

فناوری رنگبری خمیر کاغذ

مؤلفین:

دکتر امیر هومن حمصی

دانشیار گروه مهندسی چوب و کاغذ واحد علوم و تحقیقات
دانشگاه آزاد اسلامی

مهندس رضا حسین پور

کارشناس ارشد مهندسی علوم و صنایع چوب و کاغذ
دانشگاه آزاد اسلامی

- سرشناسه : حمصی، امیرهومن، ۱۳۵۱ -
- عنوان و نام پدیدآور : فناوری رنگبری خمیر کاغذ/ مولفین امیرهومن حمصی، رضا حسین پور.
- مشخصات نشر : تهران: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، ۱۳۹۱.
- مشخصات ظاهری : ۴۶۳ ص.: مصور، جدول، نمودار.
- شابک : ۹۷۸-۹۶۴-۱۰-۱۱۴۲-۲
- وضعیت فهرست نویسی : فیپا
- یادداشت : کتابنامه
- موضوع : خمیر کاغذ
- موضوع : سفیدگری
- موضوع : کاغذ سازی و تجارت کاغذ
- موضوع : خمیر کاغذ - سفیدگری
- شناسه افزوده : حسین پور، رضا، ۱۳۶۰ -
- شناسه افزوده : دانشگاه آزاد اسلامی. واحد علوم و تحقیقات
- رده بندی کنگره : TS ۱۱۷۶/۶ ۱۳۹۱ ۸ ح ۷ س/
- رده بندی دیویی : ۶۷۶/۱
- شماره کتابشناسی ملی : ۲۸۶۰۹۳۸

نام کتاب: فناوری رنگبری خمیر کاغذ

تالیف: امیرهومن حمصی، رضا حسین پور

چاپ اول: ۱۳۹۱

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

ISBN: 978-964-10-1142-2

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۱۰-۱۱۴۲-۲

تیراژ: ۳۰۰۰ جلد

قیمت: ۱۴۰۰۰۰ ریال

مرکز پخش: میدان پونک - انتهای بزرگراه اشرفی اصفهانی - به سمت حصارک - دانشگاه آزاد

اسلامی واحد علوم و تحقیقات - ساختمان علوم انسانی تلفن: ۴۴۸۶۵۱۱۱

پیشگفتار مولفین

رنگبری خمیر کاغذ یکی از مراحل مهم تولید انواع مختلفی از کاغذ های مصرفی در دنیا بوده که طی چند دهه پیش با توجه به فشارهای زیست محیطی دچار تغییرات قابل توجهی شده است. موضوعات مرتبط با رنگبری، معمولاً به عنوان بخشی از کتب مربوط به تولید خمیر کاغذ مطرح بوده و مرجع مجزا و جامعی در این خصوص در کشور وجود ندارد. اهمیت این بخش از فرآیند تولید از جنبه های گوناگون فنی و زیست محیطی، مولفان کتاب حاضر را بر آن داشت تا اقدام به تدوین این اثر نمایند. این کتاب علاوه بر انواع مواد شیمیایی، اصول و فرآیندهای رنگبری خمیر کاغذ را در حد امکان توضیح داده و به عنوان یک مرجع مستقل به منظور مقاصد آموزشی و پژوهشی طراحی و تدوین شده است. بدین ترتیب، محتویات کتاب برای همکاران و همچنین دانشجویان مقاطع مختلف رشته های مهندسی شیمی و صنایع خمیر و کاغذ سازی به خصوص در مقاطع تحصیلات تکمیلی مفید خواهد بود. همچنین با توجه به رویکرد کاربردی کتاب، بخش های مختلف کتاب برای متخصصین و مهندسین دست اندر کار بخش صنعت قابل استفاده است.

در مقدمه کتاب، تاریخچه مواد و شیوه های مختلف مورد استفاده در رنگبری به طور مختصر توضیح داده شده است. در فصل اول کتاب چشم انداز توسعه صنایع خمیر و کاغذ از جنبه سیاستگذاری و برنامه ریزی و همچنین برخی مسائل فنی و پژوهشی مورد بررسی قرار گرفته است. فصل دوم کتاب به معرفی انواع مواد شیمیایی مورد استفاده در رنگبری صنعتی شامل اکسیژن، دی اکسید کلر، پروکسید هیدروژن، اسید پراستیک، اوزون، دی تیونیت سدیم و غیره و همچنین چگونگی تهیه آنها می پردازد. فصل سوم کتاب توالی های مختلف رنگبری را معرفی کرده و توضیح می دهد. فصل چهارم کتاب واکنش های لیگنین طی فرآیند تولید خمیر کاغذ به روش های کرافت و سولفیت و ساختار لیگنین باقیمانده را توضیح می دهد. فصل پنجم کتاب، به فرآیند رنگبری با اکسیژن، اوزون و هیدرولیز اسیدی داغ اختصاص داده شده است. فصل ششم کتاب مربوط به فرآیند رنگبری با دی اکسید کلر است. فصل هفتم کتاب، به مرحله استخراج قلیایی طی فرآیند رنگبری می پردازد. فصل هشتم کتاب، فرآیند رنگبری با پروکسید هیدروژن را شرح می دهد. فصل نهم کتاب، سایر انواع مواد مورد استفاده در رنگبری شامل اسید پراستیک، اسید پروکسی

مونو سولفوریک، برخی آنزیم ها، کلر، هیپوکلریت و پلی اکسومتالات ها را به طور مختصر مطرح می کند. فصل دهم، رنگبری خمیر کاغذ کرافت و سولفیت به روش "کاملاً عاری از کلر" را شرح می دهد. فصل یازدهم کتاب درباره پایداری درجه روشنی بحث می کند. فصل دوازدهم کتاب موضوع بازده فرآیندهای رنگبری خمیر کاغذ شیمیایی را مورد بررسی قرار می دهد. فصل سیزدهم کتاب، چگونگی رنگبری خمیر کاغذ مکانیکی با بی سولفیت، دی تیونیت و پروکسید هیدروژن را توضیح می دهد. فصل چهاردهم کتاب، به رنگبری الیاف ثانویه برای تولید دستمال کاغذی و مقوا می پردازد. فصل پانزدهم کتاب، در خصوص مصرف آب در فرآیند رنگبری است. در نهایت فصل شانزدهم، مهمترین تجهیزات مورد استفاده در فرآیند رنگبری شامل برخی پمپ ها، مخلوط کن ها، راکتورها و غیره را معرفی می نماید.

در تالیف این کتاب، از دو منبع معتبر و ارزشمند: (۲۰۱۰) Pulp Bleaching Today، تالیف Hans Ulrich Suess و (۲۰۰۶) Handbook of Pulp، تالیف Herbert Sixta بیش از سایر مراجع استفاده شده است.

در تدوین نوشته حاضر سعی و کوشش شده است تا اشکالات احتمالی حداقل باشد. با این حال، توصیه ها و نظرات ارشادی خوانندگان محترم، نگارندگان را در تکمیل کتاب یاری خواهد داد.

در خاتمه وظیفه خود می دانیم از همکاری صمیمانه و مساعدت های دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران که امکان تالیف و چاپ کتاب را فراهم کرده اند سپاسگذاری نماییم.

دکتر امیرهومن حمصی - مهندس رضا حسین پور

زمستان ۱۳۹۰

فهرست مطالب

مقدمه

تاریخچه رنگبری.....	۱
منابع مورد استفاده.....	۱۴

فصل اول: چشم انداز توسعه صنایع خمیر و کاغذ در کشور

۱-۱- سیاستگذاری و برنامه ریزی.....	۱۷
۲-۱- دستاوردهای علمی و پژوهشی.....	۱۹
منابع مورد استفاده.....	۲۶

فصل دوم: خواص و چگونگی تهیه مواد رنگبری

۱-۲- عوامل رنگبری.....	۲۹
۲-۲- ویژگی های فیزیکی و شیمیایی عوامل اکساینده.....	۳۲
۱-۲-۲- اکسیژن.....	۳۲
۲-۲-۲- دی اکسید کلر.....	۳۵
۳-۲-۲- پروکسید هیدروژن.....	۴۴
۴-۲-۲- اسید پراستیک.....	۵۱
۵-۲-۲- اوزون.....	۵۴
۳-۲- عوامل کاهنده، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی.....	۵۶
۱-۳-۲- دی تیونیت سدیم.....	۵۶
۲-۳-۲- دی اکسید گوگرد.....	۵۹
۳-۳-۲- اسید سولفونیک فرمامیدین.....	۶۲
۴-۲- آنزیم ها.....	۶۴
۵-۲- مواد شیمیایی کمکی مورد استفاده در عملیات رنگبری.....	۶۵
۱-۵-۲- سود سوزآور، مایع پخت سفید اکسید شده.....	۶۵
۲-۵-۲- سیلیکات سدیم.....	۶۸
۳-۵-۲- اسید سولفوریک.....	۶۹
۴-۵-۲- عوامل کی لیت ساز.....	۷۰
۵-۵-۲- سولفات منیزیم.....	۷۲
۶-۲- عبارات خطر و ایمنی.....	۷۳

منابع مورد استفاده ۷۵

فصل سوم: توالی های رنگبری خمیر کاغذ

- ۱-۳- بازدهی تهیه خمیر کاغذ ۸۰
- ۲-۳- نیاز به مواد شیمیایی رنگبری ۸۴
- ۳-۳- مقدار مواد آلی محلول در پساب ۸۵
- منابع مورد استفاده ۸۹

فصل چهارم: واکنش های لیگنین در فرآیند کرافت و سولفیت

- ۱-۴- واکنش های لیگنین در پخت کرافت ۹۱
- ۱-۱-۴- واحدهای فنولی ۹۲
- ۲-۱-۴- واکنش های عسیمی لیگنین ۹۳
- ۳-۱-۴- واحدهای غیر فنولی ۹۹
- ۴-۱-۴- تشکیل گروه های رنگ ساز ۱۰۱
- ۵-۱-۴- ساختار لیگنین باقی مانده ۱۰۲
- ۲-۴- واکنش های لیگنین در پخت سولفیت ۱۰۴
- منابع مورد استفاده ۱۱۶

فصل پنجم: لیگنین زدایی با اکسیژن، ازن و هیدرولیز اسیدی داغ

- ۱-۵- شرایط فرآیند ۱۲۵
- ۲-۵- پیامد شستشوی ضعیف ۱۳۱
- ۳-۵- لیگنین زدایی خمیر کاغذ حاصل از پهن برگان توسط اکسیژن ۱۳۵
- ۴-۵- مشکل زدایی در فرآیند لیگنین زدایی با اکسیژن ۱۳۷
- ۵-۵- مختصری در باره شیمی لیگنین زدایی با اکسیژن ۱۳۸
- ۶-۵- انتقال جرم و سینتیک لیگنین زدایی با اکسیژن ۱۴۹
- ۱-۶-۵- مقدمه ۱۴۹
- ۲-۶-۵- بررسی سینتیک فرآیند لیگنین زدایی با اکسیژن ۱۵۰
- ۷-۵- کاربرد ازن در لیگنین زدایی خمیر کاغذ ۱۶۴
- ۸-۵- هیدرولیز اسیدی داغ ۱۷۲
- منابع مورد استفاده ۱۷۷

فصل ششم: لیگنین زدایی با دی اکسید کلر

۱۸۳	۱-۶- لیگنین زدایی با دی اکسید کلر
۱۹۱	۱-۱-۶- شرایط واکنش برای مرحله Do
۱۹۵	۲-۱-۶- میزان pH
۱۹۶	۲-۶- کاربرد دی اکسید کلر در رنگبری
۲۰۷	۳-۶- لیگنین زدایی دی اکسید کلر اصلاح شده خمیر کاغذهای پهن برگ
۲۱۲	۴-۶- تولید ترکیبات آلی هالوژنه (VOX, OX و AOX)
۲۲۶	۵-۶- کنترل عملیات در مراحل D
۲۲۶	۶-۶- مشکل زدایی در مراحل D
۲۳۶	منابع مورد استفاده

فصل هفتم: استخراج قلیایی

۲۴۷	۱-۷- استخراج اکسیدی تقویت شده
۲۵۵	۲-۷- پراکسید هیدروژن در عملیات با لیگنین
۲۶۵	۳-۷- تجزیه پراکسید هیدروژن در رنگبری
۲۷۱	۴-۷- سایر منابع قلیا در مرحله استخراج
۲۷۵	۵-۷- کنترل مرحله استخراج
۲۷۶	۶-۷- مشکل زدایی در مرحله استخراج
۲۷۷	منابع مورد استفاده

فصل هشتم: رنگبری با پراکسید هیدروژن

۲۷۹	۱-۸- افزودن پراکسید هیدروژن به خمیر کاغذ قهوه ای
۲۸۰	۲-۸- روشن سازی خمیر کاغذ رنگبری شده
۲۸۳	۳-۸- کاربرد پراکسید هیدروژن در مرحله استخراج ثانویه
۲۸۴	۴-۸- رنگبری نهایی با پراکسید، رنگبری خمیر کاغذ ذخیره شده متراکم
۲۹۱	۵-۸- لیگنین زدایی/ رنگبری کاتالیز شده با پراکسید
۲۹۳	۶-۸- خوردگی تیتانیوم در اثر تیمار پراکسید قلیایی
۲۹۴	۷-۸- مشکل زدایی در مراحل P
۳۰۲	منابع مورد استفاده

فصل نهم: سایر مواد شیمیایی مورد استفاده برای رنگبری

۳۰۵	۱-۹- اسید پراستیک
۳۰۹	۲-۹- اسید پروکسی منو سولفوریک
۳۱۰	۳-۹- آنزیم ها
۳۱۷	۴-۹- کلر
۳۱۸	۵-۹- هیپوکلریت
۳۲۰	۶-۹- پلی اکسولفات ها
۳۲۲	منابع مورد استفاده

فصل دهم: رنگبری خمیر کاغذ با روش کاملاً عاری از کلر

۳۲۵	۱-۱۰- رنگبری TCF خمیر کاغذ کرافت
۳۲۸	۲-۱۰- رنگبری ECF ملایم خمیر کاغذ کرافت
۳۳۰	۳-۱۰- رنگبری TCF خمیر کاغذ سولفیت
۳۳۸	منابع مورد استفاده

فصل یازدهم: پایداری روشنی

۳۵۴	۱-۱۱- رنگبری نهایی با دی اکسید کلر یا پراکسید
۳۶۲	۲-۱۱- رنگبری نهایی با اسید پراستیک یا ازون
۳۶۷	۳-۱۱- پایداری روشنی در رنگبری TCF و ECF ملایم
۳۷۲	منابع مورد استفاده

فصل دوازدهم: بازده فرآیند رنگبری خمیر کاغذ شیمیایی

۳۷۵	۱-۱۲- بازده فرآیند رنگبری خمیر کاغذ شیمیایی
۳۸۲	منابع مورد استفاده

فصل سیزدهم: رنگبری خمیر کاغذ مکانیکی

۳۸۷	۱-۱۳- رنگبری کاهشی
۳۸۷	۱-۱-۱۳- رنگبری با بی سولفیت
۳۸۹	۲-۱-۱۳- رنگبری با دی تیونیت
۳۹۱	۲-۱۳- مدیریت و کنترل فلزات استفاده از عوامل کی لیت ساز
۳۹۳	۳-۱۳- رنگبری با پراکسید هیدروژن

۳۹۵.....	۴-۱۳- فعال سازی معمولی و تثبیت
۴۰۴.....	۵-۱۳- فعال سازی با پراکسید اصلاح شده
۴۱۸.....	۶-۱۳- تکنولوژی رنگبری خمیر کاغذ مکانیکی
۴۲۱.....	۷-۱۳- استراتژی کنترل در عملیات رنگبری
۴۲۲.....	۸-۱۳- رفع عیب در عملیات رنگبری خمیر کاغذ مکانیکی
۴۲۵.....	منابع مورد استفاده

فصل چهاردهم: رنگبری الیاف ثانویه

۴۲۹.....	۱-۱۴- بازیافت کاغذ و مقوا
۴۳۶.....	۲-۱۴- عملیات بازیافت کاغذ چاپ
۴۴۵.....	۳-۱۴- بازیافت برای تولید دستمال کاغذی
۴۴۷.....	۴-۱۴- بازیافت برای تولید مقوا
۴۴۷.....	۵-۱۴- رفع نقص فنی در کارخانه های جوهر زدایی
۴۴۹.....	منابع مورد استفاده

فصل پانزدهم: مصرف آب در رنگبری، فرآیندهای بدون پساب

۴۵۱.....	۱-۱۵- مصرف آب در رنگبری، فرآیندهای بدون پساب
----------	--

مقدمه (تاریخچه رنگبری)

مروری کوتاه بر تاریخچه رنگبری خمیر کاغذ، نکات مهمی را برای ما آشکار می سازد. وقتی دلایل پیدایش روش های مختلف رنگبری در گذشته و انگیزه ایجاد تغییرات را درک کنیم، فناوری ها و مواد مورد استفاده کنونی برای ما مقبولیت بیشتری پیدا می کند. روشن سازی^۱، نتیجه فرعی عملیات تمییرسازی، یا همان حذف آلودگی ها^۲ و ناخالصی ها^۳ می باشد. از میان تمام محصولات ساخته دست بشر، عمدتاً پارچه ها اولین فرآورده هایی بودند که عملیات رنگبری در مورد آنها اعمال شد. عملیات شستشو و تیمار با آب صابون سبب حذف چربی ها، موم ها و لکه های رنگی می شود. حذف رنگ^۴، پیش زمینه ضروری قبل از انجام عملیات رنگرزی می باشد. امروزه درک این موضوع که در قرون گذشته فقط تعداد معدودی رنگ برای لباس ها وجود داشته است دشوار می باشد. برخی اطلاعات باستان شناسی در خصوص استفاده از رنگ های طبیعی در قرون گذشته وجود دارد. در آن زمان، رنگ محصولی تجملی بوده و فقط برای رفع نیازهای افراد خاص و برگزیده مصرف می شد. به عنوان نمونه، برای تولید حدوداً یک گرم از رنگ ارغوانی، به حدود ۸۰۰۰ عدد حلزون از انواع *Hexaplex truncullus* و *Haustellum brandaris*، که در آب های گرم شرق دریای مدیترانه یافت می شوند، نیاز بود.

لباس های برخی از اشرافیانی که در عصر آهن با آنان دفن شده اند با رنگی قرمز رنگ آمیزی شده اند. این رنگ از حشره *Coccus ilicis* - که بر روی نوع خاصی از درخت بلوط یعنی *kermes oak* یا *Quercus coccifer* می زیست، تهیه می شد. قشر متوسط جامعه از رنگ نیلی^۵ که از گیاه رنگی *Isatis tinctoria* تهیه می شد، استفاده می کردند. بعدها از گیاه حاره ای آنیل^۶ (*Indigofera saffruticosa*)، برای تهیه رنگ هایی در زمینه

^۱Brightening

^۲Dirts

^۳Impurities

^۴Stain

^۵Indigo

^۶Anil

(سایه) آبی^۱ و از گیاه روناس (*Rubia tinctorum*)، برای تهیه رنگ های قرمز استفاده می شد. برای تمامی این فرآیندهای رنگرزی، پارچه های تمیز و رنگبری شده بیشترین پتانسیل را برای پذیرش یک رنگ یکنواخت دارا هستند. از دی اکسید گوگرد به عنوان ماده ضد عفونی کننده و به احتمال زیاد برای رنگبری پشم و تهیه پارچه های رنگبری شده استفاده می شده است. مصریان باستان در گذشته از نور خورشید برای رنگبری پارچه ها استفاده می کردند. در قرون وسطی، هنر رنگبری پارچه های کتان در کشور هلند رواج یافت و به رنگبری علفی^۲ معروف شد [۳]. در این روش پارچه ها، با حفظ رطوبت، در حالی که در شرایط نسبتاً اسیدی حاصل از آب و شیر ترشیده قرار داشتند در معرض آفتاب تابستان قرار داده می شدند. سپس به آن ها عصاره ای از خاکستر چوب محلول در آب اضافه می شد. این عصاره حاوی کربنات پتاسیم (K_2CO_3) می باشد. از نقطه نظر شیمیایی می توان این فرآیند را نوعی اکسیداسیون پروکسیدی به شمار آورد که با رادیکال های آزاد اکسیژن آغاز شده و به احتمال زیاد دارای پروکسید هیدروژن می باشد. سپس فرآیند استخراج به ملایمت انجام می شد. کل فرآیند رنگبری چند ماه به طول می انجامید. Claude Louis Bethollet، مدیر شرکت «پارچه های رنگرزی» در اواخر قرن ۱۸، به خاطر پادشاه فرانسه و همچنین عاقله ای که به رنگبری داشت، تولید صنعتی آب ژاول (*eau de javel*) را در منطقه Javel، در حومه غرب پاریس آغاز کرد. به نظر می رسد این اقدام به سال ۱۷۷۷ بر می گردد و برای انجام آن به چندین ماده شیمیایی مانند کلر نیاز بوده است.

در سال ۱۷۹۲ یک اختراع^۳ به نام George Taylor و Clement، به دلیل استفاده از گاز کلر یا هیپوکلریت برای رنگبری پارچه های کتان، پنبه ای، کاغذ و موادی از این قبیل در انگلستان به ثبت رسیده است [۴]. این سند، تولید گاز کلر را از کلرید سدیم، دی اکسید منگنز و اسید سولفوریک و چگونگی جذب کلر در آب را توضیح می دهد (شکل ۱). در این نوشته، همچنین رنگبری پارچه ها با آب کلر و با هیپوکلریت توضیح داده شده و به مزیت استفاده از آب کلر برای بهبود روشنی^۴ اشاره شده است. این پارچه ها در ابتدا با ماده آهک یا «خاکستر مروارید»^۵، مترادف با پتاس (K_2CO_3)، به منظور تمیز کردن پیش تیمار می شدند. سپس آب کلردار به یک «ماشین رنگبری»^۶، یعنی یک چلیک چوبی که حاوی پارچه های پیش تیمار شده بود، اضافه می شد. تمام فرآیند رنگبری طی چهار ساعت انجام

^۱Blue shades^۲Grass Bleaching^۳Patent^۴Brightness^۵Pearl ash

می شد. این متن توصیفی، اولین نوشته در مورد رنگبری خمیرکاغذ برای تولید کاغذ با استفاده از کلر یا هیپوکلریت است. این روش موثر مورد استفاده برای «زدودن رنگ»^۱ از پارچه ها، قطعاً برای سازندگان کاغذ نیز قابل استفاده بود.

استفاده صنعتی از کلسیم هیپوکلریت برای رنگبری توسط Charles Tennant متداول شد. او که مالک یک واحد رنگبری در اسکاتلند بود، دریافت که دستیابی به روشنی قابل قبول صرفاً با استفاده از نور خورشید بسیار دشوار است. ایشان استفاده از هیپوکلریت کلسیم مایع و جامد (پودر رنگبری)، را در مقیاس صنعتی توسعه داد. طی سال های ۱۷۹۸ و ۱۷۹۹، گواهی های اختراع شماره ۲۲۰۹ و ۲۳۱۳ در انگلستان به نام ایشان ثبت شد. با توجه به مزایای قابل توجه این روش، علی رغم قیمت نسبتاً بالا، تولید هیپوکلریت به سرعت افزایش یافت.



A.D. 1792 N° 1872.

Decolorizing & Bleaching Linen, Cotton, Paper, &c.

C. & G. TAYLOR'S SPECIFICATION.

TO ALL TO WHOM THESE PRESENTS SHALL COME, CLEMENT TAYLOR and GEORGE TAYLOR, of Maidstone, in the County of Kent, Esquires, send greeting.

WHEREAS His present most Excellent Majesty King George the Third, by His Letters Patent under the Great Seal of Great Britain, bearing date at Westminster, the Twenty-fifth day of April, in the thirty-second year of His reign, did give unto us, the said Clement Taylor and George Taylor, during the term of fourteen years therein expressed, should and lawfully might make, use, exercise, and vend, within that part of His said Majesty's Kingdom of Great Britain called England, His Dominion of Wales, and Town of Berwick-upon-Tweed, our Invention of "A New MANNER OF DISCOLORING OR BLEACHING ALL SORTS OF COLOURED LINENS AND COTTONS, AND FOR WHITENING ALL SORTS OF LINENS AND COTTONS IN DIFFERENT STAGES OF THE SAID MANUFACTURE;"

IN which said Letters Patent there is contained a proviso, obliging us, the said Clement Taylor and George Taylor, to cause a particular description of the nature of our said Invention, and in what manner the same is to be performed, by an instrument in writing under our hands and seals, to be enrolled in His Majesty's High Court of Chancery within six calendar months next and

شکل ۱- صفحه عنوان نخستین اختراع ثبت شده توسط برادران تیلور برای استفاده از هیپوکلریت و کلر در رنگبری. این کپی از نسخه منتشره در سال ۱۸۵۶، اقتباس شده است.

بنابراین، طی قرن نوزدهم، هیپوکلریت کلسیم به عنوان ماده متداول برای رنگبری مطرح شد. استفاده از هیپوکلریت کلسیم در دمای متوسط، روشنی را به مقدار مناسبی افزایش می دهد. محدودیت استفاده از این ماده شیمیایی، واکنش های جانبی آن با زنجیره سلولز است. در صورت افزایش دما به مقدار کم (حتی حدود ۴۵ درجه سانتی گراد)، چنانچه غلظت ماده رنگبر زیاد باشد، گروه های کربونیل به مولکول های سلولز اکسید می شوند. این واکنش آغازگر تخریب زنجیره سلولز بوده و در نتیجه این پلیمر را تخریب می کند. بنابراین دستیابی به روشنی بسیار بالا یا حذف مقدار زیادی از ناخالصی ها با استفاده از هیپوکلریت، به عنوان تنها ماده رنگبری در عمل بسیار دشوار است. معمولاً طی این فرآیند، الیاف تا حدودی تخریب می شوند.

چند صد سال پیش، ماده اولیه اصلی مورد استفاده برای ساخت کاغذ در اروپا، پارچه های پنبه ای و کتان بود. این پارچه ها را به قطعاتی بریده و با آسیاب سنگ کوبی (ماشین پرس)^۱، دفیبره می کردند. ماشین های پرس (تخماق)^۲، مورد استفاده با نیروی حاصل از آسیاب آبی کار می کردند و دارای ۴ تا ۶ سنگاب (تغار)^۳ بودند. تخریب الیاف با برش آنها آغاز شده و پس از چندین ساعت تمار مکانیکی، مواد اولیه به آسیاب بعدی منتقل می شدند. کل فرایند تا ۲ روز طول می کشید. در نیمه قرن هفدهم، با افزودن خمیر کوب (کوبنده های) هلندی^۴ به خط تولید، فرآیند تسریع شد. این ماشین با استفاده از تیغه های نصب شده بر روی یک نورد که با نیروی آب کار می کرد، پارچه ها را برش داده و تبدیل به خمیر کاغذ می کرد.

خمیر کوب هلندی با استفاده از چوب و به شکل یک حلقه بی پایان ساخته شده و بر روی آن تیغه های قابل تعویض نصب می شد (شکل ۲). استفاده از این ماشین، سرعت فرآیند دفیبره کردن و تولید خمیر کاغذ را به طور قابل ملاحظه ای افزایش داد. با افزایش حجم تولید خمیر کاغذ، ابعاد خمیر کوب های هلندی نیز بزرگتر شد. در قرن هجدهم این خمیر کوب ها را از سنگ می ساختند. در هنگام استفاده از این دستگاه باید درصد خشکی خمیر کاغذ آن قدر کم باشد که امکان عبور آن از بین شیارهای نورد غلظت تیغه دار و بستر ثابت وجود داشته باشد. زمان ماندگاری خمیر کاغذ در طشت خمیر کوب هلندی تا حدود یک روز، امکان تولید خمیر کاغذ و رنگبری توام آن را فراهم می ساخت.

^۱Stamping mills^۲Stampers^۳Trough^۴Hollander beaters