاری^۴ جهت اتصال خوب مورد نیاز است. غلتک‌ها می‌توانند نرم با الگوی سلول‌های کوچک باشند.

- 1- Dextrin
- 2- label
- 3- Substrate
- 4- Nip

نظریه‌های مختلفی جهت توصیف چسبندگی پیشنهاد شده است. جهت تشکیل پیوند، چسب باید بتواند به خوبی سطح را خیس کند و لایه پیوندی تشکیل شود. این شرایط زمانی فراهم می‌شود که انرژی سطحی سوبسترا بالاتر از تنش سطحی سوسپانسیون چسب باشد. کاغذهای اندود شده دارای لاتکس بیشتر و انرژی سطحی بالاتر هستند که در این صورت نیاز به کاهش تنش سطحی چسب توسط افزودن سورفاکتانت^۵ یا یک الکترولیت می‌باشد. پیوندهای بهتر، زمانی به وجود می‌آیند که واکنش‌های بر پایه اسید به علت وجود گروه‌های قطبی رخ می‌دهد. تعیین مقاومت پیوند چسب توسط نیروی کشش مورد نیاز برای جداسازی دو لایه از یکدیگر بر اساس آزمون ویژه‌ای^(۷) (PAT) محاسبه می‌شود.

فرایند روکش کردن پنج روش متفاوت دارد:

- موم و مذاب داغ؛
- روزن رانی؛
- فرایند تر؛
- فرایند خشک؛
- بدون حلال.

در روکش کردن به روش تر، معمولاً از چسب‌های بر پایه آب استفاده می‌شود. یک یا چند لایه زیری باید متخلخل باشد تا آب از بین لایه زیری که اغلب کاغذ و مقواست تبخیر شود. دیگر لایه‌های زیری فویل آلومینیوم یا یک فیلم پلاستیک است. کاربرد چسب برای لایه زیری معمولاً صاف کننده فویل آلومینیوم یا فیلم پلاستیک است. این موضوع هزینه چسب را کم می‌کند چون استفاده از کاغذ ناهموار و ناصاف به دلیل تمایل ذاتی کاغذ به جذب مایعات، چسب بیشتری مصرف می‌کند.

- 5- Surfactant
- 6- Pin adhesion test



خشک کردن روکش با استفاده از غلتک‌های گرم شده یا کانال خشک‌کنی انجام می‌شود (۲).

چسب‌های بر پایه آب مانند کازئین^۱، سیلیکات سدیم^۲، نشاسته، لاتکس مصنوعی، دکسترین از مواد اصلی مورد استفاده هستند. کاربرد روش روکش تر برای اتصال فویل آلومینیوم به کاغذ و مقوا، فیلم‌های پلاستیک به کاغذ و مقوا، کاغذ و مقوا به کاغذ و مقوا می‌باشد.

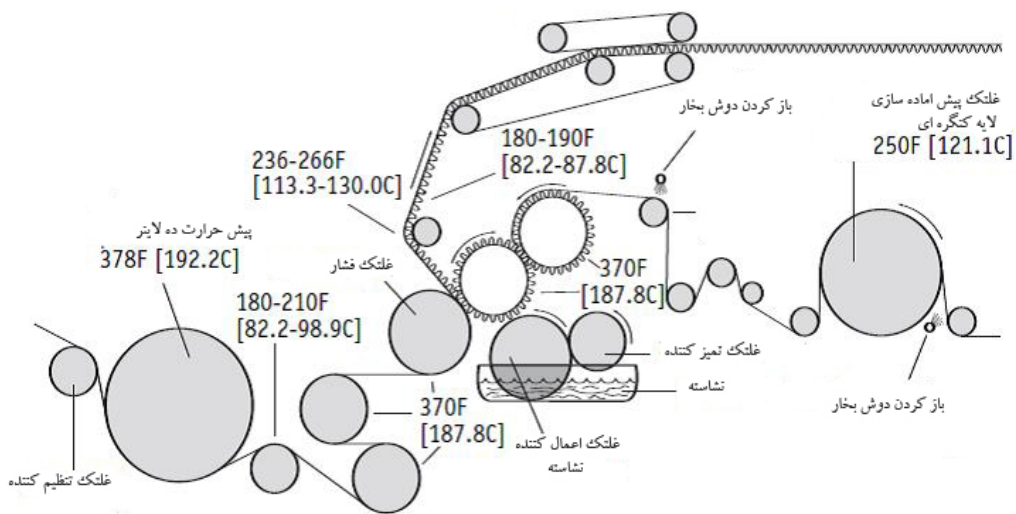
کاربردهای اصلی برای فیلم‌ها و روکش‌ها در حوزه بسته‌بندی برحسب نوع محصول به شرح زیر است:

- **پاکت‌ها:** بسته‌بندی خاکروب و محصولات باغی، عایق‌کاری، کودهای شیمیایی، نمک، گرانول‌های پلاستیکی و کیسه‌های پوشال.

- **کاربرد ویژه:** نگهداری مواد قابل عرضه همچون پوشک بچه، نوار بهداشتی و غیره (۶).

پ-۱-۲- مقوای کنگره‌ای

مقوای کنگره‌ای از ترکیب لایه کنگره‌ای و لاینر که دو لایه کرافت رنگ‌بری نشده هستند به دست می‌آید. به ترکیب لایه کنگره‌ای و لاینر، سینگل فیس^۳ گفته می‌شود. به ترکیب لایه کنگره‌ای با دو



شکل ۵- مراحل تولید مقوای کنگره‌ای

- **غذایی:** گوشت، حبوبات، پنیر، مواد غذایی منجمد، بسته‌بندی‌های لبنی و محصولات شیری پزی.

- **پزشکی:** بسته‌های استریل شده برای کالاهای جراحی و پانسمان.

- **ساختمان:** حصار کشیدن ساختمان‌ها در برابر عوامل جوی و جلوگیری از فرسایش خاک.

- **کیسه‌ها:** خواروبار فروشی، آشغال قابل روکش، آشغال آشپزخانه، کیسه‌های چمن و برگ.

لاینر دابل بیکر^۴ (دو رو) گفته می‌شود. انواع مختلفی از مقوای کنگره‌ای بسته به تعداد کنگره‌ها، ارتفاع کنگره‌ها و تعداد لاینرها وجود دارد. در فرایند کنگره‌ای کردن، لایه کنگره‌ای با گرما و بخار نرم می‌شود و بین دو سیلندر ویژه، کنگره‌ای می‌شود. چسب توسط غلتک اعمال‌کننده به نوک کنگره‌ها منتقل می‌شود. مقوای سینگل فیس توسط یک پل به ماشین دابل بیکر فرستاده می‌شود. در آن‌جا لاینر دومی به مقوای سینگل فیس (یک رو) متصل شده و تشکیل مقوای کنگره‌ای دابل بیکر را

- 3- Single face
- 4- Double baker

- 1- Casein
- 2- Sodium silicate (Na₂SiO₃)



می دهد. در فرایندهای کنگره‌ای، استفاده از چسب نیاز به ملاحظات ویژه‌ای دارد.

در سال ۲۰۰۵ ارزش تجاری مقوای کنگره‌ای در ایالات متحده‌ی آمریکا بیش از ۴ میلیارد دلار تخمین زده شد (۱۳).

۵۰٪ همه مواد خام برای مقوای کنگره‌ای از الیاف بازیافتی به دست آمده‌اند. در اروپا و آسیا سهم الیاف بازیافتی برای جعبه‌ی مقوایی بیش از ۷۰٪ است (۱۲).

عنصر اصلی چسب برای مقوای کنگره‌ای نشاسته ذرت می‌باشد. بیشتر فرمول‌ها شامل نشاسته حامل ژله‌ای شده و نشاسته خام ژله‌ای نشده است. نشاسته حامل در مخزن اول توسط سوسپانسیونی کردن در آب، افزودن NaOH و حرارت‌دهی تا $71-66^{\circ}\text{C}$ ساخته می‌شود. وجود قلیا، دمای ژله‌ای شدن نشاسته ذرت را کاهش می‌دهد و باعث تورم گرانول‌های نشاسته در شرایط عملیاتی می‌شود. در مخزن دوم سوسپانسیون نشاسته خام و بوراکس آماده می‌شود و تا $30-27^{\circ}\text{C}$ حرارت می‌بیند. در نهایت محتویات مخزن اول به مخزن دوم اضافه می‌شود. در چسب نشاسته مورد استفاده در عملیات کنگره‌ای کردن، بخش حامل چسب، گرانروی را که جهت نگه‌داشتن نشاسته خام در سوسپانسیون و نگهداری آب در طول عملیات نیاز است، فراهم می‌آورد. حرارت‌دهی و همزنی نشاسته حامل و محصول نهایی باید به دقت کنترل شود تا گرانروی صحیحی را حفظ کنند. در بیشتر فرمول‌های کنگره‌ساز، دامنه مجاز مواد جامد نشاسته ۱۸-۲۱٪ می‌باشد ولی ممکن است در بعضی از کاربردها تا ۳۰٪ نیز برسد. تقریباً ۱۷-۱۵٪ نشاسته به عنوان حامل استفاده می‌شود (۱۱).

افزودن NaOH به خیسی سطح مقوا کمک می‌کند. بنابراین تماس و نفوذ خوبی را در کاغذ در مدت زمان کوتاه برای تشکیل پیوند ممکن می‌سازد.

بوراکس عملیات زیادی را در کاغذ انجام می‌دهد. از جمله این عملیات ایجاد چسبندگی در کاغذ، بهبود مقاومت به آب و کمک به پایداری گرانروی می‌باشد. همچنین طی تشکیل پیوند، بوراکس با نشاسته خام واکنش می‌دهد و زمانی که این نشاسته ژله‌ای می‌شود، بوراکس در فراهم آوردن گرانروی بالا و کمک به تشکیل پیوند نقش دارد (۱۰).

با توجه به خواص مورد نیاز برای چسب نشاسته در صنعت مقوای کنگره‌ای، بیشتر کارخانجات از نشاسته ذرت استفاده می‌کنند.

آزمون چسبندگی میخی (PAT) برای ارزیابی اتصال بین لاینرها و لایه کنگره‌ای استفاده می‌شود. این آزمون نیروی مورد نیاز برای جدا کردن لایه کنگره‌ای از لاینرها را اندازه‌گیری می‌کند. نیرو برحسب نیوتن بر متر مربع بوده و مطابق استاندارد TAPPI, T821 pm81 اندازه‌گیری می‌شود. میخ‌ها بین کنگره‌ها قرار می‌گیرند و نیروی لازم برای جدا شدن دو لایه از همدیگر اندازه‌گیری می‌شود. برای تعیین کارایی ساختار کنگره‌ای در طول بسته‌بندی، نگهداری در انبار و توزیع و پخش آن و اتصال چسب نوک کنگره‌ای به لاینرها خیلی مهم است.

به خاطر تفاوت در مرفولوژی^۱ قرار گرفتن چسب روی مقوای کنگره‌ای یک رو و دو رویه، بین اتصال در مقوای یک رو و اتصال در مقوای دو رو تفاوت زیادی وجود دارد. در مقوای یک رویه چسب روی یک طرف نوک فلوت توزیع می‌شود؛ اما در مقوای دو رویه، چسب روی نوک بالا و پایین توزیع می‌شود (۲).

پ-۱-۳- پاکت‌های کاغذی

پاکت‌های کاغذی از اواخر دهه‌ی ۱۸۰۰ میلادی توسعه پیدا کردند و از دهه‌ی ۱۹۲۰ میلادی به عنوان

1- Morphology



اصلی ترین نوع بسته بندی مورد استفاده قرار گرفتند. در گذشته این پاکت‌ها برای بسته بندی مواد ساختمانی به ویژه سیمان و مواد غذایی نظیر آرد، شیرخشک، شکر، سیب زمینی، غذای حیوانات، مواد شیمیایی و کود مورد استفاده قرار می گرفتند. امروزه در ایالات متحده، بالغ بر ۲۰۰۰ نوع محصول مختلف در این پاکت‌های کاغذی بسته بندی می شوند. مزیت پاکت‌های کاغذی شامل بارگیری در حجم زیاد، انبار کردن و حمل و نقل آسان است. همچنین پاکت‌های کاغذی مورد استفاده برای محصولات نظیر سیمان، دارای ویژگی نفوذپذیری نسبت به هوا هستند و این موضوع اجازه تنفس به محصولات را می دهد.

عموماً چسب نشاسته و چسب‌هایی که بر پایه نشاسته اصلاح شده هستند به همراه مواد افزودنی مقاومت‌تر، برای درزگیری لبه‌ها، چسباندن و بستن ته پاکت‌ها استفاده می شوند. در صورتی که از اندودها و روکش‌های مخصوص در ساختمان پاکت‌ها استفاده شود، کاربرد چسب‌های امولوسیونی سنتزی ضرورت دارد. در بعضی از انواع پاکت‌ها از چسب‌های گرما نرم به عنوان چسب‌هایی که خیلی سریع عمل می کنند و یا چسب‌های حرارتی که قبلاً استفاده شده و به وسیله مصرف کننده نهایی دوباره فعال می شود، استفاده شده است (۶).

پ-۲- انتخاب نشاسته برای استفاده در صنعت مربوطه

برای بیشتر عملیات کنگره‌ای، نشاسته اصلاح نشده ذرت، استفاده می شود (۱). برای کنگره‌سازهای با سرعت بالا نشاسته‌های بخصوصی به کار می رود. نشاسته‌های هیدروکسی اتیل^۱ شده دمای ژله‌ای شدن را کاهش می دهد و پایداری سوسپانسیون را بهبود می بخشد. نشاسته‌های با آمیلوز^۲ بالای اصلاح شده‌ی شیمیایی و نشاسته ذرت مومی به ترتیب مقاومت پیوند

و ماندگاری آب را بهبود می بخشند. سرعت تشکیل پیوند، می تواند توسط افزودن پلی وینیل الکل کمی هیدرولیز شده بهبود یابد. در ساخت مقوای کنگره‌ای که شامل اعمال نشاسته نیمه پخته شده و پخته نشده می شود، عمق خاصی از نفوذ چسب مورد نیاز است تا پیوندهای اولیه تشکیل شوند. مقاومت در برابر آب برای جعبه‌های سرما دهنده یا جعبه‌هایی که جهت ذخیره سازی در محیط باز، با افزودن رزین‌های تیمار شده‌ی قلیایی بر پایه‌ی اوره^۳ فرمالدهید یا کتون فرمالدهید به دست می آیند. امروزه رزین‌های جدید برای تشکیل پیوند عرضی که مطابق با قوانین زیست محیطی هستند و همچنین گرما ذوب‌های بر پایه نشاسته برای استفاده در چسب نشاسته در کاربردهای بسته بندی توسعه یافتند.

پ-۳- مشکلات کارخانجات استفاده کننده چسب نشاسته

- کم یا زیاد بودن چسب؛
- کم یا زیاد بودن حرارت؛
- کم یا زیاد بودن گرانروی؛
- کم یا زیاد بودن دمای ژله‌ای شدن؛
- مشکلات مربوط به غلیظ سازی و رسوب سازی^۴ و^۵ ...

پ-۳-۱- کم یا زیاد بودن چسب

چسب کم، باعث تشکیل پیوندهای ضعیف می شود و چسب زیاد، باعث هدر رفتن نشاسته، کاهش سرعت تولید، افزایش گرایش به پیچیدگی و ضعیف شدن پیوند می شود (۸).

پ-۳-۲- کم یا زیاد بودن درجه حرارت

درجه حرارت اضافی باعث خشک شدن چسب قبل از اتصال خوب آن با لاینر و یا ژله‌ای شدن

3- Urea

4- Set back

5- Retrogradation

1- Hydroxyl ethylation

2- Amylose



بلافاصله پس از اتصال می‌شود که در این صورت گرانیروی بالا نفوذ را محدود می‌کند و در نتیجه منجر به تشکیل پیوند سطحی می‌شود. حرارت کم باعث نفوذ اضافی شده و رنگ خط چسب به دلیل نشاسته ژله نشده باقیمانده، سفید می‌شود(۸).

پ-۳-۳- کم یا زیاد بودن گرانیروی

زمانی که چسب نشاسته خیلی غلیظ باشد(گرانیروی زیاد) باعث می‌شود که چسب با سرعت خیلی کمی به کاغذ کنگره‌ای نفوذ کند. در این صورت ورق مرطوب شده و چاپ‌پذیری آن کاهش می‌یابد. در این صورت مصرف چسب نشاسته افزایش می‌یابد چون خط چسب پهن با چسب غلیظ رابطه مستقیم دارد. همچنین خاصیت جریان‌پذیری چسب از تشنگ‌ها کاهش یافته و مشکلات مربوط به ژله شدن چسب را به وجود می‌آورد. سرریز شدن چسب و عدم انتقال آن از سیلندر چسب با گرانیروی بالا رابطه مستقیم دارد؛ اما زمانی که خمیر چسب خیلی رقیق باشد یا اینکه چسب گرانیروی کمی داشته باشد، آب منجر به نرم شدن کاغذ کنگره‌ای می‌شود. در این حالت کاغذ مانند یک فیله در جذب آب عمل می‌کند. ممکن است آب مورد نیاز جهت خط چسب را از دسترس خارج کند. به بیان دیگر در این حالت چسب نشاسته آب کافی برای تکمیل فرایند ژله‌ای شدن را در دسترس نخواهد داشت.

پ-۳-۴- کم یا زیاد بودن دمای ژله‌ای شدن

اگر دمای ژله‌ای شدن خیلی بالا باشد، ممکن است زمان و حرارت کافی برای ژله کردن همه دانه‌های نشاسته وجود نداشته باشد. یعنی تعدادی از گرانیول‌ها سریعاً ژله شده و بقیه ژله نشده و خام باقی می‌مانند که نتیجه آن، پیوند و خط چسب ضعیف خواهد بود. سرعت خط تولید نیز باید تا دستیابی به یک پیوند مطلوب، خصوصاً در ورق‌های پنج لا کاهش یابد. در

این حالت، کاربرد ممکن است به دلیل رطوبت یا نرمی ورق، آن را از خط خارج کند؛ اما در صورتی که دمای ژله‌ای شدن خیلی پایین باشد، ممکن است چسب قبل از نفوذ به کاغذ ژله شود. نتیجه این حالت ممکن است ایجاد ورق خشک و شکننده، ایجاد پیوند سست، وجود خشکی در خط چسب ورق و شکنندگی در ورق نهایی باشد(۸).

پ-۳-۵- مشکلات مربوط به غلیظ‌سازی و رسوب‌سازی

پس از ساخت چسب با کاهش دما، گرانیروی چسب افزایش می‌یابد. این افزایش غلظت به علت یک پدیده‌ی معروف برای همه‌ی نشاسته‌های اصلاح نشده است که غلیظ‌سازی نامیده می‌شود. علت وقوع این پدیده این است که طی تجزیه حرارتی، مثلاً ژله شدن، آرایش کریستالی اصلی مولکول‌های نشاسته به هم می‌ریزد. وقتی چسب نشاسته سرد می‌شود، مولکول‌ها دوباره به هم می‌پیوندند و بنابراین به شکل کلوخه‌های غیر قابل حل در می‌آیند. نتیجه‌ی این فرایند کریستاله شدن این است که محلول چسبناک تدریجاً کدر می‌شود و همزمان گرانیروی نیز افزایش می‌یابد. در نهایت این چسب ویسکوز به یک ژل یا توده‌ی مات تبدیل می‌شود؛ اما در محلول‌های خیلی رقیق مواد کافی برای ژله کردن تمام محلول وجود ندارد. در نتیجه این مواد به کف می‌روند. عمده‌ی این مواد ته‌نشین شده مولکول آمیلوز است که این گرایش را به وجود می‌آورد. این گرایش رسوب‌سازی آمیلوز یا رسوب‌سازی ساده نام دارد که یک فرایند برگشت ناپذیر است. برای جلوگیری مؤثر از این رسوب‌سازی، اصلاح نشاسته می‌تواند کارساز باشد(۱۱).

لذا جهت فائق آمدن به این مشکلات، تغییراتی در فرمولاسیون چسب‌ها به وجود آمد و چسب‌های نشاسته اصلاح شده توسعه یافتند.



پ-۴- چسب‌های جدید بر پایه‌ی نشاسته

نشاسته‌ها به صورت‌های اصلاح نشده و اصلاح شده در چسب استفاده می‌شوند. امروزه شکل جدیدی از چسب نشاسته توسعه یافت و این پیشرفت‌های جدید در چسب نشاسته باعث رونق بازار جدید و به وجود آمدن فرصت‌ها و موقعیت‌های جدید شد.

چسب نشاسته نقش بسزایی را در تولیدات صنایع بخصوص صنایع بسته‌بندی ایفا می‌کند. چسب نشاسته از چسب‌های سنتی لایه کنگره‌ای تا فرمولاسیون‌های اصلاح شده که مقاومت به آب متوسط و چسبندگی خوب به سوبستراهای چوبی را دارد، توسعه یافت و امروزه به بیوپلیمرهای^۱ جدید که مزایای فناوری نانو و شیمی سبز را یکجا داراست، رسیده است (۱۰).

با اینکه چسب‌های نشاسته اصلاح شده مزایای زیادی دارند ولی به دلایلی هنوز هم به طور کامل جایگزین چسب‌های نشاسته اصلاح نشده نگردیده‌اند. این دلایل عبارتند از:

- دسترسی آسان و قیمت نسبتاً پایین؛
 - پایداری کیفیت؛
 - چسبندگی خوب به سوبستراهای سلولزی و پرتخلخل؛
 - غیر قابل حل در روغن و چربی؛
 - غیر سمی و زیست تخریب پذیر بودن؛
 - مقاوم به حرارت (۹).
- اما به هر حال، اصلاحات منجر به ایجاد مزایای زیر می‌شوند:
- فراهم آوردن گرانیروی بالا و پایداری آن بدون پخت نشاسته؛
 - امکان استفاده از مواد جامد بیشتر و گرانیروی کمتر در همان مواد جامد؛

- چسبندگی و خشک شدن سریع تر آن؛

- بهبود خواص فیلم تشکیل شده؛

- بهبود خواص چسبندگی؛

- بهبود مقاومت به رطوبت (۱۲).

نشاسته‌ها توانایی ایجاد مقادیر زیادی از مقاومت به آب را دارند که ممکن است برای برچسب‌زنی و دیگر عملیات ضروری باشد. مقاومت به آب بالاتر می‌تواند با مخلوط‌های پلی وینیل الکل یا پلی وینیل استات به دست آید. همچنین این چسب‌ها باید قابل حل در آب گرم باشند که در بعضی مصارف مورد استفاده قرار می‌گیرند.

مقاومت رطوبتی بهینه با افزودن رزین‌های ترموستینگ^۲ مثل اوره فرمالدهید به دست می‌آید. فیلرهای معدنی مثل خاک رس کائولن^۳، کلسیم کربنات و دی اکسید تیتانیوم^۴ و ... معمولاً در غلظت ۵۰-۵٪ در چسب نشاسته مورد استفاده قرار می‌گیرند. این مواد جهت کاهش قیمت و کنترل نفوذ به سوبستراهای متخلخل مورد استفاده قرار می‌گیرند (۱۱).

مواد تیکسوتروپیک^۵ مثل بتونیت^۶ نیز اغلب در کنترل گرانیروی استفاده می‌شوند.

دیگر مواد افزودنی که در چسب‌های نشاسته استفاده می‌شود شامل محافظت‌کننده‌ها از فساد، سفیدکننده‌ها و کف‌زداها می‌باشند. مواد محافظت‌کننده از فساد جهت جلوگیری از فعالیت میکروبی استفاده می‌شوند. و شامل فرمالدهید با ۳۵٪ مواد جامد به مقدار ۰/۲ تا ۱ درصد، سولفات مس تقریباً ۰/۲٪، سولفات روی، نمک اسید بنزوئیک^۷، فلوراید^۸ها و فنل‌ها می‌شوند. عوامل سفیدکننده‌ی

- 2- Thermosetting
- 3- Kaolin($H_4Al_2Si_2O_9$)
- 4- TiO_2
- 5- Thixotropic Substances
- 6- Bentonite
- 7- $C_7H_6O_2$ (C_6H_5COOH)
- 8- Fluoride



1- Bio polymer

متداول شامل سدیم بیسولفیت^۱، هیدروژن و سدیم پراکسید و سدیم پرورات^۲ می‌شوند.

عیب اصلی چسب نشاسته‌های قدیمی دمای پیوندیابی بالای آن‌هاست. این چسب‌ها مقدار مواد جامد کمی دارند و رطوبت آن‌ها نسبتاً کم بوده و مقاوم به میکروب هستند. بیشتر این فعالیت‌های توسعه‌ای جهت کاستن این نقایص می‌باشد.

پ-۵- چسب‌های نشاسته خاص

پ-۵-۱- چسب نشاسته بدون حامل

در این روش، همه گرانول‌های نشاسته با روش کنترل شده، کمی ژله‌ای می‌شوند و در نتیجه آب جذب کرده و کمی متورم می‌شوند و شروع به افزایش گرانی می‌کنند. وقتی گرانی از پیش تعیین شده به دست آمد، عمل متورم شدن پایان می‌یابد. تورم گرانول‌های نشاسته با افزودن NaOH حل شده به دوغاب نشاسته در دمای مشخص انجام می‌گیرد. وقتی گرانی مطلوب به دست آمد، بوریک اسید به چسب اضافه می‌شود. بوریک اسید سود را خنثی کرده و گرانی را تثبیت می‌کند. این روش نسبت به روش حامل پایدارتر بوده و خواص جریان پذیری بهتری دارد (۱۲).

پ-۵-۲- چسب نشاسته مقاوم در برابر آب

یک ویژگی متداول که برای چسب کاغذهای کنگره‌ای مورد نیاز است، مقاومت به آب می‌باشد. با وجود اینکه چسب نشاسته قابل حل در آب است؛ اما برای برخی از محصولات مثل جعبه‌های خنک‌کننده و جعبه‌هایی که برای مدت زمان طولانی باید در هوای آزاد نگهداری شوند، آن را باید غیر قابل حل در آب کرد. این چسب‌های خاص را که در برابر لایه لایه شدن در آب مقاوم هستند، می‌توان با افزودن رزین،

تیمار قلیایی به چسب به دست آورد. این رزین‌ها معمولاً اوره فرمالدهید یا کتون فرمالدهید هستند که هر کدام مزایا و معایب مربوط به خود را دارند. مقدار مقاومت در برابر آب با افزودن ۱۵٪ رزین بر پایه‌ی نشاسته، افزایش می‌یابد (۱۲).

پ-۵-۳- چسب نشاسته برای فرایند کنگره‌ای سرد

در این چسب‌ها از نشاسته کاملاً پخته شده استفاده می‌شود و چسب‌ها در دمای بالا اعمال می‌شوند و پیوند توسط رسوب‌سازی به وجود آمده از سرمادهی به جای تشکیل ژل با گرمادهی ایجاد می‌شود.

دیگر چسب نشاسته‌های خاص مورد استفاده در فرایندهای کنگره‌ای که مصرف آن‌ها خیلی کم است، عبارتند از چسب‌های نشاسته ضد کپک و ضد آتش و همچنین چسب نشاسته مقاوم در برابر آب با pH پایین.

۲- نتیجه گیری

با توجه به ویژگی‌های نشاسته از جمله زیست تخریب پذیر بودن، فراوانی زیاد، آلودگی کم برای محیط زیست، قیمت ارزان و دیگر ویژگی‌هایی مانند قدرت چسبندگی و توانایی تشکیل فیلم، استفاده از آن در صنایع آهارزنی و اندودسازی و چسب مقوای کنگره‌ای توصیه می‌شود. عملیات آهاردهی سطح کاغذ، عمدتاً به منظور مقاوم ساختن کاغذ در برابر نفوذ آب و محلول‌های آبی انجام می‌شود. با این عملیات ویژگی‌های دیگر سطح کاغذ نیز بهبود می‌یابد و خواص فیزیکی آن بهتر می‌شود. همچنین نشاسته اتصال‌دهنده اصلی برای اندود کاغذ نیز می‌باشد که به صورت یک اتصال‌دهنده منحصراً به فرد به صورت ترکیب شده با اتصال‌دهنده‌های سنتزی مختلف موجود می‌باشد. در صنعت چسب‌سازی نیز چسب نشاسته در صنعت مقوای کنگره‌ای و روکش کردن کاغذ و ساخت پاکت‌های کاغذی کاربرد دارد. همچنین می‌توان

1- NaHSO₃

2- NaBO₃



10. Petrie, E. M, "Modern starch based adhesives – not your father's starch anymore". Special chem. 2010.
11. Rodger Graham, H. Michael, M. William, M., "Adhesive compositions for corrugated boxes". WIPO pat. Application WO /1998/050478. 1998.
12. Savolainen, A., "Paper and paperboard converting". TAPPI and the finnish paper engineers, vol 19. 1998.
13. Wiley, J & Sons., "pulp & paper", chemistry & chemical technology, volume 4, pages 2337-2343 and 2381-2397. 1983.
14. William, H.A, sonville, J, "Antifoam composition for aqueous starch and paper coating system". united state patent 5538668. 1996.

آدرس نویسنده

تهران - دانشگاه شهید بهشتی - گروه مهندسی
فن آوری تولید سلولز و کاغذ - دانشکده مهندسی
انرژی و فن آوری های نوین.

با اصلاح نشاسته، ویژگی های محصول نهایی را بهبود
بخشید.

۳- منابع

۱. ناظری، امیر محسن. «چسب نشاسته برای ورق و کارتن سازی». مجله صنایع چوب و کاغذ. سال هفتم. شماره ۳۵. ۶۵-۶۳. اردیبهشت ۱۳۸۶.
۲. میرشکرایی، سید احمد. «فن آوری خمیر و کاغذ». انتشارات آبیژ. صفحات ۳۴۳-۳۳۹. ۱۳۸۲.
3. Mongo, F.N. Chukwu, S.E.R. Moize, B., "tack and bonding strength of carbohydrate based adhesives from different botanical sources". international journal of adhesion and adhesives, pages 93-100. 2002.
4. Giesfeldt, T. E. Fitt, L. E. Pienkowski, J. J. Wallace, J. R., "Corrugating adhesive incorporating solubilized cellulosic fiber and polyvinyl alcohol". United states patent 5503668. 1996.
5. Kearney, R.L. Maurer, H.W., "starch & starch product in paper coating", third edition, TAPPI PRESS, pages 1-12 and 29-42. 1990.
6. Kirwan, M.J., "paper and paperboard packaging technology". Blackwell publishing, consultant in packaging technology london, UK. 2005.
7. Maurer, H.W. 2009, "starch". third edition, chemistry and technology, pages 657_713
8. McPherson, R. E. Schmidt, Arthur G., "Corrugating adhesive, method for preparing corrugating adhesive, and corrugated board". United states patent 6063178. 2000.
9. McPherson, R., "critical properties of unmodified corn starch used in corrugating adhesives". Industrial products technical service department of grain processing corp, Tappi J. pages 224-246. 1991.

