Archive Of SID

جنگل و فرآورده‌های چوب، مجله منابع طبیعی ایران
دورهٔ ٦٩، شمارهٔ ٣، پاییز ١٣٩٥

تاریخ دریافت: ١٣٩٣/٠٨/١٥
تاریخ پذیرش: ١٣٩٤/٠٤/٠٨

ص ٥٦١-٥٧٠

تأثیر نانوذرات رس بر ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی، ساختاری و حرارتی چسب اوره فرمالدهید

❖ **حامد یونسی کردخیلی؛** استادیار، گروه مهندسی علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشگاه سمنان، سمنان، ایران
❖ **سعید کاظمی نجفی؛** استاد، گروه مهندسی علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران
❖ **ربیع بهروز*؛** دانشیار، گروه مهندسی علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

چکیده

در این تحقیق، تأثیر نانوذرات رس به‌عنوان پرکننده بر ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی، ساختاری و حرارتی چسب اوره فرمالدهید بررسی شد. نانوذرات رس با نسبت‌های ٠/٥، ١ و ١/٥ درصد وزنی (نسبت به وزن خشک چسب) به چسب اوره فرمالدهید اضافه شدند. پس از افزودن نانوذرات، کلیهٔ ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی چسب از قبیل ویسکوزیته، زمان ژله‌ای شدن، درصد مادهٔ جامد و دانسیته، براساس روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شد. همچنین تغییرات ساختاری و حرارتی چسب اوره فرمالدهید حاوی نانورس به‌ترتیب با آنالیز طیف‌سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز (FTIR)، تفرق پراش پرتو ایکس (XRD) و آنالیز گرماسنجی تفاضلی (DSC) بررسی شد. نتایج این تحقیق نشان داد که با افزودن نانوذرات رس به چسب اوره فرمالدهید، دانسیته، ویسکوزیته و درصد مادهٔ جامد چسب افزایش پیدا می‌کند، درحالی که مقدار فرمالدهید آزاد و زمان ژله‌ای شدن چسب کاهش می‌یابد. نتایج آنالیز FTIR نشان داد که در چسب حاوی نانوذرات رس، میزان اتصالات متیلنی کاهش می‌یابد و پیک‌های جدیدی در باندهای $1140\ cm^{-1}$ و $950\ cm^{-1}$ مشاهده می‌شود که مؤید انجام گرفتن واکنش شیمیایی بین نانوذرات رس و چسب اوره فرمالدهید است. براساس نتایج آنالیز DSC، افزودن نانوذرات رس، سبب تسریع انعقاد چسب اوره فرمالدهید می‌شود، به‌طوری که دمای انعقاد اولیه و پیک انعقاد چسب اوره فرمالدهید از ٨٥ و ١١٠ درجهٔ سانتی‌گراد به‌ترتیب به ٧٥ و ٩٠ درجهٔ سانتی‌گراد کاهش می‌یابد. آنالیز XRD نشان داد که بعد از اضافه کردن نانوذرات رس به چسب، ساختار اتمی منظم نانورس از بین رفت و نانوذرات در درون پلیمر به‌طور کامل لایه‌لایه شدند.

واژه‌های کلیدی: چسب اوره فرمالدهید، نانورس، ویژگی حرارتی، ویژگی‌های ساختاری.

* نویسندهٔ مسئول، تلفن: ٠٩١١٣٩٥٤١٧٤
Email: Rabi.behrooz@modares.ac.ir

www.SID.ir

Archive Of SID

مقدمه

چسب‌های رایج در صنایع چوب به‌طور معمول به چند دستهٔ کلی آمینورزین‌ها (شامل اوره فرمالدهید و ملامین فرمالدهید)، چسب‌های فنولی (فنول فرمالدهید (PF)، رزرسینول فرمالدهید (RF) و ...)، چسب‌های ایزوسیانات (pMDI) و چسب‌های طبیعی (تانن، لیگنین، پروتئین و ...) دسته‌بندی می‌شوند. از بین چسب‌های مختلف، در حال حاضر چسب اوره فرمالدهید (UF) به‌دلیل ارزان بودن، انحلال‌پذیری خوب در آب، بی‌رنگ بودن، سختی زیاد، دمای انعقاد کم و خواص حرارتی مناسب، پرمصرف‌ترین چسب در صنایع چوب است، به‌طوری که بیش از ۹۰ درصد چسب استفاده‌شده در صنعت چوب ایران از نوع اوره فرمالدهید است [۱]. این چسب با وجود مزیت‌های مهم به عیوب مهمی دچار است که از مهم‌ترین آنها می‌توان به انتشار زیاد فرمالدهید، جذب زیاد آب و دوام کم در برابر شرایط متغیر جوی و عوامل بیولوژیک اشاره کرد. تا کنون تلاش‌های زیادی به‌منظور کاهش یا حذف معایب چسب اوره فرمالدهید صورت گرفته است که از جملهٔ آنها می‌توان به تغییر روش سنتز چسب اوره فرمالدهید، تغییر نوع کاتالیزور و استفاده از مواد افزودنی اشاره کرد [۲، ۳]. یکی از روش‌هایی که ضمن کاهش هزینهٔ چسب، موجب بهبود خواص آن و چندسازهٔ حاصل نیز می‌شود، استفاده از پرکننده‌هاست. برخی از پرکننده‌ها ضمن کاهش همکشیدگی چسب و کاهش تنش وارد به خط چسب موجب بهبود دوام، مقاومت مکانیکی و سختی چسب می‌شوند. همچنین جریان‌پذیری چسب با افزودن پرکننده بهبود می‌یابد که دلیل آن محبوس شدن آب موجود در چسب توسط پرکننده است [٤]. پرکننده‌های استفاده‌شده در چسب اوره فرمالدهید به دو دستهٔ آلی (آرد گندم، آرد چوب و ...) و معدنی (کائولین، مارلیت و رس چینی) تقسیم می‌شوند. هر یک از پرکننده‌های آلی و معدنی مزیت‌ها و معایبی دارد که توسط محققان زیادی گزارش شده است [۵]. ازاین‌رو تلاش برای پیدا کردن مادهٔ پرکننده با ویژگی‌های برتر و مؤثرتر همچنان ادامه دارد.

از سوی دیگر با توسعهٔ فناوری نانو، امروزه گروه جدیدی از پرکننده‌های معدنی به‌نام پرکننده‌های نانو (موادی با ابعادی در محدودهٔ ۱ تا ۱۰۰ نانومتر) به صنعت چسب معرفی شده‌اند. این نانومواد خواص فیزیکی و شیمیایی ویژه‌ای دارند که آنها را از مواد اولیه‌ای که این نانوذرات از آنها سنتز شده‌اند متفاوت می‌کند. مهم‌ترین نانوذراتی که به‌عنوان پرکننده در صنعت چسب استفاده می‌شوند، نانوذرات کربنات کلسیم، اکسید سیلیسیم و نانوذرات رس هستند. نتایج تحقیقات مختلف نشان داده است که به‌طور کلی استفاده از برخی نانوذرات در چسب‌ها موجب کاهش انتشار فرمالدهید، کاهش زمان ژله‌ای شدن و افزایش مقاومت‌های چسب می‌شود. در بین نانوذرات استفاده‌شده در صنعت چسب، نانوذرات رس به‌دلیل ارزان بودن و فراوانی اقبال بیشتری یافته است. نتایج تحقیقات مختلف نشان داد که نانوذرات رس موجب بهبود ویژگی‌های چندسازه‌های چوبی حاصل از چسب‌های اوره و فنول فرمالدهید می‌شوند [۵، ٦]. این نانوذرات به دلیل دارا بودن ابعاد کوچک و سطح ویژهٔ زیاد، قابلیت پرکنندگی چسب پس از انعقاد را دارند و بدین ترتیب در بهبود ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی چسب تأثیر بسزایی دارند. همچنین نانوذرات رس به‌طور ذاتی ویژگی‌های مکانیکی زیادی دارند که این

www.SID.ir

Archive Of SID

عامل احتمالاً تأثیر زیادی بر افزایش مقاومت‌های مکانیکی چسب و چندسازهٔ حاصل دارد. نتایج بررسی لی و همکاران (۲۰۰۸)، نشان داد که استفاده از نانوذرات رس در چسب اوره فرمالدهید تأثیر مثبتی بر خواص تخته خرده‌چوب دارند، به‌طوری که درصد زیادی از جذب آب و انتشار فرمالدهید آن را می‌کاهند و به‌طور چشمگیری موجب کاهش زمان پرس، افزایش اتصالات عرضی و در نهایت افزایش چسبندگی داخلی تخته خرده‌چوب می‌شوند [۵].

تحقیقات زیادی در زمینهٔ تأثیر نانوذرات رس به‌عنوان پرکننده روی ویژگی‌های مختلف فیزیکی، مکانیکی و حرارتی چندسازه‌های چوبی حاوی چسب اوره فرمالدهید صورت گرفته است [۶، ۷]؛ با وجود این، تاکنون به تأثیر نانوذرات رس بر ویژگی‌های چسب اوره فرمالدهید به‌تنهایی توجه نشده است. بنابراین، هدف این تحقیق بررسی تأثیر نانوذرات رس بر ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی و تغییرات ساختاری و حرارتی چسب اوره فرمالدهید است.

مواد و روش‌ها

چسب اوره فرمالدهید

چسب اوره فرمالدهید مورد نیاز از کارخانهٔ چسب‌سازی پارس شمالی تهیه شده و پس از انتقال به آزمایشگاه، ویژگی‌های مختلف آن از قبیل درصد مادهٔ جامد، pH، دانسیته، ویسکوزیته، زمان ژله‌ای شدن و انتشار فرمالدهید آنالیز شد. ویژگی‌های چسب اوره فرمالدهید بررسی‌شده در جدول ۱ گزارش شده است.

نانورس

نانورس استفاده‌شده از نوع بنتونیت (NaMMT) بود که از شرکت Southern Clay Products آمریکا خریداری شد. مشخصات نانوذرهٔ استفاده‌شده در جدول ۲ گزارش شده است.

افزودن نانورس به چسب اوره فرمالدهید

بنتونیت با نسبت‌های ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد وزنی (نسبت به وزن خشک چسب) به چسب اوره فرمالدهید اضافه شد. شایان ذکر است که از دستگاه هموژنایزر اولتراسونیک به‌منظور پخش یکنواخت نانوذرات درون چسب استفاده شد.

جدول ۱. ویژگی‌های چسب اوره فرمالدهید استفاده‌شده

ویژگی	ویسکوزیته (ثانیه)	درصدمادهٔ جامد (٪)	pH	دانسیته (kg/l)	زمان ژل شدن (ثانیه)	فرمالدهید آزاد(٪)
چسب اوره فرمالدهید	۷۸	۶۲	۷/۵	۱/۲۶۳	۵۵	۰/۳۵

جدول ۲. مشخصات نانورس استفاده‌شده در تحقیق حاضر

خواص فیزیکی	مقادیر
وزن ویژه (g/cc)	۲/۸۶
چگالی توده‌ای (g/cc)	۰/۳۳۵۶
اندازهٔ ذره (µm)	≤۲/۰۰

www.SID.ir

Archive Of SID

اندازه‌گیری درصد مادهٔ جامد

این کار براساس استاندارد ASTM D 4426–93انجام گرفت. حدود ۵ گرم چسب سنتزشده به‌مدت ۲ ساعت در آون با دمای ۱۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد قرار داده شد. سپس نمونهٔ چسب از آون خارج شده و توزین شد. از اختلاف وزن نمونه‌ها، درصد مادهٔ جامد چسب محاسبه شد.

اندازه‌گیری ویسکوزیته

برای اندازه‌گیری ویسکوزیتهٔ چسب های مورد بررسی براساس استاندارد ASTM D1200-70 از فورد کاپ ٤ میلی‌متر استفاده شد.

اندازه‌گیری دانسیتهٔ چسب

دانسیتهٔ چسب‌های ساخته‌شده براساس استاندارد ASTM D1298-12 با هیدرومتر (با درجه‌بندی ۱/۳–۱/۲) اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری فرمالدهید آزاد چسب

مقدار فرمالدهید آزاد چسب براساس روش ارائه‌شده در مطالعات پارک و جئونگ اندازه گیری شد [۸].

اندازه‌گیری زمان ژله‌ای شدن[1]

۵ گرم چسب سنتزشده درون لولهٔ آزمایش قرار داده شد و پس از غوطه‌ور کردن لولهٔ آزمایش در آب جوش، زمان لازم به‌منظور پلیمر شدن چسب به‌عنوان زمان ژل شدن اندازه‌گیری شد.

آنالیز طیف‌سنجی مادون قرمز

از دستگاه FTIR مدل Shimadzo FT-IR 8400S به‌منظور بررسی تغییرات ساختاری چسب اوره فرمالدهید قبل و بعد از افزودن نانوذرات رس استفاده شد. چسب‌های ساخته‌شده در اون با دمای ۱۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد منعقد شده و سپس با آسیاب به پودر تبدیل شدند. سپس ۳ میلی‌گرم پودر چسب با ۳۰۰ میلی‌گرم پودر KBr به‌صورت فیزیکی مخلوط شده و با استفاده از پرس به قرص تبدیل شدند. محدودهٔ طیف‌سنجی این آنالیز، ٤۰۰۰ تا ٤۰۰ cm^{-1} با وضوح ۲cm^{-1} بوده است.

آنالیزتفرق پراش ایکس

به‌منظور بررسی نحوهٔ توزیع نانوذرات رس در چسب اوره فرمالدهید از آنالیز XRD استفاده شد [۵]. چسب‌های ساخته‌شده در اون با دمای ۱۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد منعقد شده و سپس به پودر تبدیل شدند و با استفاده از XRD مدل Philips ساخت هلند با طول موج ۱/۷۸۸۹۷ A^o تجزیه‌وتحلیل شدند. زاویهٔ تابش 2θ=۲–۱٦^o و سرعت اسکن ۱^o/min در نظر گرفته شد.

آنالیزگرماسنجی تفاضلی

برای اندازه‌گیری تغییرات دمای لازم برای انعقاد چسب اوره فرمالدهید بعد از افزودن نانوذرات رس از آزمون DSC با نرخ حرارت‌دهی ۱۰^{o}C/min استفاده شد [۵]. از دستگاه DSC مدل DSC 200 F3 NETZSCH برای تعیین دمای انعقاد چسب استفاده شد. آنالیز DSC با نرخ حرارت‌دهی ۱۰ ^{o}C/min در اتمسفر نیتروژن و در محدودهٔ دمایی ۲۰ تا ۲۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد انجام گرفت.

نتایج و بحث

تأثیر نانوذرات رس بر ویژگی‌های فیزیکی–شیمیایی چسب اوره فرمالدهید

جدول ۳ ویژگی‌های فیزیکی– شیمیایی چسب اوره

1. Gelation Time

www.SID.ir

Archive Of SID

فرمالدهید (نمونهٔ شاهد) و چسب اوره فرمالدهید حاوی ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد نانوذرات بنتونیت را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود افزودن نانوذرات بنتونیت بر ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی چسب اوره فرمالدهید مانند وزن مخصوص، زمان ژله‌ای شدن، درصد مادهٔ جامد و مقدار فرمالدهید آزاد تأثیر معنی‌داری دارد، به‌طوری که با افزودن نانوذرات به چسب UF، دانسیته، ویسکوزیته و درصد مادهٔ جامد چسب افزایش یافت، درحالی که مقدار فرمالدهید آزاد و زمان ژله‌ای شدن چسب به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد (جدول ٤). جدول ۳ نشان می‌دهد که چسب اوره فرمالدهید دارای ۱/۵ درصد نانوذرات بنتونیت، بیشترین درصد مادهٔ جامد (٦٦ درصد)، دانسیته ($1/24 g/cm^3$) و ویسکوزیته (۸۹s) را دارد. به‌دلیل پیوند هیدروژنی یا نیروهای وان دروالسی که بین نانوذرات و چسب اوره فرمالدهید تشکیل می‌شود، نیروهای بین مولکولی و در نتیجه مقاومت درونی مایع افزایش می‌یابد که در نهایت موجب افزایش ویسکوزیتهٔ چسب می‌شود [۹]. افزایش دانسیته و درصد مادهٔ جامد نیز به افزایش ماده در واحد حجم پس از افزودن نانوذرات به محلول چسب مربوط می‌شود.

همچنین جدول ۳ نشان می‌دهد که چسب اوره فرمالدهید دارای ۱/۵ درصد نانوبنتونیت، کمترین مقدار فرمالدهید آزاد (۰/۳ درصد) را داراست. کاهش فرمالدهید آزاد در چسب با افزودن نانوذرات احتمالاً مربوط به سطح ویژهٔ گسترده و ویژگی‌های سطحی نانوذرات بنتونیت است که اتصال بین نانوذرات و فرمالدهید واکنش‌نداده را ممکن می‌کند [۵]. با افزایش مقدار نانوبنتونیت از ۱ به ۱/۵ درصد، زمان ژله‌ای شدن چسب اندکی افزایش می‌یابد، به‌طوری‌که چسب اوره فرمالدهید حاوی ۱ درصد نانوبنتونیت دارای کمترین زمان ژله‌ای شدن (٤٧ ثانیه) است. با افزودن نانوذرات به چسب اوره فرمالدهید، به‌دلیل اندازه، سطح ویژه و واکنش‌پذیری زیاد سطوح آنها، به‌راحتی می‌توانند با گروه‌های فعال موجود در چسب UF اتصال عرضی برقرار کنند و بدین ترتیب علاوه بر اینکه می‌توانند موجب افزایش چسبندگی درونی[1] و مقاومت اتصال چسب اوره فرمالدهید شوند، زمان ژله‌ای شدن چسب را کاهش می‌دهند [۱۰]. افزایش زمان ژله‌ای شدن در چسب‌های حاوی ۱/۵ درصد نانوذرات بنتونیت را می‌توان به کاهش زیاد فرمالدهید آزاد در آنها نسبت داد (جدول ۳). کاهش فرمالدهید آزاد موجب کاهش سرعت تشکیل اتصالات عرضی می‌شود و در نتیجه زمان ژله‌ای شدن چسب افزایش می‌یابد. ژان و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که با افزودن درصد کمی نانوبنتونیت به چسب اوره فرمالدهید، عملکرد این چسب در تخته‌لایه و تخته خرده چوب به‌طور معنی‌داری بهبود می‌یابد [۷].

با توجه به نتایج بررسی‌های ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی چسب اوره فرمالدهید اصلاح‌شده با نانوذرات بنتونیت، چسب اوره فرمالدهید حاوی ۱ درصد نانوذرات به‌عنوان تیمار برتر انتخاب شده و تغییرات ساختاری و حرارتی آنها در مقایسه با چسب اوره فرمالدهید (نمونهٔ شاهد) بررسی شد.

1. Cohesin

www.SID.ir

Archive Of SID

جدول ۳. ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی چسب اوره فرمالدهید حاوی نانوذرات

ویژگی نوع چسب	دانسیته (kg/l)	زمان ژله‌ای شدن(ثانیه)	فرمالدهید آزاد (٪)	ویسکوزیته (ثانیه)	مادهٔ جامد (٪)
UF	۱/۲۳۱±۰/۰۱	۵۵±۲	۰/۴±۰/۰۱	۷۸±۴	۶۲±۳
UF+ ۰/۵ درصد نانورس	۱/۲۳۵±۰/۰۱۳	۵۱±۲	۰/۳۵±۰/۰۳	۸۲±۴	۶۵±۲
UF+ ۱ درصد نانورس	۱/۲۳۹±۰/۰۱۵	۴۷±۱	۰/۳۱±۰/۰۲	۸۸±۳	۶۶±۱
UF+ ۱/۵ درصد نانورس	۱/۲۴۰±۰/۰۱۱	۴۹±۱	۰/۳±۰/۰۱	۸۹±۲	۶۶±۲

جدول ٤. خلاصهٔ تجزیهٔ واریانس چسب‌های ساخته‌شده

عامل متغیر ویژگی چسب	(df)	میزان F			
		٪۰	٪۰/۵	٪۱	٪۱/۵
دانسیته	۲	۲/۱۱**	۱/۴۰۴**	۰/۹۶۳*	۱/۱۰۳*
زمان ژله‌ای شدن	۲	۱/۳۲۵**	۰/۸۷۶**	۲/۹۰۱**	۴/۷۵۸**
فرمالدهید آزاد	۲	۴/۳۲۱*	۲/۶۵۱**	۱/۵۴۱**	۰/۶۳۲**
ویسکوزیته	۲	۵/۲۱۵*	۱/۳۹۸**	۳/۴۴۲*	۲/۳۳۹**
درصد مادهٔ جامد	۲	۰/۷۶۵**	۳/۰۰۱*	۶/۱۰۲**	۲/۵۹۷**

** : معنی‌داری در سطح ۱ درصد؛ * : معنی‌داری در سطح ۵ درصد.

توزیع نانوذرات بنتونیت در چسب اوره فرمالدهید

آنالیز XRD برای ارزیابی نحوهٔ توزیع نانوذرات مختلف در چسب‌های ترموست کاربرد زیادی دارد. شکل ۱ آنالیز XRD نانوذره بنتونیت، چسب اوره فرمالدهید به‌طور جداگانه و چسب اوره فرمالدهید حاوی ۱ درصد نانوذرات بنتونیت را در ناحیهٔ دو تتای °۱۶-°۲ نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود در نانوذرهٔ بنتونیت پیک برجسته‌ای در ناحیهٔ دوتتای °۷ مشاهده می‌شود، اما با افزودن نانوبنتونیت به چسب اوره فرمالدهید، این پیک برجستهٔ مربوط به فاصلهٔ بین لایه‌ها (۱/۲۶ نانومتر) در معادلهٔ براگ[1]، حذف می‌شود [۵]. حذف پیک نانوذره در °۷ نشان‌دهندهٔ این است که ساختار اتمی منظم نانورس از بین رفته است و نانوذرات در درون پلیمر لایه‌لایه شده‌اند [۱۱]. به‌عبارت دیگر براساس نتایج آنالیز XRD، نانوذرات بنتونیت در ماتریس چسب به‌خوبی توزیع شده‌اند. به‌طور کلی نحوهٔ جداسازی صفحات نانورس در ماتریس پلیمر، به نوع نانورس، ویسکوزیتهٔ چسب، زمان و روش اختلاط بستگی دارد [۷]. سه حالت پراکندگی نانوذرات در ماتریس پلیمر وجود دارد: ۱. ساختار لایه‌لایه‌ای که صفحات نانورس کاملاً جدا می‌شوند و حتی به ماتریس چسب نفوذ می‌کنند؛ ۲. ساختار بین‌لایه‌ای که به‌موجب آن فاصلهٔ بین صفحات با نفوذ پلیمر افزایش می‌یابد، اما به‌صورت گروهی در بسته‌های موازی باقی می‌مانند؛ ۳. جداسازی فاز که نانورس درون پلیمر پخش می‌شود، اما هر ذره به‌صورت صفحات چسبیده باقی می‌ماند و چسب نمی‌تواند به درون صفحات نانوذرات رس نفوذ کند [۱۲]. به‌منظور اینکه نانوذرات رس با چسب واکنش دهد و ویژگی‌های مقامتی آن را بهبود بخشد، باید لایه‌لایه شده یا دست‌کم ساختار بین‌لایه‌ای ایجاد شود [۱۳]. نتایج آنالیز XRD این تحقیق نشان داد که نانوذرات بنتونیت در ماتریس پلیمر UF کاملاً از هم جدا شدند و ساختار لایه‌لایه می‌شود.

1. Braggs's Law: $n\lambda = 2d\sin\theta$

www.SID.ir

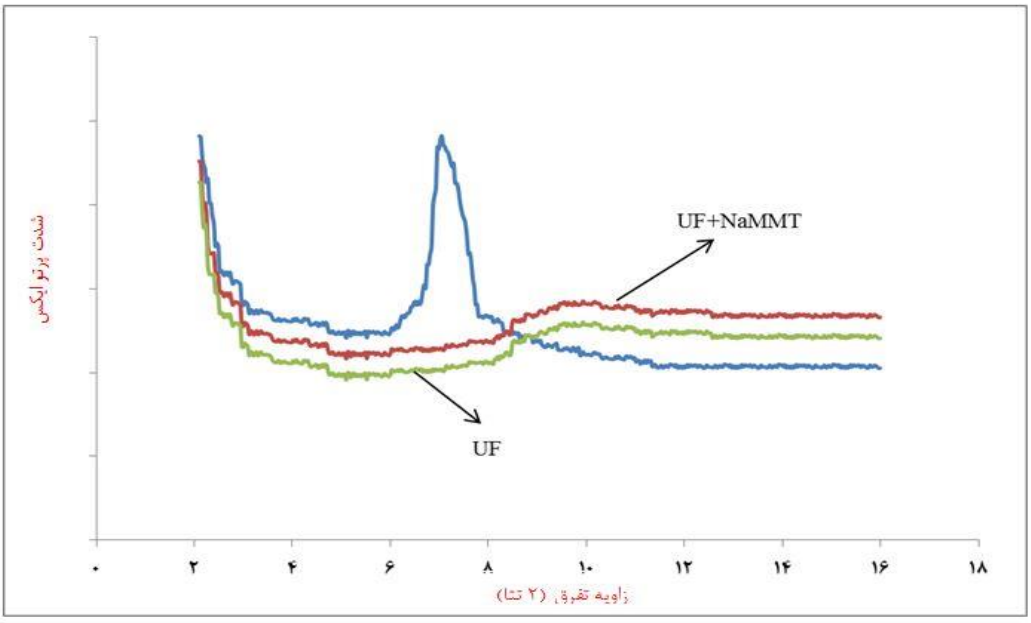
Archive Of SID

ژانگ و اسمیت (۲۰۱۱) تأثیر افزودن نانوذرات رس بر ساختار کریستالی چسب اوره فرمالدهید را با استفاده از آنالیز XRD بررسی کردند. یافته‌های آنها نشان داد که افزودن نانورس، میزان کریستالیتهٔ چسب اوره فرمالدهید را افزایش می‌دهد. همچنین آنها نشان دادند که در درصدهای کم افزودن نانورس (۲ درصد)، درصد کریستالیتهٔ بیشتری در مقایسه با افزودن مقادیر زیاد (٤ و ٦ درصد) حاصل می‌شود [٦].

تأثیر افزودن نانوذرات بنتونیت بر ویژگی‌های ساختاری چسب اوره فرمالدهید

در شکل ۲ تغییرات ساختاری چسب اوره فرمالدهید قبل و بعد از افزودن نانورس توسط طیف‌سنجی نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، ساختار چسب اوره فرمالدهید بعد از افزودن ۱ درصد نانورس تغییر می‌یابد، به‌نحوی که از شدت برخی از پیک‌ها کاسته شده و بر شدت برخی دیگر افزوده می‌شود. شکل ۲ نشان می‌دهد که در چسب حاوی نانورس، شدت باند cm^{-} 8501 مربوط به پیوند C=O در اسکلت NCON و شدت باند $1378cm^{-1}$ که مربوط به اتصال C-N در CH_2-N است (جدول ۵) کاهش می‌یابد. همچنین نتایج بررسی تغییر ساختاری چسب اوره فرمالدهید نشان داد که در باند $1140\ cm^{-1}$ و $950cm^{-1}$ پیک جدیدی در چسب حاوی نانوذرات بنتونیت مشاهده می‌شود که احتمالاً حاصل واکنش شیمیایی بین نانوذرات و چسب اوره فرمالدهید و تشکیل پیوندهایی مانند Si-O-Si و Si-OH است.

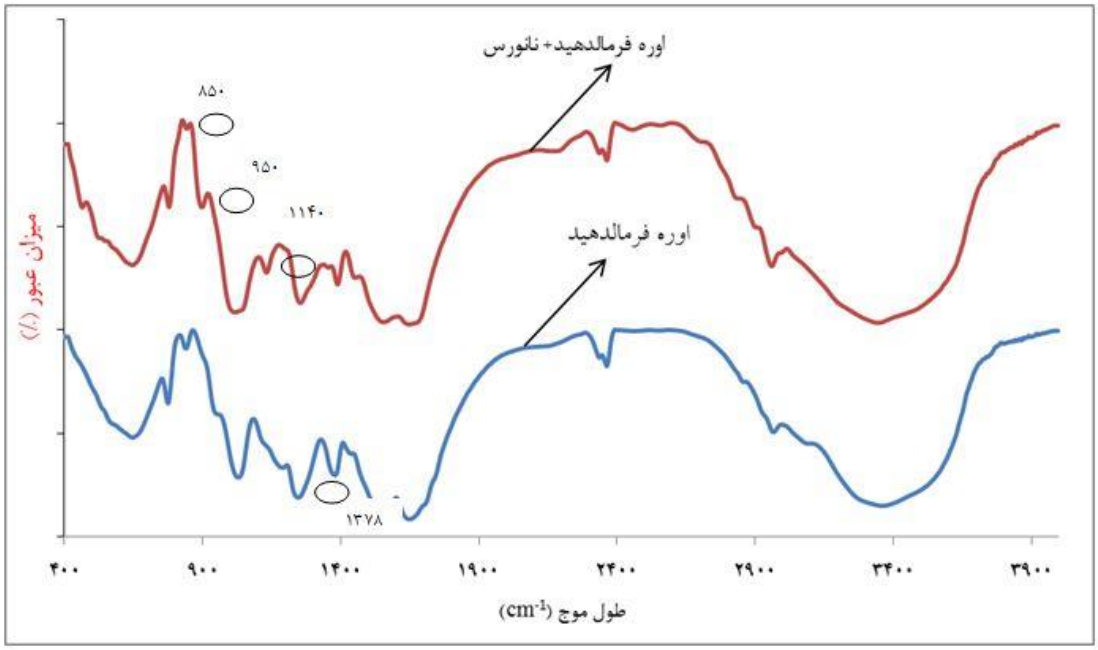
نتایج بررسی FTIR نشان می‌دهد که افزودن نانورس، اتصال متیلنی در ساختار شبکه‌ای چسب منعقدشده UF را کاهش می‌دهد. گزارش‌های متعددی نشان می‌دهد که پیوند متیلنی در برابر هیدرولیز مقاومت چندانی ندارد. بنابراین کاهش پیوند متیلنی به‌معنای مقاومت بیشتر چسب در برابر عمل هیدرولیز و در نتیجه کاهش انتشار فرمالدهید است.



شکل ۱. آنالیز XRD نانورس، چسب اوره فرمالدهید و چسب اوره فرمالدهید حاوی ۱ درصد

www.SID.ir

Archive Of SID



شکل ۲. آنالیز FTIR چسب اوره فرمالدهید قبل و بعد از افزودن ۱ درصد نانورس

جدول ۵. باندهای جذب چسب اوره فرمالدهید در آنالیز طیف‌سنجی مادون قرمز [٦]

محل جذب cm^{-1}	نوع پیوند
۳۳۵۰–۳۳۴۰	NHآمین‌های آلیفاتیک نوع اول
۲۹۶۲–۲۹۶۰	$O-CH_3$-اترهای آلیفاتیک
۱۶۵۴–۱۶۴۶	C=O آمیدهای نوع اول
۱۵۶۰–۱۵۵۰	C-N آمیدهای نوع دوم
۱۴۰۰–۱۳۸۰	C-H در CH_2 و CH_3
۱۳۸۰–۱۳۳۰	C-N در CH_2-N
۱۲۶۰–۱۲۵۰	C-N و N-Hدرآمیدهای نوع سوم
۱۱۵۰–۱۱۳۰	C-O در اترهای الیفاتیک
۱۰۵۰–۱۰۳۰	C-N یا NCNدر پیوندهای متیلنی
۷۸۰–۷۵۰	C=0 در اسکلت NCON

تأثیر نانوذرات بنتونیت بر ویژگی‌های حرارتی چسب اوره فرمالدهید

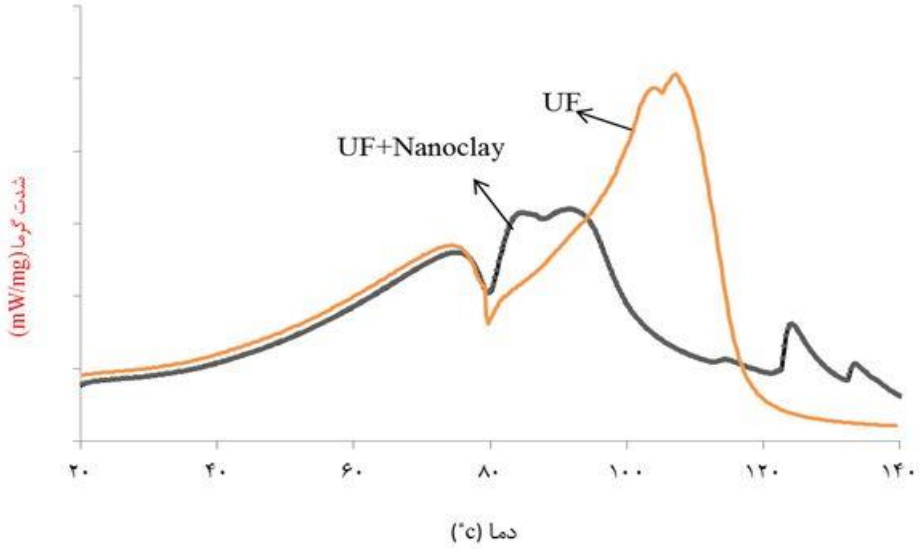
شکل ۳ تأثیر نانوذرات بنتونیت بر دمای انعقاد چسب اوره فرمالدهید را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، انعقاد چسب اوره فرمالدهید مانند سایر چسب‌های گرماسخت از نوع گرمازاست. شکل ۳ نشان می‌دهد که پیک‌های گرمازای چسب اوره فرمالدهید تحت تأثیر نانوذرات بنتونیت قرار می‌گیرد. نانوذرات بنتونیت انعقاد چسب اوره فرمالدهید را تسریع می‌کند، به‌طوری که با افزودن این نانوذرات، دمای انعقاد اولیه و پیک انعقاد چسب اوره فرمالدهید از ۸۵ و ۱۱۰ به‌ترتیب به ۷۵ و ۹۰ درجهٔ سانتی‌گراد کاهش می‌یابد. انعقاد سریع‌تر چسب به‌معنای نیاز به دمای کمتر پرس و همچنین مصرف انرژی کمتر در حین ساخت تخته است که مورد توجه صاحبان صنعت است. در تهیهٔ پانل‌های چوبی از چسب‌های اوره فرمالدهید حاوی

www.SID.ir

Archive Of SID

نانوذرات رس به‌دلیل متفاوت بودن ویژگی‌های رئولوژیک آنها، رفتار آنها در طی پرس گرم و در نتیجه عملکرد آنها متفاوت خواهد بود. شکل ۳ همچنین نشان می‌دهد که چسب‌های حاوی نانوذرات، پیک پهن‌تری نسبت به نمونه‌های شاهد دارند که نشان می‌دهد میزان اتصالات عرضی کنترل‌شده در آنها بیشتر است که در نهایت به ایجاد ساختار منظم‌تر در ساختار چسب نهایی منجر می‌شود [۱٤].

نتایج آنالیز DSC نشان می‌دهد که با افزودن ۱ درصد نانوذرات بنتونیت سطح زیر منحنیDSC که بیانگر مقدار آنتالپی (ΔH) است کاهش زیادی می‌یابد. کاهش آنتالپی به‌معنای تولید گرمای کمتر در طی انعقاد چسب است. لی و همکاران (۲۰۰۸) و ژان و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که افزودن نانوذرات رس بر ویژگی‌های حرارتی چسب اوره فرمالدهید تأثیر می‌گذارد و موجب کاهش دمای انعقاد و آنتالپی چسب می‌شود [۵، ۷].



شکل ۳. آنالیز DSC چسب اوره فرمالدهید قبل و بعد از افزودن ۱ درصد نانورس

نتیجه‌گیری

در این تحقیق، تأثیر نانوذرات رس به‌عنوان پرکننده بر ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی، ساختاری و حرارتی چسب اوره فرمالدهید بررسی شد. نتایج این تحقیق نشان داد که افزودن نانوذرات رس به چسبUF، دانسیته، ویسکوزیته و درصد مادهٔ جامد چسب اوره فرمالدهید را افزایش می‌دهد، درحالی که مقدار فرمالدهید آزاد و زمان ژله‌ای شدن چسب را می‌کاهد. با کاهش زمان ژله‌ای شدن چسب، زمان پرس گرم در طی ساخت فرآورده‌های چندسازه چوبی کاهش یافته و در نتیجه بازدهی تولید افزایش می‌یابد. نتایج بررسی‌های ساختاری نشان داد که افزودن نانوذرات رس، موجب تغییرات ساختاری چسب می‌شود و میزان اتصال متیلنی را کاهش می‌دهد. همچنین، بعد از افزودن نانورس به چسب، ساختار اتمی منظم نانورس از بین رفت و نانوذرات در درون پلیمر لایه‌لایه شدند. نتایج آنالیز حرارتی نشان داد که افزودن نانوذرات، سبب تسریع انعقاد چسب اوره فرمالدهید می‌شود.

www.SID.ir

Archive Of SID

References

[1]. Fathy, L., Faezipour, M., and Bahmani, M. (2010). Effect of UF and MUF resins on the practical properties of particleboard produced from rice straw and aspen particles. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 25 (2): 321-331.

[2]. Kim, J.W., Carlborn, K., Matuana, M., and Heiden, P.A. (2005). Thermoplastic modification of urea–formaldehyde woodadhesives to improve moisture resistance. Journal of Applied Polymer Science, 101(6): 4222-4229.

[3]. Jiuyin, P., Sunchaun, A., shicheng, Z., andHaixing, C. (2010). Study of modification of urea formaldehyde with keratine. Advanced Material Research, 113 (14): 1787-1791.

[4]. Pizzi, A., and Mittal, K.L. (2003). Handbook of Adhesive Technology, CRC Press, Marcel Dekker, New York.pp: 1036

[5]. Lei, H., Du, G., Pizzi, A., and Celzard, A. (2008). Influence of nano clay on urea- formaldehyde resins for wood adhesive and its model. Journal of Applied Polymer Science, 109(4): 2442-2451.

[6]. Zhang, X., and Smith, G.D. (2011). Natural nanotube as novel filler for particle board production. Joint International Symposium on Wood Composite and Veneer Processing and Products, Washington.

[7]. Xian, D., Semple, K.E., Haghdan, S., and Smith, G.D. (2013). Properties and wood bonding capacity of nanoclay-modified urea and melamine formaldehyde resin. Wood and Fiber Science, 45(4):1-13.

[8]. Park, B.D., and Jeong, H.W. (2011).Hydrolytic stability and crystallinity of cured urea–formaldehyde resin adhesives with different formaldehyde/urea mole ratios, International Journal of Adhesion and Adhesive, 31(6): 524–529.

[9]. Yang, G.D., Lin, Q.J., and Liu, J.H. (2004).The effects of nano-SiO_2 on the properties of the urea formaldehyde resin. Journal of Fujian College of Forestry, 24(2):114–117.

[10]. Qiaojia, L.,Guidi, Y., Jinghong, L., and Jiuping, R. (2006). Property of nano- SiO_2/urea formaldehyde resin. Frontiers of Forestry in China, 1(2):230–237.

[11]. Kaboorani, A., and Rield, B. 2011. Effects of adding nano-clay on performance of polyvinyl acetate (PVA) as a wood adhesive. Composite Part A, 42(2011): 1031-1039.

[12]. Pavlidou, S., and Papaspyrides, C.D. (2008). A Review on polymer -layered silicate nanocomposits. Progress in Polymer Science, 33(12): 1119-1198.

[13]. Alexandre, M., and Dubois, P. (2000). Polymer-layered silicate nanocomposits: preparation, properties and uses of new class of material. Material Science Engineering Report, 28(1-2): 1-63.

[14]. Pizzi, A., Lu, X., and Garcia, R. (1999). Lignocellulosic substrates influence on TTT and CHT curing diagrams of polycondensation resins. Journal of Applied Polymer Science, 71: 915-925.

www.SID.ir