

بررسی اثر تیمار گرمایی بر ویژگی های فیزیکی صنوبر (*Populus nigra*) و راش ایرانی (*Fagus orientalis*) اشباع شده با نانوقره و نانومس

حسن سیاه پشت^۱، مریم قربانی^{۲*} و حمیدرضا تقی یاری^۳

^۱ دانش آموخته کارشناسی ارشد صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
^۲ استادیار گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
^۳ استادیار گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی

چکیده

هدف اصلی این پژوهش بررسی اثر تیمار گرمایی بر کاهش وزن، جذب آب و واکنشیدگی ضخامت صنوبر و راش اشباع شده با نانوقره و نانومس می باشد. نمونه ها با محلول نانوقره و نانومس با غلظت ۴۰۰ ppm و تحت فشار ۲/۵ بار در مخزن فشار و به روش سلول تهی اشباع شدند. نمونه های اشباع شده با نانوقره و نانومس و شاهد، به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۴۵°C تحت تیمار گرمایی قرار گرفتند. جذب آب و واکنشیدگی ضخامت در نمونه های گرمایی شده و نمونه های اشباع شده با نانوذرات فلزی، نسبت به نمونه های شاهد کاهش یافت که این کاهش در نمونه های گرمایی اشباع شده با نانوقره و نانومس نسبت به نمونه های تیمار گرمایی شاهد محسوس تر بود و بین این دو نانوی فلزی تفاوت آماری معنی داری دیده نشد. علت این نتیجه، تخریب زنجیره ی سلولزی در بخش بلورین (کریستالی) و تغییر ماهوی پلیمرهای چوب می باشد. از سوی دیگر، مقایسه بین نمونه های تیمار گرمایی و نمونه های اشباع شده با نانوذرات فلزی، کاهش وزن بیشتری را در نمونه های گرمایی اشباع شده با نانوذرات فلزی، نشان داد که در بین نمونه های گرمایی اشباع شده با نانوذرات فلزی، کمترین کاهش وزن در نمونه های گرمایی اشباع شده با نانومس گونه راش دیده شد. این نتیجه ناشی از انتقال پر شتاب تر گرما در نمونه های اشباع شده با نانوقره و نانومس نسبت به نمونه های شاهد می باشد که به افزایش فرایند تخریب و پیرولیز ساختار چوب در قسمت های درونی نمونه ها منتهی شده است.

واژه های کلیدی: تیمار گرمایی، ویژگی های فیزیکی، نانوقره، نانومس، صنوبر، راش

مقدمه

از بین فرآیندهای گوناگون اصلاح چوب، اصلاح گرمایی به عنوان یک روش کارآمد در بهبود ثبات ابعاد و افزایش مقاومت زیستی (مقاومت در برابر عامل های مخرب بیولوژیک همچون قارچ های چوبخوار و حشرات) به مراتب بیشترین پیشرفت تجاری را دارند (Hill, ۲۰۰۶). نخستین بار، Tiemann (۱۹۱۵) تاثیر تیمار با دمای بالا را بر ویژگی های فیزیکی چوب گزارش کرد. در این پژوهش تیمار چوب در بخار 150°C ، به مدت ۴ ساعت، به کاهش ۲۵-۱۰ درصد در جذب رطوبت و کاهش مختصر مقاومت ها انجامید. Stamm و Hansen (۱۹۳۷) دریافتند که اصلاح در دمای بالای 205°C نیز به کاهش ویژگی نم پذیری (هیگروسکوپیک) منتهی می شود.

Repellin و Guyonnet (۲۰۰۵)، همبستگی معناداری بین کاهش FSP با میزان واکشیدگی گزارش کردند. همچنین، قابلیت ترشوندگی سطحی چوب ها بر اثر تیمار گرمایی، به دلیل کاهش گروه های هیدروکسیل در دیواره ی سلولی گزارش شده است (Petrisans و همکاران، ۲۰۰۳).

دماهای کمتر از 140°C تنها تغییرات کمی در ویژگی های ماده به همراه دارد و دما های بالاتر به تخریب ماده ی زمینه ای منتهی می شود. تیمار گرمایی چوب در دمای بالای 300°C به دلیل تخریب شدید مواد بسیار کم انجام می گیرد. از آنجایی که تخریب سلولز در دمای 220°C - 210°C رخ می دهد، آبکافت (هیدرولیز) در 200°C افزایش درصد رادیکال های آزاد چوب را نیز در پی دارد (Garrote و همکاران، ۱۹۹۹). امین زاده (۱۳۸۹) تاثیر اشباع نانونقره بر میزان نفوذ پذیری گازی چوب راش و صنوبر تیمار شده با یخ خشک^۱ را مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد که در پی تیمار نمونه های چوبی راش و صنوبر اشباع از نانونقره با یخ خشک، قابلیت هدایت گرمایی ذرات نانونقره باعث می شود سرما در لایه های سطحی تجمع نکرده و به بخش های درونی تر نیز نفوذ کند. در نتیجه ترک های میکروسکوپی بیشتری در سراسر

نمونه ها به وجود آمده و میزان نفوذ پذیری افزایش چشمگیری یابد. با توجه به ضریب پایین هدایت گرمایی چوب، امکان استفاده از نانوذرات فلزی برای هدایت گرمایی به بخش های درونی تر نمونه ها ممکن است باعث کاهش گرادیان گرمایی شود. در این زمینه تقی یاری (۲۰۱۱)، گزارش کرد که نانونقره، هدایت گرمایی را شتاب بخشیده، فرآیند انتقال گرما به بخش های درونی تر چوب آسان تر انجام می شود. همین امر از تجمع گرما در سطح کاسته، افزایش فرایند تخریب و پیرولیز ساختار چوب در قسمت های درونی نمونه ها را به دنبال داشته - است. در پژوهش دیگر، تاثیر نانوذرات نقره بر کاهش زمان پرس گرم و بهبود ویژگی های فیزیکی و مکانیکی تخته خرده چوب تولیدی شرکت ایران چوب مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که نسبت های مصرف نانونقره به میزان ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی لیتر در هر کیلوگرم خرده چوب، به ترتیب باعث کاهش زمان پرس گرم به میزان ۱۰/۹ و ۱۰/۱ درصد و بهبود معنادار مقاومت های مکانیکی شد (Taghiyari و همکاران، ۲۰۱۱). همچنین، هدایت گرمایی نانوذرات نقره باعث کاهش نفوذ پذیری آبی و گازی در تخته خرده چوب شده است (Taghiyari, ۲۰۱۱b). در تخته خرده چوب های اشباع شده با نانوذرات فلزی، افزایش هدایت گرمایی در مرحله پرس گرم، اشاره به هدایت گرمایی بالای نانوذرات فلزی (Warrier و Teja, ۲۰۱۱) و محلول های نانوذرات فلزی دارد (Choi و همکاران، ۲۰۰۱; Eastman و همکاران، ۲۰۰۱; Kang و همکاران، ۲۰۰۶; Patel و همکاران، ۲۰۰۳; Li و Xuan, ۲۰۰۶; Yu و همکاران، ۲۰۱۰; Jana و همکاران، ۲۰۰۷; Li و Xuan, ۲۰۰۶)، ولی تاکنون تحقیقات اندکی در مورد اثر نانوذرات فلزی بر هدایت گرمایی، حین فرآیند تیمار گرمایی چوب ماسیو و یا فرآورده های مرکب چوبی انجام گرفته است.

پژوهش های پیشین، اثر مثبت تیمار گرمایی و استفاده از نانو نقره بر برخی ویژگی های چوب را مشخص کرده اند و لیکن تاکنون تحقیقی پیرامون اثر تیمار گرمایی چوب اشباع شده با نانو مس بر ویژگی های آن گزارش نشده - است. با توجه به ضریب پایین هدایت گرمایی چوب (پارسا پزوه، ۱۳۷۳) و اثر نانونقره و نانومس به عنوان ماده

^۱ Dry Ice

دمای 30°C و رطوبت نسبی ۵۵-۴۵ درصد) نگهداری شدند.

آزمون‌های فیزیکی

آزمون‌های فیزیکی برابر با استاندارد ASTM- D143 انجام شد. ابعاد نمونه‌های آزمون‌های کاهش وزن، جذب آب و واکنشیدگی ضخامت $20 \times 20 \times 20$ میلی‌متر تعیین شد.

تحلیل آماری

تحلیل آماری با برنامه نرم‌افزاری SAS و ویرایش آماری ۹/۱ در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی انجام شد.

نتایج

کاهش وزن

نتایج نشان داد که کاهش وزن ناشی از تیمار گرمایی بین نمونه‌های صنوبر اشباع‌شده با نانوقره و نانومس بسیار ناچیز ولیکن در مقایسه با نمونه‌های شاهد تیمار گرمایی شده با اختلاف به نسبت معناداری بیشتر بود. در مورد نمونه‌های راش بین هر سه تیمار، اختلاف آماری معنی‌داری دیده می‌شود. کاهش وزن گونه صنوبر برای نمونه‌های شاهد گرمایی شده $6/6$ درصد، در حالی که کاهش وزن نمونه‌های تیمار نانوقره گرمایی و نانومس گرمایی به ترتیب $8/3$ و $8/11$ درصد گزارش شد. در گونه راش، بیشترین کاهش وزن در نمونه‌های شاهد گرمایی اشباع شده با نانوقره ($8/13$ درصد) و کمترین کاهش وزن در نمونه‌های شاهد گرمایی شده ($5/53$ درصد) بوده‌است (شکل ۱).

هادی گرما (Latif، ۲۰۰۹)، این تحقیق با هدف بررسی اثر تیمار گرمایی و نانوغرمایی بر کاهش وزن، جذب آب و واکنشیدگی ضخامتی دو گونه پهن برگ بومی ایران، صنوبر (*Populus nigra*) و راش (*Fagus orientalis*) انجام شد.

مواد و روش‌ها

تهیه نمونه‌ها

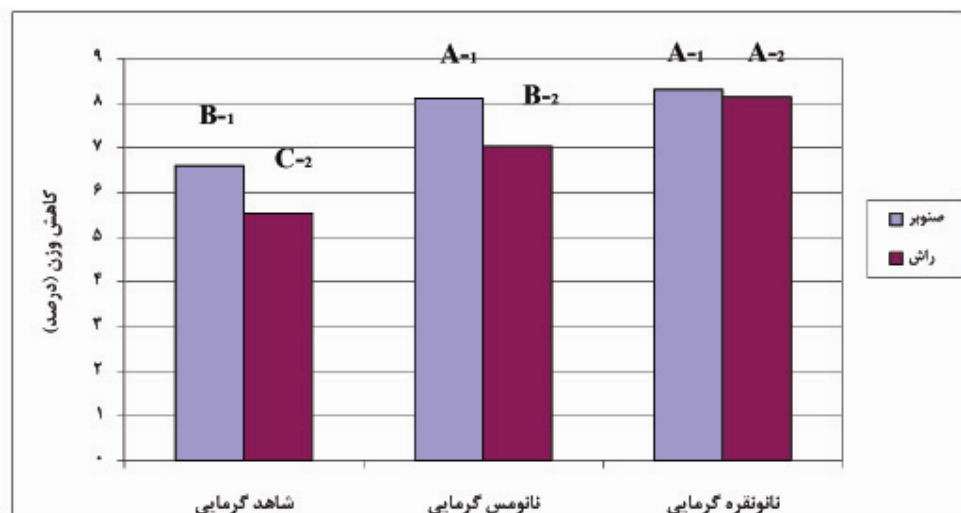
گرده‌کاتین‌های درختان صنوبر و راش از طرح بهره‌برداری جنگل داراب‌کلای شهرستان ساری تهیه شد. پس از خشک‌کردن تا رطوبت ۱۰ درصد، برابر استاندارد ASTM- D143، به ابعاد استاندارد آزمون‌های فیزیکی تبدیل شدند. نمونه‌های سالم (بدون عیب) به‌طور تصادفی در ۴ گروه نمونه‌های شاهد، تیمار گرمایی، اشباع با نانوقره و نانومس با تکرار ۵ نمونه برای هر تیمار دسته‌بندی شدند. به‌منظور اندازه‌گیری کاهش وزن، پیش از انجام تیمار، نمونه‌ها با رطوبت ۱۰ درصد، با ترازوی دیجیتالی با دقت $0/0001$ گرم توزین شدند.

اشباع با نانو

برای اشباع نمونه‌های مورد نظر، از سیلندر تحت فشار استفاده شد. در این سیلندر، نمونه‌ها به‌طور جداگانه در محلول نانوقره و نانومس با غلظت (ppm) ۴۰۰ در فشار $2/5$ بار و به روش سلول تهی اشباع شدند. پیش از تیمار گرمایی، نمونه‌های اشباع شده با نانوقره به‌منظور خشک شدن، ۱/۵ ماه در شرایط اتاق (دمای 30°C و رطوبت نسبی ۵۵-۴۵ درصد) نگهداری شدند.

تیمار گرمایی

هر سه گروه نمونه‌های اشباع شده با نانومس، نانوقره و تیمار گرمایی در آن چیده شدند و به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای 145°C قرار داده شدند. در پایان تیمار، نمونه‌ها بدون باز شدن در، پس از یک روز از آن خارج شدند. بدین گونه، نمونه‌ها زمان کافی برای خنک شدن، بدون تنش‌های ناشی از تغییر ناگهانی دما و رطوبت را دارند. پس از توزین، نمونه‌ها برای دو هفته در شرایط اتاق



شکل ۱- کاهش وزن نمونه‌ها پس از تیمار گرمایی (۱: صنوبر، ۲: راش؛ حروف انگلیسی معرف گروه‌بندی دانکن هر گونه است)

جذب آب

جذب آب در نمونه‌های تیمار گرمایی اشباع شده با نانو نقره و نانومس به طور معناداری نسبت به نمونه‌های تیمار گرمایی و نمونه‌های کنترل کاهش یافته‌است. این کاهش برای گونه صنوبر محسوس‌تر بود. بیشترین و کمترین درصد جذب آب پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری برای هر دو گونه صنوبر و راش به ترتیب در نمونه‌های شاهد و نانونقره بوده‌است.

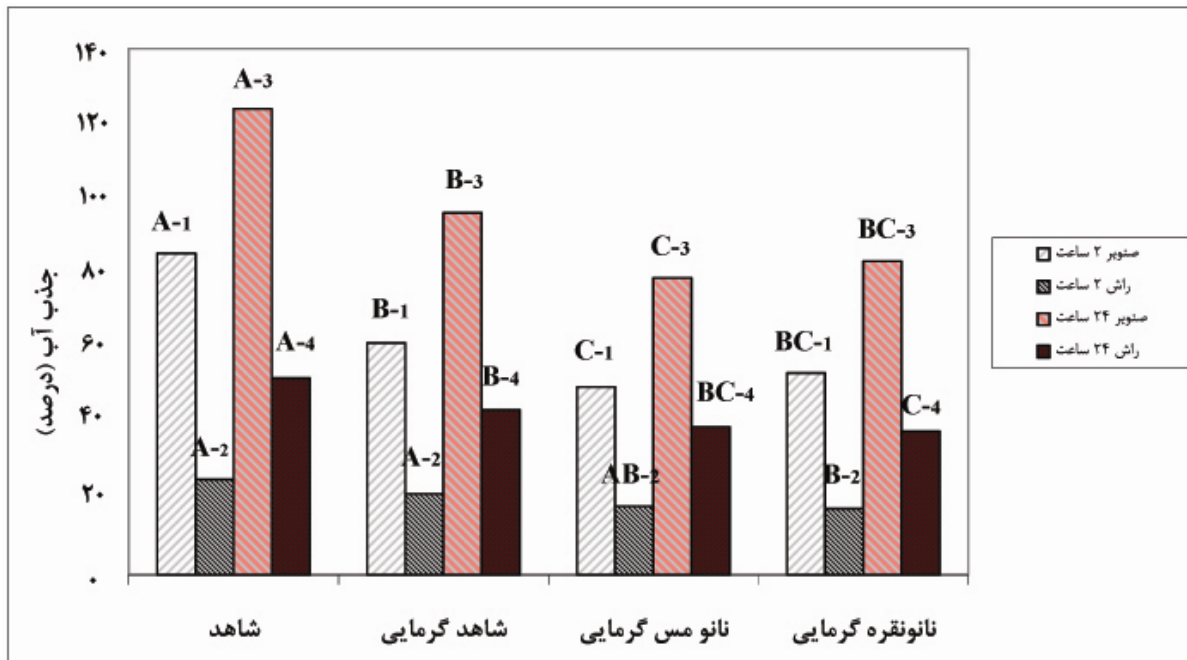
در گونه صنوبر جذب آب پس از ۲ ساعت غوطه‌وری نمونه‌های نانونقره، نانومس، شاهد تیمار گرمایی شده و شاهد، به ترتیب ۵۳/۷، ۵۰، ۶۱/۷۱ و ۸۵/۵۷ درصد گزارش شد. طی ۲۴ ساعت غوطه‌وری، جذب آب نمونه‌های نانو نقره و نانو مس تیمار گرمایی شده گونه صنوبر، به ترتیب ۸۳/۲۵ و ۷۹ درصد و در نمونه‌های تیمار گرمایی شده و شاهد به ترتیب ۹۶/۳۶ و ۱۲۴ درصد بوده‌است. در گونه راش، جذب آب (۲ ساعت غوطه‌وری) نمونه‌های تیمار گرمایی شده با نانونقره، نانومس، نمونه‌های شاهد تیمار گرمایی شده و شاهد گونه راش نیز به ترتیب ۱۷/۶، ۱۸/۲۵، ۲۱/۵۶ و ۲۵/۴ اندازه‌گیری شد. در ۲۴ ساعت غوطه‌وری، نمونه‌های نانونقره و نانومس تیمار گرمایی شده به ترتیب ۳۸/۲ و ۳۹/۴ درصد و نمونه‌های تیمار گرمایی و نمونه‌های شاهد نیز به ترتیب ۴۳/۹ و ۵۲/۳۴ درصد جذب آب را نشان داد (شکل ۲).

واکسیدگی ضخامت

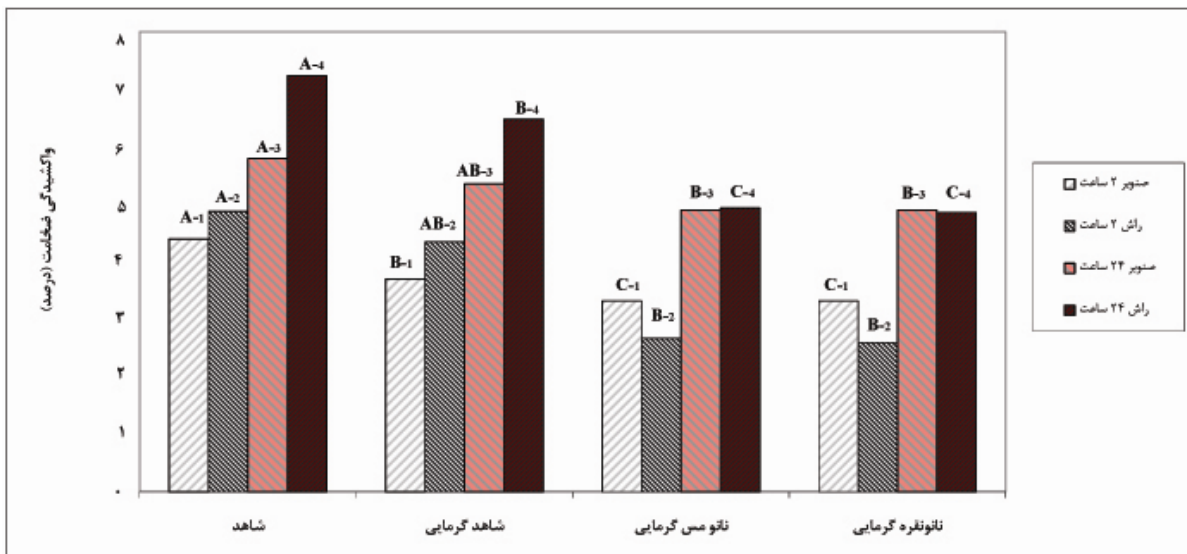
نتایج نشان داد که واکسیدگی ضخامت در نمونه‌های گرمایی اشباع شده با نانو نقره و نانومس به طور معناداری نسبت به نمونه‌های تیمار گرمایی و نمونه‌های شاهد کاهش یافته‌است. این کاهش برای گونه صنوبر محسوس‌تر بوده و بیشترین و کمترین درصد واکسیدگی ضخامت پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری برای هر دو گونه صنوبر و راش به ترتیب در نمونه‌های شاهد و نانونقره بوده‌است. در گونه صنوبر، پس از ۲ ساعت غوطه‌وری در آب، واکسیدگی ضخامت نمونه‌های تیمار گرمایی اشباع شده با نانو نقره و نانو مس (۳/۳۲ درصد) در مقایسه با نمونه‌های کنترل گرمایی (۳/۷ درصد) کاهش یافته‌است. همچنین میزان واکسیدگی ضخامت پس از ۲۴ ساعت غوطه‌وری، در نمونه‌های تیمار گرمایی اشباع شده با نانو نقره و نانومس ۴/۹ درصد و در نمونه‌های تیمار گرمایی ۵/۳۶ درصد گزارش شد. در گونه راش نیز واکسیدگی ضخامت پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب، به ترتیب در نمونه‌های گرمایی اشباع شده با نانو نقره ۲/۶ و ۴/۸۶، در نانومس، ۲/۶۷ و ۴/۹۶ درصد و در نمونه‌های شاهد گرمایی ۴/۳۵ و ۶/۴۸ درصد بوده‌است که نشان‌دهنده کاهش معنادار واکسیدگی ضخامت نمونه‌های تیمار گرمایی اشباع شده با نانو نقره و نانومس نسبت به نمونه‌های تیمار گرمایی کنترل است. برای نمونه‌های

برای ۲ و ۲۴ ساعت به ترتیب ۴/۸۸ و ۷/۲۴ درصد اندازه‌گیری شد (شکل ۳).

شاهد صنوبر در ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری، واکنش‌دهی ضخامت به ترتیب ۴/۴ و ۵/۸ درصد و در گونه راش نیز



شکل ۲- جذب آب نمونه‌های شاهد، گرمایی و گرمایی اشباع شده با نانو نقره و نانومس پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب (حروف انگلیسی معرف گروه‌بندی دانکن است؛ ۱ و ۲: صنوبر و راش ۲ ساعت، ۳ و ۴: صنوبر و راش ۲۴ ساعت)



شکل ۳- واکنش‌دهی ضخامت نمونه‌های شاهد، گرمایی و گرمایی اشباع شده با نانو نقره و نانومس پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب (حروف انگلیسی معرف گروه‌بندی دانکن است؛ ۱ و ۲: صنوبر و راش ۲ ساعت، ۳ و ۴: صنوبر و راش ۲۴ ساعت)

بحث و نتیجه گیری

نتایج تحقیق نشان داد که کاهش وزن ناشی از تیمار گرمایی در نمونه های گرمایی اشباع شده با نانو نقره و نانومس بیشتر از نمونه های گرمایی شاهد است. همچنین، کاهش جذب آب و واکنش پذیری ضخامت نمونه های گرمایی اشباع شده با نانو نقره و نانومس بیشتر از نمونه های گرمایی شاهد و در نمونه های اخیر نیز بیشتر از نمونه های شاهد بوده است. بخش عمده کاهش جذب آب و واکنش پذیری ضخامت در نمونه های تیمار گرمایی و گرمایی اشباع شده با نانو نقره و نانومس، مرتبط با اصلاح شیمیایی و اصلاح زنجیره کربن C4، بلورینه (کریستالی) شدن نواحی آمورف سلولز (Korkut, 2007) کاهش درصد گروه های هیدروکسیل کلیه پلی ساکاریدهای نمونه های تیمار شده (Repellin و Guyonnet, 2005) و تخریب ساختار همی سلولز در دیواره سلول چوبی بوده است (Petrissans و همکاران، 2003، Hakkou، و همکاران، 2004 و 2005). در واقع، تخریب زنجیره کربن در بخش بلورینگی (کریستالین) سلولز که در دمای 160°C و به وسیله NMR¹ ردیابی شده است، فرضیه پیشین در مورد تغییر ماهوی پلیمرهای زیستی چوب (Colom و همکاران، 2003) را تأیید کرده و کاهش واکنش پذیری ضخامت را توجیه می نماید (Hakkou و همکاران، 2004).

کاهش بیشتر وزن، جذب آب و واکنش پذیری ضخامت در نمونه های اشباع شده با محلول نانونقره و نانومس نشان دهنده هدایت گرمایی بالای نانونقره و نانومس² (Taghiyari, 2011b) در نمونه های چوبی اشباع شده می باشد. این امر، افزایش فرایند تخریب و پیرولیز ساختار چوب در قسمت های درونی نمونه ها را به دنبال دارد که کاهش وزن بیشتر نمونه های گرمایی اشباع شده با نانو نقره و نانومس را نیز در پی داشته است (Taghiyari و همکاران، 2012). نتایج این تحقیق به طور کامل یافته گذشته را تأیید می نماید (Taghiyari, 2011a) و مشخص می کند که قابلیت هدایت گرمایی نانوذرات فلزی، نه تنها

در دمای بالا (185°C) (Taghiyari, 2011a)، بلکه در دماهای پایین تر (145°C) نیز که در گذشته می پنداشتند (Taghiyari, 2011b) اثرگذاری چندانی بر ویژگی های فیزیکی و مکانیکی نمی گذارد، تاثیر معنادار دارد. در نمونه های تیمار گرمایی، گرما در لایه سطحی نمونه ها تجمع می کند، زیرا هدایت گرمایی چوب، به عنوان یک ماده هادی گرما ضعیف می باشد (پارسا پزوه، 1373)، در حالیکه در نمونه های اشباع شده با نانونقره و نانومس، به دلیل ویژگی هدایت گرمایی بالای ذرات نانونقره و نانومس (Latif، 2009)، گرما می تواند به بخش های درونی نفوذ کند و فرایند تخریب و پیرولیز سطحی نبوده، بلکه در بخش های درونی نیز گسترش می یابد. اگرچه منبع گرما و سطح تماس هر دو نوع نمونه ها (نمونه های تیمار گرمایی و تیمار نانو گرمایی) یکسان بود، نفوذ گرما در نمونه های اشباع شده با نانونقره و نانومس شدیدتر بوده است. انتقال گرما به بخش های درونی نمونه های تیمار گرمایی، به طور عمده به وسیله انتقال و جابجایی هوا از میان روزنه ها و آوندهای چوب به عنوان یک ماده متخلخل غیر هادی انجام می شود (Taghiyari, 2011a)، در حالی که در نمونه های تیمار گرمایی اشباع شده با نانو نقره و نانومس انتقال گرما از راه هدایت نیز انجام می شود (Taghiyari, 2012). در نتیجه شتاب انتقال گرما به بخش های درونی تر نمونه ها، بیشتر خواهد بود.

در یک نتیجه گیری کلی می توان اظهار داشت که تیمار گرمایی باعث بهبود معنادار جذب آب و واکنش پذیری ضخامت نمونه ها شد. از سوی دیگر، اثر نانوذرات فلزی بر شدت تاثیر تیمار گرمایی نیز روشن شد، زیرا به دلیل هدایت گرمایی بالای نانوذرات فلزی، نتایج تیمار گرمایی در دماهای بالاتر را می توان در دماهای پایین تر نیز به دست آورد.

¹ Nuclear magnetic resonance

² Copper: 401 W·m⁻¹·K⁻¹, Silver: 429 W·m⁻¹·K⁻¹, Wood: 0.18 W·m⁻¹·K⁻¹

منابع

- ۱- امین زاده لیافویی، فرهاد؛ ۱۳۸۹، بررسی تاثیر اشباع نانوسیلور بر میزان نفوذپذیری گازی چوب راش و صنوبر تیمار شده با یخ خشک (Dry Ice)، پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، ۹۸ صفحه.
- ۲- پارسا پزوه، داود، ۱۳۷۳، تکنولوژی چوب، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۰۴ صفحه.
- 3- Choi, S. U. S., YU, W., Lockwood, F. E., and grulk, E. A. (2001). Anomalous thermal conductivity enhancement in nanotube suspension, " Appl. Physlett. 79, 2252-2254pp.
- 4- Colom X, Carrillo F, Nogue' s F, Garriga P. (2003) Structural analysis of photodegraded wood by means of FTIR spectroscopy. Polym Degrad Stab;80:543-9 pp.
- 5- Eastman, J. A. Choi, S. U. S., Li, W., and Thompson, W. (2001) Anomalously increased conductivity of ethylene glycol-based nano fluids containing copper nanoparticle Appl. Physlett 78. 718-720 pp.
- 6- Garrote, G; Dominguez, H; and Parajo, J.C. (1999) Hydrothermal Processing of Lignocellulosic Materials; Holz als Roh-und Werkstof, 57 (3), 191 – 202pp.
- 7- Hakkou, M ; Pe trissans, M ; Zoulalian, A ; Gerardin, P. (2004). Investigation of wood wettability changes during heat treatment on the basis of chemical analysis. Polymer Degradation and Stability 91: 393-397pp.
- 8- Hakkou M, Pe'trissans M, Ge'rardin P, Zoulalian A. (2005) Investigation of wood wettability changes during heat treatment on the basis of chemical analysis. Polymer Degradation and Stability; 89:1-5pp.
- 9- Hill, C. (2006) Wood Modification Chemical, Thermal and Other Processes; John Wiley & Sons, Ltd., ISBN: 0-470-02172-1; 239P.
- 10- Jana, S., Salehi-Khojin, and Zhong, W. H. (2007). Enhancement of fluid thermal conductivity by the addition of single and hybrid nano additives, Thermchim. Acta 462, 45-55 pp.
- 11- Korkut, S. (2007). The effects of heat treatment on some technological properties in Uludag'fir (Abies bornmuelleriana Mattf.) wood. Materials and Design 30 (2007) 1853-1858pp.
- 12- Kung, H. U., Kim, S. H., and Oh, J. M. (2006). Estimation of thermal conductivity of nanofluid using experimental effective particle volume, Exp. Heat Transfer 19, 181-191pp.
- 13- Latif, M. (2009). Heat Conduction, third edition, springer, 412-416 pp.
- Pétrissans, M., Géradin, P., El-Bakali, I. and Seraj, M. (2003). Wettability of heat-treated wood. *Holzforschung*, 57(3), 301-307pp.
- 14- Li, Q, and Xuan, Y. (2006). Enhanced heat transfer behaviors of new heat carrier for spacecraft thermal management, J. Spacecraft rockets 43, 687-690pp.
- 15- Patel, H. E, Das, S. K., Sundarjan, T., Nair, A. S., George, B., and Pradeep, T. (2003). Thermal conductivity naked and monolayer protected metal nanoparticles based nanofluid ; manifestation of anomalous enhancement and chemical effect. Appl. Phys lett 83, 2931-2933 pp.
- 16- Pétrissans, M., Géradin, P., El-Bakali, I. and Seraj, M. (2003). Wettability of heat-treated wood. *Holzforschung*, 57(3), 301-307pp.
- 17- Repellin, V. and Guyonnet, R. (2005). Evaluation of heat-treated wood swelling by differential scanning calorimetry in relation to chemical composition. *Holzforschung*, 59(1), 28-34pp.
- 18- Stamm, A.J. and Hansen, L.A. (1937). Minimizing wood shrinkage and swelling. Effect of heating in various gases. *Industrial and Engineering Chemistry*, 29(7), 831-833pp.
- 19- Taghiyari, H.R. (2011a). Study on the Effect of Nano-Silver Impregnation on Mechanical Properties of Heat-Treated *Populus nigra*, Wood Sci. and Tech., Springer-Verlag, 45: 399 – 404 pp.
- 20- Taghiyari, H.R. (2011b) Effects of nano-silver on gas and liquid permeability of particleboard. Digest Journal of Nanomaterials and Bioresources, Vol. 6, No 4, October-December, 1517 – 1525pp.
- 21- Taghiyari HR, Rangavar H, Farajpour Bibalan, O. (2011). Nano-Silver in Particleboard. BioResources, 6(4): 4067 – 4075pp.
- 22- Taghiyari, H.R., Rassam, G., Lotfinejad Sani, Y., Karimi, A. (2012). Effects of nano-silver impregnation on some mechanical properties of ice-blasted specimens prepared from two native species. Journal of Tropical Forest Science, Accepted to be published on Jan.
- 23- Taghiyari, H.R. (2012). Correlation between Gas and Liquid Permeabilities in some Nano-Silver-Impregnated and Untreated Hardwoods. Journal of Tropical Forest Science, Accepted: JTFS 24(2): in press on April.
- 24- Tiemann, H.D. (1915). The Effect of Different Methods of Drying on the strength of Wood; Lumber World Review; 28 (7), 19-20PP.

- 25- Yu, W., Xie, H., Chen, L., and Li, Y. (2010). Investigation of the thermal transport properties of ethylene glycol-based nano fluids containing copper nanoparticle Powder Technol. 197, 218-221PP.
- 26- Warriar, P., Teja, A. (2011). Effect of particle size on the thermal conductivity of nanofluids containing metallic nanoparticles, Vol 6:247.

Study on the Effect of Heat Treatment on Physical Properties of Poplar and Beech Woods Impregnated with Nano-Copper and Nano-Silver

H. Siahposht¹, M. Ghorbani^{*2} and H. R. Taghiyari³

Abstract

Present study conducted to review effects of heat treatment on weight loss, water adsorption, and thickness swelling of poplar (*Populus nigra*) and beech (*Fagus oreintalis*) woods impregnated with nano-copper and nano-silver. Specimens were pressur (2.5 bar) impregnated with 400 PPM water-based solution of nano-copper and nano-silver particles in a pressure vessel. For heat treatment, nano-copper, nano-silver impregnated and control specimens, were heat treated at 145°C temperature for 24 hours. Water absorption and thickness swelling decreased in heat treated and nano-heat treated specimens and this decrease in specimens impregnated with nano-copper and nano-silver was more obvious than in heat treated control specimens. The reasons were the degradation in crystal sections of celluloses chains and the ink variation of wood polymers. On the other hand, a comparison between heat treated and nano- heat treated specimens has shown weight loss further in nano-heat treated specimens. This shows that retent nano-copper and nano-silver by impregnation facilitates heat transfer in wood; and it may increase the process of degradation and pyrolysis of wood structures in inner parts of specimens.

Keywords: Heat treatment, Physical properties, Nano-Silver, Nano-Copper, Poplar, Beech

* Corresponding author: Email: ghorbani_mary@yahoo.com