



نشاسته در صنعت کاغذ و کارتن

نشاسته از اجزای مهم تشکیل دهنده بسیاری از کاغذ ها است. از نظر وزنی بعد از فیبرهای سلولزی و فیبرهای معدنی ، نشاسته سومین عامل تشکیل دهنده کاغذ است. از نشاسته بعنوان عامل کمک منعقد کننده ، نگهدارنده و پیوند دهنده سایر اجزای تشکیل دهنده ، بعنوان آهار سطحی کاغذ ، پیوند دهنده در فرایند کوتینگ و در نهایت جهت چسباندن لایه های کارتن به یکدیگر استفاده می شود.

پایانه تر :

نشاسته های کاتیونی نشاسته آمفوتر

سایز پرس :

نشاسته طبیعی نشاسته اکسید نشاسته هیدروکسی اتیل نشاسته کاتیونی

کوتینگ :

نشاسته طبیعی نشاسته اکسید نشاسته هیدروکسی اتیل

تولید ورق کارتن و لمینه کردن :

نشاسته طبیعی نشاسته های اصلاح شده دکسترین

ذرت ، گندم ، سیب زمینی و تاپوکا منابع اصلی نشاسته هستند . در صنعت کاغذ ، نشاسته طبیعی تنها در تولید ورق کارتن سازی و فرایند لمینت کردن مصرف عمده دارد و در سایر موارد معمولاً از نشاسته های اصلاح شده استفاده می شود. در ادامه به بررسی نشاسته های اصلاح شده خواهیم پرداخت :

نشاسته اسید مویفاید :

نشاسته اسید مودیفاید در اثر شکستن پلیمر های بزرگ نشاسته در حضور آب توسط اسید کلریدریک یا سایر اسید های معدنی بدست می آید. پایین بودن ویسکوزیته در دمای بالا شاخصه این نوع نشاسته ها است و مصرف اصلی آنها در سایز پرس یا کلندر است.



نشاسته اکسید شده :

از واکنش نشاسته طبیعی با آب ژاول یا آب اکسیژنه در مقیاس صنعتی نشاسته اکسید شده تولید میگردد. با توجه به نیاز فرایند تولید کاغذ ، نشاسته های اکسید با ویسکوزیته های مختلفی تولید می شوند . نشاسته اکسید به عنوان یک آهار ارزان قیمت جهت سایزینگ یا کوتینگ کاغذ کاربرد بسیاری دارد. به منظور کاهش مشکلات پساب کارخانه های بازیافت کاغذ ، استفاده از نشاسته اکسید شده در سالهای اخیر در کشورهای پیشرفته رو به کاهش بوده است .

نشاسته هیدروکسی اتیل :

واکنش نشاسته طبیعی با گاز اتیلن اکسید منجر به تولید نشاسته هیدروکسی اتیل می شود . این نشاسته نیز همانند نشاسته اکسید شده دارای ویسکوزیته های مختلف است که بر اساس نیاز مصرف کننده تولید می شود . برتری این نشاسته نسبت به نشاسته اکسید شده ، تشکیل فیلم بسیار قوی تر نسبت به نشاسته اکسید شده وهمچنین بهبود پارامترهای مقاومتی کاغذ است. مزیت اصلی استفاده از نشاسته هیدروکسی اتیل در فرایند بازیافت کاغذهای سایز یا پوشش داده شده با این نشاسته است. با توجه به اینکه نشاسته هیدروکسی اتیل نسبت به نشاسته اکسید شده خاصیت معلق سازی و پراکنده سازی کمتری دارد ، پساب کارخانه های بازیافت دارای بار آلودگی کمتری است . امروزه در ایالات متحده و اروپا جهت سایزینگ و کوتینگ کاغذ علی رغم قیمت بالاتر ، نشاسته هیدروکسی اتیل انتخاب برتر است .

نشاسته کاتیونی :

نشاسته کاتیونی از واکنش نمکهای آمین نوع سوم و چهارم با نشاسته طبیعی حاصل می شود . مصرف اولیه این نوع نشاسته ها بعنوان کمک نگهدارنده فیلر و الیاف درخمیر و بهبود دهنده پارامتر های مقاومت کاغذ است . اخیرا مصرف نشاسته های کاتیونی با ویسکوزیته های کنترل شده در سایز پرس گسترش فراوانی داشته است . نشاسته کاتیونی با اصلاح تکمیلی با پرئودیک اسید به نشاسته کاتیونی دی آلدئید تبدیل می شود . این نوع نشاسته بعنوان عامل کمکی در ایجاد مقاومت کوتاه مدت مرطوب در تولید دستمال کاغذی و محصولات مشابه کاربرد دارد.

نشاسته های آمفوتر:

نشاسته های طبیعی با واکنش با فسفریک اسید و یا فسفات فلزات قلیایی نشاسته های آنیونی فسفات را پدید می آورند. گروه دیگری از نشاسته های آنیونی با اضافه شدن گروه کربوکسی متیل به نشاسته طبیعی تولید می شوند. در صنعت کاغذ اصلاح آنیونی نشاسته به منظور ایجاد خواص آمفوتریک در نشاسته های کاتیونی ذرت ، گندم و تاپوکا برای ایجاد کارایی بهتر در پایانه تر صورت



می گیرد. در برخی فرایندهای قلیایی با توجه به نوع فرنیس و سایر پرکننده ها و ریز ذره ها، استفاده از نشاسته کاتیونی تعادل الکترو استاتیک را برهم می زند، در این گونه موارد، از نشاسته آمفوتر با مقدار جزئی بار کاتیونی استفاده می شود. در این حالت نشاسته آمفوتر عملکرد و راندمان بهتری در نگهداری پرکننده ها و همچنین فرایند آگیری و در نهایت مقاوت کاغذ نسبت به نشاسته کاتیونی خواهد داشت. نشاسته اکسید شده و همچنین نشاسته طبیعی سیب زمینی به طور ذاتی دارای بار آنیونی هستند، لذا پس از فرایند کاتیونی شدن دارای مزایای نشاسته های آمفوتر هستند.

دکسترین

از حرارت دادن پودر نشاسته در حضور اسید یا کاتالیزور دیگر دکسترین تولید می شود. دکسترین ها در رنج های مختلف از نظر رنگ و ویسکوزیته تولید میشوند. مصرف اصلی دکسترینها به عنوان چسب در صنعت کاغذ است.

در ادامه شرح کلی در خصوص فرایند مصرف نشاسته در واحدهای کاغذ سازی خواهیم داشت:

حمل و نقل، دریافت و انبارش نشاسته

در حال حاضر در ایران اغلب نشاسته در کیسه های ۲۵ کیلوگرمی، با پالت یا به تنهایی، توسط کامیون و تریلی به کارخانه های کاغذ سازی حمل میشوند. با توجه به سیستم حمل و نقل موجود، انبارش رایج کیسه های نشاسته نیز در سالنهای سرپوشیده و به دور از تابش مستقیم نور آفتاب است. در سیستم حمل و نقل درون کارخانه نیز معمولاً لیفتراک، گاری های دستی و جرثقیل های سقفی ابزار کمکی اپراتور ها هستند. در نهایت، این اپراتور هست که به صورت دستی، کیسه های نشاسته را تک تک باز نموده و بر اساس فرمولاسیون پخت، نشاسته را در مخزن تهیه شیر نشاسته حل میکنند.

از معایب سیستم فعلی رایج در ایران، هزینه جاری بالای نیروی انسانی در قیمت تمام شده واحد نشاسته در کاغذ است.

در نگاه کلی هزینه نیروی انسانی از کارخانه تولید نشاسته در سیستم بسته بندی کیسه های ۲۵ کیلوگرمی، پالت و تسمه، استرچ، حمل و نقل و بارگیری آغاز می شود و در ادامه تا رسیدن نشاسته به تانک تهیه شیرنشاسته طی فرایندی که قبلاً شرح داده شد اضافه می شود. با توجه به فاصله بین تامین کنندگان نشاسته و مصرف کنندگان، استفاده از سیستمهای حمل و نقل با بونکر و یا جامبو بگ و همچنین استفاده از سیستمهای مکانیزه دریافت، انبارش و انتقال می تواند در کاهش هزینه های جاری نیروی انسانی موثر باشد. در طراحی سیلوها و خطوط انتقال نشاسته با توجه به اینکه مخلوط غبار نشاسته با هوا قابلیت انفجار بسیار بالایی دارد، رعایت کلیه اصول ایمنی جهت جلوگیری از ایجاد انفجار ضروری است. از مهمترین موارد آن میتوان به رعایت اتصال به زمین تجهیزات، برای تخلیه بار الکترو استاتیک احتمالی، استفاده از موتورهای ضد انفجار در مکانهای در معرض غبار، سیستمهای پیش گیری از ایجاد جرقه و همچنین تعبیه دریچه های انفجار جهت سیلوهای نشاسته اشاره کرد. از دیگر مواردی که در سیستم انبارش



نشاسته در سیلو می بایست رعایت شود، تعبیه سیستمهای وکیوم یا دمش برای ایجاد سیستم سیرکولاسیون داخلی سیلو و همچنین مکانیسم های لرزشی یا ضربه ایی جهت روان سازی جریان نشاسته به هنگام انتقال است. در کارخانه های فعلی تولید کاغذ با اضافه نمودن تجهیزات تکمیلی، بدون نیاز به سرمایه گذاری بالا میتوان امکانات مورد نیاز استفاده از جامبو بگ را فراهم نمود. سیستمهای تخلیه، نگهداری و توزین دیجیتال با ظرفیت ۱ الی ۲ تن انبارش و دقت ۵۰۰ گرم در توزین به سادگی میتوانند با کمک پردازشگرهای دیجیتال، سیستم توزین نشاسته، تعیین لول آب و زمان و دمای پخت نشاسته را با دقت بالا کنترل کنند. علاوه بر کاهش هزینه های نیروی انسانی از دیگر مزایای استفاده از جامبو بگ، در صورت تعامل طرفین در انتخاب اولیه جامبو بگ های مقاوم و استفاده مجدد از جامبو بگهای مستعمل، کاهش ۷۰ درصدی هزینه بسته بندی نشاسته است.

تهیه سوسپانسیون نشاسته

به منظور تهیه مخلوط یکنواخت نشاسته در آب، سیستمهای پیوسته یا ناپیوسته تهیه سوسپانسیون نشاسته طراحی میشوند. در واحد های پیشرفته این سیستم دارای اتوماسیون کامل بوده و توزین نشاسته و مقدار آب مورد نیاز توسط سیستمهای الکترونیکی کنترل میشود، حال آنکه در بیشتر واحد های موجود در ایران کنترل این قسمت نیز توسط اپراتور صورت می گیرد. در طراحی تانکهای تهیه سوسپانسیون نشاسته و لوله کشی های انتقال باید تمهیدات لازم جهت جلوگیری از ته نشینی نشاسته در نظر گرفته شود. سایز لوله های انتقال باید به نحوی انتخاب شود که سوسپانسیون نشاسته حداقل سرعت ۴۵ سانتیمتر بر ثانیه را داشته باشد. لوله کشی ها باید به گونه ایی باشد تا در زمان قطع برق حداکثر ظرف نیم ساعت امکان تخلیه نشاسته موجود و شستشوی مسیرهای انتقال باشد. در صورت ته نشینی نشاسته در تانک، می توان از هوای فشرده یا پمپهای کارواش به منظور محلول سازی مجدد نشاسته و آزاد سازی پروانه اصلی میکسر از درون نشاسته ته نشین شده استفاده کرد. گرانولهای نشاسته های طبیعی پس از حل شدن در آب در دمای محیط (حدود ۲۵ درجه سانتیگراد) به مقدار جزئی متورم می شوند. حداکثر مقدار ماده خشک در محلول نشاسته طبیعی در این دما بین ۴۰ تا ۴۵ درصد است. در نشاسته های اصلاح شده، ساختار گرانولی نشاسته ضعیف تر از نشاسته های طبیعی است، از این رو متورم شدن آنها در آب بیشتر است و حداکثر مقدار ماده خشک در محلول کم تر از نشاسته های طبیعی است.

ته نشین شدن نشاسته های طبیعی مختلف با یکدیگر تفاوت دارد، اما همواره سرعت ته نشینی نشاسته های اصلاح شده نسبت به پایه های طبیعی خود کمتر است. نشاسته ها به سرعت مورد حمله باکتریها قرار میگیرند، در صورتیکه سوسپانسیون نشاسته را بخواهیم بیش از چند ساعت در مخزن نگهداری کنیم میبایست با استفاده از مواد شیمیایی کمکی، مانع رشد و تکثیر باکتری ها و کپکها شویم. نکته مورد توجه در انتخاب این گونه مواد توجه به اثر جانبی برخی از این مواد بر روی نشاسته ها است. بعنوان مثال آب ژاول و یا آب اکسیژنه علاوه بر از بین بردن باکتری ها با نشاسته وارد واکنش میشوند و باعث اکسید شدن نشاسته می شوند، حال آنکه فرمالین امکان ایجاد اتصال عرضی نشاسته ها را فراهم می کند.



پخت نشاسته اکسید - هیدروکسی اتیل

حرارت دادن سوسپانسیون نشاسته در آب باعث نفوذ آب به درون گرانولهای نشاسته و تورم آنها تا چند برابر اندازه اولیه آنها می شود. در ادامه فرایند پخت مخلوطی از گرانولهای متورم شده و از هم پاشیده و همچنین ملکولهای نشاسته که از گرانولها خارج شده اند بدست می آید، پس از آن با افزایش دما گرانولهای نشاسته به سرعت از هم پاشیده میشوند و کلئیدی شامل آمیلوز و آمیلوپکتین را تشکیل می دهند. در عمل در پخت با فشار اتمسفر هیچگاه کل گرانولهای نشاسته به صورت دو جزء آمیلوز و آمیلوپکتین در نمی آیند. در این بخش هدف از پخت نشاسته ایجاد شرایط مورد نیاز جهت استفاده بهینه در پایانه تر، سایز پرس و یا فرایند کوتینگ است.

در کارخانه های تولید کاغذ نشاسته در تانکهای استنلس استیل با تزریق مستقیم بخار در داخل سوسپانسیون نشاسته و یا از طریق حرارت غیر مستقیم بخار توسط جداره تانک پخت داده می شود. تانکهای پخت مجهز به میکسر و موج شکنهایی در بدنه هستند تا از به وجود آمدن گرداب دور پروانه میکسر و ایجاد تنش سینوسی در تانک جلوگیری شود. حداقل زمان لازم برای پخت این نشاسته ها ۲۰ دقیقه در دمای ۹۵ درجه سانتیگراد است.

هنگامی که پخت توسط تزریق مستقیم بخار انجام میشود، مقدار کندانس بخار نیز میبایست در محاسبه مقدار آب در نظر گرفته شود. به منظور پیشگیری از تشکیل کریستالهای آمیلوز و رتروگرادیشن نشاسته، نشاسته پخته شده باید در دمای بالای ۹۱ درجه نگهداری شود، یا اینکه سریعا تا دمای ۶۶ درجه سانتیگراد خنک شود. کنترل دمای نگهداری نشاسته پخته شده و مقدار آب موجود در آن از مهمترین پارامترهای تاثیر گذار در کارخانه های کاغذ سازی است.

در فرایند پخت نشاسته در فشار اتمسفر گرانولهای آسیب دیده نشاسته به اندازه گرانولهای سالم متورم نمیشوند از این رو گسترش آمیلوز و آمیلوپکتین از درون آنها به بیرون انجام نمی پذیرد. برای گسترش کامل اغلب این گرانولها دمای لازم حدود ۱۲۰ الی ۱۴۰ درجه سانتیگراد است. برای بدست نتایج بهتر از روشهای زیر استفاده می شود: جت کوکینگ، پخت تحت فشار بالای اتمسفر. پخت تحت فشار توسط جت کوکر یکی از راههای ممکن برای رسیدن به بهره وری بالاتر در صنعت کاغذ سازی است. در این سیستم دمای پخت میتواند تا ۱۲۰ درجه سانتیگراد بالا برود. بر خلاف پخت در فشار اتمسفر که به صورت ناپیوسته صورت میگرد، در روش جت کوکر فرایند پخت پیوسته است و تا زمان پر شدن تانک ذخیره نشاسته پخته شده ادامه می یابد.

به منظور تکمیل بهینه فرایند پخت و بدست آوردن گسترش بیشتر اجزا نشاسته، می توان نشاسته خروجی جت کوکر را برای مدت زمان کوتاهی در تانک یا کویل تحت فشار نگهداری کرد و با تزریق بخار آخرین مقاومتها نسبت به گسترش را در گرانولهای نشاسته از بین برد. پس از آن نشاسته را به مخازن ذخیره با فشار اتمسفر منتقل میکنند.



از دیگر روشهای ممکن پخت این نشاسته ها در مخازن تحت فشار است ، در این روش سوسپانسیون نشاسته را تا انجام کامل فرایند پخش تحت فشار نگهداری میکنند. در اغلب موارد پخت نشاسته ، سوسپانسیون نشاسته با غلظت بالاتر از غلظت مورد استفاده در خط پخته می شود ، پس از تکمیل فرایند پخت با اضافه کردن آب با دمای حدود ۳۸ درجه سانتیگراد مقدار ماده خشک مورد نیاز تزریق روی خط را تامین میکنند. در صورت استفاده از آب با دماهای پایینتر ، شوک دمایی به نشاسته باعث رتروگریدشن گسسته نشاسته می شود.

پخت نشاسته کاتیونی – آفوتر

مهمترین فاکتور نشاسته های کاتیونی و آفوتر در هنگام مصرف در خمیر کاغذ و پایانه تر قدرت تورم نشاسته یا به اصطلاح swelling power آن است . گرانیلهای متورم نشاسته کاتیونی در بین الیاف کاغذ به دام افتاده و به عنوان عامل تشکیل فلوک به همراه خود سایر پرکننده ها را نیز نگه میدارند ، در حین فرایند خشک شدن در اثر حرارت سیلندرهایی خشک کن نشاسته موجود در الیاف کاغذ کاملاً ژل شده و گسترش کامل را در بافت کاغذ خواهد داشت . در صورتیکه نشاسته قدرت تورم مناسبی نداشته باشد حتی در صورت بالا بودن DS مقادیر زیادی از آن در حین آگیری از خط خارج می شوند . از این رو در بسیاری از روشهای پخت در خصوص نشاسته کاتیونی و آفوتر عنوان شده که عملیات پخت باید تا حدی صورت گیرد که گرانیلهای کاملاً متورم شوند و نیازی نیست که همانند پخت نشاسته اکسید ، پخت کامل صورت گیرد و زنجیره های آمیلوز و آمیلو پکتین از غشای گرانول خارج شوند ، چرا که این موضوع باعث کاهش بهره وری نشاسته کاتیونی می شود. به همین دلیل در فشار اتمسفر پخت در حدود بازه دمایی ۸۵-۹۰ به مدت ۱۵ دقیقه و در درجت کوکر دمای پخت ۱۰۰ الی ۱۰۵ پیشنهاد میشود.

با بیشتر بودن میزان ds نشاسته های کاتیونی ، مقدار مصرف مجاز در خمیر کاهش میابد زیرا میزان تشکیل فلاک بین الیاف بیشتر شده و یکنواختی بافت کاغذ را تخریب میکند . اگر هدف از مصرف نشاسته کاتیونی نگهداری بیشتر نرمه ها و فیلر باشد بهتر است از نشاسته کاتیونی با ds بیشتر و با دوز مصرف کمتر و در محل بعد از فن پمپ استفاده شود. اگر هدف افزایش مقاومت کاغذ است ds کمتر با دوزینگ بیشتر و پیش از فن پمپ مناسبتر است. سوسپانسیون نشاسته کاتیونی را معمولاً با غلظت اولیه ۵ الی ۶ درصد تهیه میکنند ، پس از پخت با اضافه کردن آب ۴۰ الی ۴۵ درجه غلظت محلول را به ۱,۵ الی ۲ درصد رسانیده و دردمای حدود ۶۰ درجه سانتیگراد نگهداری میکنند .