نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل
جلد بیستم و دوم، شماره سوم، ۱۳۹٤
http://jwfst.gau.ac.ir

بررسی خواص سطحی چوب صنوبر تیمار شده با نانو اکسید مس

*سید محمد مهدی میری[۱]، محمدرضا ماستری فراهانی[۲] و داود رسولی[۳]

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد رشته حفاظت و اصلاح چوب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،
[۲]دانشیارگروه تکنولوژی و مهندسی چوب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،
[۳]استادیار گروه تکنولوژی و مهندسی چوب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۸/۲۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٤/۰۳/۲۸

چکیده

سابقه و هدف: معرفی هر نوع ماده حفاظتی جدید برای چوب، نیازمند مطالعه تأثیر آن ماده حفاظتی بر جنبه‌های مختلف چوب از جمله خصوصیات سطحی می‌باشد. خصوصیات سطحی چوب تأثیر زیادی بر خواص کاربردی چوب از قبیل چسبندگی و رنگ‌پذیری آن دارد. از آن‌جایی که نانو اکسید مس قابلیت استفاده به‌عنوان ماده حفاظتی مؤثر و مهم در حفاظت چوب را دارد، لذا این تحقیق به بررسی اثر تیمار با نانو ذرات اکسید مس بر روی زبری و زاویه تماس قطره سطح نمونه‌های چوبی صنوبر دلتوئیدس پرداخته است.

مواد و روش‌ها: برای انجام این تحقیق، نمونه‌های آزمایشی از برون چوب سالم و بدون عیب گونه صنوبر دلتوئیدس با ابعاد ۵۰×۵۰×۲ میلی‌متر (طولی× مماسی× شعاعی) تهیه و سپس به‌وسیله سوسپانسیون نانو اکسید مس با سه غلظت ۵۰۰ ، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ ppm به روش بتل اشباع شدند و در ادامه میزان زبری و زاویه تماس بر روی سطح مماسی نمونه‌ها اندازه‌گیری شد.

*مسئول مکاتبه: mahdi_miri67@yahoo.com

یافته‌ها: تیمار چوب با نانو اکسید مس، زبری سطح چوب صنوبر را به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش داد. تیمار نمونه‌ها با نانو اکسید مس سبب افزایش در پارامترهای زبری سطح به‌جز پارامترهای Rvk و Rv گردید. همچنین تیمار چوب با نانو ذرات اکسید مس باعث افزایش زاویه تماس قطره گردید.
نتیجه‌گیری: نتایج به‌دست آمده از انجام این تحقیق حاکی از تغییرات معنی‌دار زبری سطح و ترشوندگی سطح در اثر تیمار نمونه‌های چوبی با نانواکسید مس بود.

واژه‌های کلیدی: چوب صنوبر، نانو اکسید مس، زبری سطح، زاویه تماس

مقدمه

چوب ماده طبیعی و تجدید شونده با کاربردهای فراوان و بسیار گسترده در زندگی بشری کنونی می‌باشد. این ماده به‌علت داشتن ساختار و ساختمان طبیعی، مستعد تخریب بیولوژیکی به‌وسیله حشرات و انواع قارچ‌ها و همچنین تخریب فیزیکی و شیمیایی از قبیل هوازدگی و آتش‌سوزی می‌باشد (١٦). در اثر تخریب ناشی از عوامل فوق، ساختار چوب تغییر می‌یابد و این امر موجب کاهش کیفیت چوب و در نتیجه موجب افت شدید ارزش اقتصادی و کاربردی این ماده با ارزش می‌گردد. برای رفع این مشکل، اهمیت و لزوم حفاظت چوب در برابر عوامل مخرب به‌خوبی مشخص می‌گردد. انتخاب ماده حفاظتی مناسب می‌تواند چوب‌آلات را در مقابل عوامل پوسیدگی، حمله حشرات و دیگر عوامل مخرب برای زمان طولانی حفاظت نماید. به‌همین دلیل کارشناسان امر حفاظت چوب، تلاش می‌کنند تا با استفاده از انواع مواد حفاظتی از تخریب و کاهش کیفیت محصولات چوبی جلوگیری نمایند اما از آنجایی‌که بسیاری از مواد حفاظتی مورد استفاده در گذشته به لحاظ زیست‌محیطی سمی و مخرب بودند، لذا امروزه استفاده از آن‌ها محدود و یا حتی ممنوع شده است. به همین خاطر محققین و دانشمندان تحقیقات گسترده‌ای را برای جایگزینی این مواد حفاظتی پرخطر با مواد حفاظتی کارآمد و کم‌خطرتر برای محیط‌زیست آغاز نموده‌اند (٦).

از بین مواد حفاظتی، مس یکی از مواد مؤثر با خاصیت قارچ‌کشی مناسب بوده که می‌تواند علاوه‌بر حفاظت چوب‌آلات در برابر عوامل قارچی، آن‌ها را تا حدودی در برابر هوازدگی نیز محافظت نماید به‌همین خاطر در فرموله کردن اکثر مواد حفاظتی از این ماده استفاده می‌شود (١١). CCA یکی از مواد حفاظتی بر پایه مس است که تا سال ۲۰۰۳ میلادی به به‌طور گسترده در حفاظت

چوب استفاده می‌شد ولی به‌خاطر سمیت برای انسان و محیط‌زیست استفاده آن از سال ۲۰۰۷ ممنوع گردید (۲ و ۱۱). از دیگر مواد حفاظتی حاوی مس می‌توان به ACC[1]، ACZA، CA[2]، ACQ[3] و ... اشاره نمود. مس موجود در ترکیب این مواد به‌دلیل استفاده از نمک‌های مس دچار آبشویی می‌گردد که این امر علاوه‌بر مشکلات زیست‌محیطی، چوب‌آلات تیمار شده را نیز در معرض تخریب بیولوژیکی قرار می‌دهد. برای حل این مشکل تحقیقات زیادی صورت گرفته که یکی از راهکارها استفاده از ذرات جامد مس با ابعاد کوچکتر از ۱۰۰۰ نانومتر می‌باشد که بر این اساس، ماده حفاظتی جدیدی با میزان آبشویی کمتر به‌نام MCQ[4] در سال ۲۰۰٦ معرفی شد که از آن به‌طور گسترده در آمریکای شمالی جهت حفاظت چوب آلات استفاده می‌گردد (١٤). بر اساس تحقیقات صورت گرفته، زمانی‌که از ذرات مس با ابعاد نانومتری (زیر ۱۰۰ نانومتر) در حفاظت چوب استفاده شود علاوه‌بر اثر حفاظتی مناسب، از آبشویی آن نیز جلوگیری می‌شود. لذا نانو اکسید مس یکی از مواد حفاظتی جدیدی است که مورد توجه کارشناسان و محققین حفاظت چوب قرار گرفته است (٣-٤).

معرفی هر ماده حفاظتی جدید، مستلزم مطالعه تأثیر این مواد بر خواص مختلف چوب می‌باشد که از جمله می‌توان به خصوصیات سطحی چوب مانند زبری و ترشوندگی اشاره نمود. زبری چوب در چسبندگی اتصالات چوبی و ساخت چندسازه‌های چوبی از جمله LVL[5] و تخته لایه اهمیت زیادی دارد. به‌طوری که افزایش زبری چوب می‌تواند موجب کاهش کیفیت چسبندگی شود (۱۲). به‌عنوان مثال در تحقیقی، اثر کندسوز کننده‌های بوراکس، اسید بوریک، مونو فسفات آمونیوم و دی فسفات آمونیوم بر میزان زبری سطح لایه‌های مورد استفاده در ساخت تخته‌لایه مورد بررسی قرار گرفت و مشاهده گردید که تمامی کندسوز کننده‌ها باعث افزایش پارامترهای زبری سطح در مقایسه با لایه‌های تیمار نشده گردیدند. از بین مواد کندسوز کننده، بیشترین افزایش زبری سطح در لایه‌های تیمار شده با اسید بوریک مشاهده گردید (۱۲). دبش و همکاران (۱۹۹۸) اعلام کردند که تیمار چوب با ماده حفاظتی CCA باعث افزایش قابل ملاحظه‌ای در زبری سطح می‌شود دلیل این امر به رسوب اکسیدهای مس، کروم و آرسنیک در دیواره‌های سلولی چوب نسبت داده شده است. ترشوندگی نیز

1- Acid copper chromate
2- Copper azole
3- Ammoniacal copper quaternary
4- Micronized copper quat
5- Laminated Veneer Lumber

یک ویژگی مهم برای چسبندگی چوب است که معمولاً با آزمون زاویه تماس قطره ارزیابی می‌گردد که تحت تأثیر خواص چوب از جمله تخلخل، مواد استخراجی، مقدار pH، رطوبت و جهت الیاف چوب می‌باشد (۸). همچنین زاویه تماس نیز ممکن است در اثر تیمار با مواد حفاظتی افزایش پیدا کند که این افزایش موجب کاهش ترشوندگی و در نتیجه کاهش کیفیت چسبندگی در اتصالات چوبی بوسیله چسب‌ها می‌گردد (۱۳). در چوب های تیمارشده با ماده حفاظتی CCA نیز، افزایش قابل توجه زاویه تماس قطره آب گزارش شده است (۹). با توجه به این‌که نانو اکسید مس به‌عنوان یک ماده حفاظتی مناسب مطرح شده، اما تاکنون مطالعه‌ای در مورد خصوصیات سطحی چوب‌آلات تیمار شده با این ماده صورت نگرفته، لذا این تحقیق به بررسی اثر تیمار با نانو اکسید مس بر روی خواص سطحی (زبری سطح و زاویه تماس) چوب صنوبر پرداخته است.

مواد و روش‌ها

جهت انجام این تحقیق از چوب صنوبر (Poplus deltoides) با ابعاد ۵۰ (مماسی)× ۵۰ (طولی)× ۲ (شعاعی) میلی‌متر استفاده شد. نمونه‌ها از چوب‌های خشک‌شده بدون عیب و راست تار و از ناحیه برون چوب گرده بینه تهیه شدند.

جهت تیمار نمونه‌ها، سوسپانسیون نانو اکسید مس با اندازه ذرات متوسط ٤۰ نانومتر و غلظت ppm ۱۵۰۰ از شرکت نانو ساو آویژه تهیه و با رقیق کردن آن، غلظت‌های ۵۰۰ و ۱۰۰۰ ppm نیز به‌دست آمد. اشباع نمونه‌ها به روش سلول پر و به کمک دستگاه اشباع آزمایشگاهی موجود در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام گردید. برای این منظور، نمونه‌ها پس از قرارگرفتن در درون سیلندر اشباع، تحت خلأ (۰/۸ بار) به‌مدت ۳۰ دقیقه قرار گرفتند. پس از آن با حفظ خلأ، شیر مخزن ورود مایع به سیلندر باز و مایع حفاظتی به داخل ظرف حاوی نمونه‌ها انتقال داده شد. بعد از این مرحله، شیر بسته و نمونه‌های غوطه‌ور در محلول حفاظتی به‌مدت ۲ ساعت تحت فشار اتمسفر در داخل محفظه سیلندر قرار گرفتند. سپس نمونه‌های اشباع‌شده از مخزن خارج و پس از توزین، میزان ماندگاری ماده حفاظتی محاسبه گردید. علت استفاده از فشار اتمسفری، ابعاد کوچک نمونه‌ها و نفوذپذیری خوب گونه صنوبر بود. برای اندازه‌گیری خواص سطحی، نمونه‌ها پس از خشک شدن در هوای آزاد، به‌همراه نمونه‌های شاهد به‌مدت دو هفته در ژرمیناتور (دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۵ درصد) قرار داده شدند.

جهت اندازه‌گیری زبری سطح نمونه‌ها قبل و بعد از تیمار از استاندارد ISO/DIS ٤٢٨٧/١ استفاده شد. برای این منظور با حرکت دستگاه زبری سنج (مجهز به سوزن با شعاع انحنای ١٦ میکرومتر) در جهت عمود برالیاف نمونه‌ها، اندازه‌گیری زبری سطح انجام گردید. پارامترهای اندازه‌گیری شده در زبری سطح، شامل Rvk, Rpk, Rk, Rmax, Rv, Rz, Rq و Ra بودند که بر اساس اطلاعات حاصل از پروفیل سطح محاسبه گردیدند. همچنین پارامترهای نسبی زبری نمونه‌ها برای هر یک از پارامترهای زبری سطح با استفاده از معادله زیر محاسبه گردید:

$R' = Rm/Ro$

Ro: پارامتر زبری چوب قبل از تیمار

Rm: پارامتر زبری چوب بعد از تیما

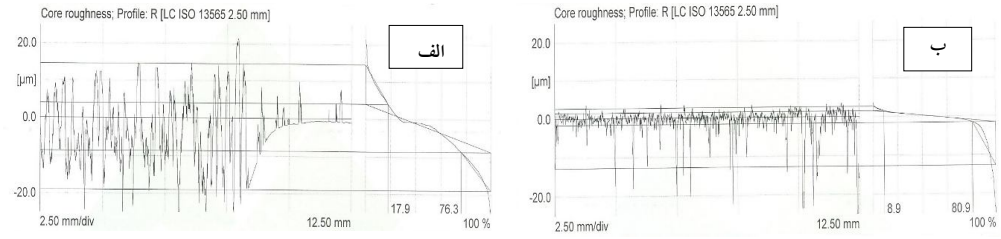
اندازه‌گیری زاویه تماس نمونه‌ها طبق استاندارد ASTM D ٥٩٤٦ و به‌وسیله دستگاه PGX مدل FT-302510 صورت گرفت. برای این منظور، نمونه‌ها در داخل دستگاه قرار داده شدند و مقدار ٣/٥ میلی‌لیتر آب مقطر در سطح نمونه به‌وسیله سرسرنگ مجهز به پمپ تخلیه قرار گرفت. سپس میانگین زاویه تماس به‌وسیله نرم‌افزار دستگاه در ١٠ ثانیه اول قرارگیری قطره روی سطح نمونه به‌دست آمد.

لازم به یادآوری است که برای هر تیمار تعداد ٩ آزمون زبری و زاویه تماس (برای هرتیمار تعداد ٣ تکرار و بر روی هر تکرار نیز سه آزمون) اندازه‌گیری شد.

تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به زبری سطح (مقایسه بین میانگین پارامتر قبل و بعد از تیمار) به کمک آزمون T جفتی و بررسی زاویه تماس به کمک آنالیز واریانس یک‌طرفه و مقایسه میانگین توکی توسط نرم‌افزار مینی تب ١٦ انجام گردید.

نتایج

در شکل ١ نمونه‌ای از زبری سطح نمونه شاهد و نمونه تیمار شده با غلظت ٥٠٠ ppm نانو اکسید مس ارایه شده است. همانگونه که مشخص است تغییر زبری در اثر استفاده از ماده حفاظتی را می‌توان به‌صورت کیفی مشاهده نمود که این امر نشان می‌دهد که زبری به مقدار قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است.



شکل ۱- پروفیل زبری سطح چوب صنوبر دلتوئیدس قبل (الف) و پس از تیمار (ب) با محلول محتوی ۵۰۰ ppm نانو اکسید مس.

Figure 1. Surface roughness parameters of Poplar wood before (a) and after traetment (b) with nano copper oxide (500 ppm).

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل نتایج پارامترهای زبری سطح به‌وسیله آزمون T در سطح اطمینان ۹۵ درصد در جدول ۱ ارایه شده است. نتایج حاصل نشان داد که تیمار چوب با نانو اکسید مس تمامی پارامترهای زبری سطح به غیر از Rvk و Rv را به‌طور معنی‌داری افزایش داده است. با توجه به نتایج حاصل می‌توان بیان کرد که تیمار نمونه‌های چوبی با نانو اکسید مس سبب افزایش زبری سطح چوب می‌گردد. مطابق آنالیز آماری انجام‌شده اختلاف معنی‌داری بین پارامترهای زبری سطح Ra، Rmax، Rz، Rq، Rp، Rk و Rpk نمونه‌های آزمونی قبل و پس از تیمار با نانو اکسید مس مشاهده می‌شود. افزایش در زبری سطح چوب تحت تأثیر تیمار با نانو اکسید مس می‌تواند تا حدی به‌دلیل نفوذ این ماده به داخل دیواره سلول چوب و رسوب در حفره سلولی و لایه S_3 دیواره ثانویه (۳ و ۵) و حجیم کردن دیواره سلول چوب باشد (۱۵). همچنین این نتایج با نتایج به‌دست آمده توسط صدیقی (۲۰۱۲) نیز مطابقت دارد.

جدول ۱- میانگین پارامترهای زبری سطح قبل و بعد از تیمار.

Table 1. Roughness parameters before and after treatment.

نانواکسید مس با غلظت ۵۰۰ ppm Nano copper oxide (500 ppm)			نانواکسید مس با غلظت ۱۰۰۰ ppm Nano copper oxide (1000 ppm)			نانواکسید مس با غلظت ۱۵۰۰ ppm Nano copper oxide (1500ppm)			میانگین پارامترهای زبری (μ_m) roughness parameters (μ_m)
سطح معنی‌داری Level of significance	بعد از تیمار After treatment	قبل از تیمار Before treatment	سطح معنی‌داری Level of significance	بعد از تیمار After treatment	قبل از تیمار Before treatment	سطح معنی‌داری Level of significance	بعد از تیمار After treatment	قبل از تیمار Before treatment	
**	8.15	2.44	*	4.04	2.63	**	7.72	2.10	Ra
**	51.06	31.33	**	42.01	31.5	**	48.98	29.86	Rmax
**	42.24	21.95	**	32.52	21.66	**	41.2	21.46	Rz
**	10.02	3.93	**	5.74	3.87	**	9.97	3.48	Rq
**	15.6	5.17	**	14.4	5.21	**	23.40	4.98	Rp
**	26.63	16.77	ns	18.1	16.45	Ns	17.81	16.47	Rv
**	19.6	3.11	**	8.62	3.88	**	20.76	3.27	Rk
**	4.69	1.51	**	6.83	1.11	**	12.8	1.41	Rpk
**	15.32	9.67	ns	9.91	8.99	Ns	9.57	8.47	Rvk

** در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار است، * درسطح ۹۵ درصد معنی‌دار است، ns در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار نیست.

** significant at 99% level, ** significant at 95% level, ns not significant

به‌دلیل تفاوت میزان زبری سطح اولیه نمونه‌های چوبی برای بررسی دقیق‌تر میزان اثر نوع تیمار بر تغییر زبری سطح از پارامترهای نسبی زبری سطح استفاده شد. همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، تمامی پارامترهای نسبی زبری به غیر از پارامتر R´pk با افزایش غلظت ماده حفاظتی از ۵۰۰ به ۱۰۰۰ ppm کاهش یافتند. افزایش غلظت ماده حفاظتی از ۱۰۰۰ به ۱۵۰۰ ppm پارامترهای R´a، R´max، R´z، R´q، R´k و R´pk را افزایش و پارامترهای R´v و R´vk را کاهش داد. روند مشاهده شده ممکن است از تفاوت میزان نفوذ مس به دیواره در غلظت‌های مختلف ماده حفاظتی ناشی شده باشد. تیمار چوب با نانو اکسید مس با غلظت‌های مختلف، بیشترین تأثیر را در بین پارامترهای زبری بر روی پارامتر R´pk ایجاد نموده است و با توجه به این‌که پارامتر در بین پارامترهای آبوت معرف پیک پروفیل سطح می‌باشد، انتظار می‌رود که با انجام یک سایش، زبری سطحی چوب تیمار شده تا حدی کاهش یابد (۱۳).

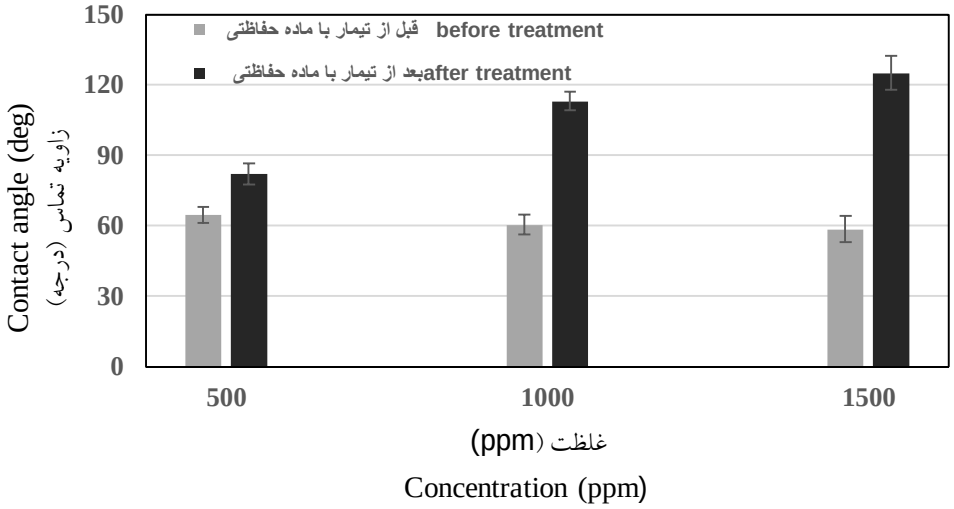
جدول ۲- میانگین پارامترهای نسبی زبری سطح.

Table 2. Relative roughness parameters of samples.

نانواکسید مس با غلظت ۵۰۰ ppm Nano copper oxide (500ppm)	نانواکسید مس با غلظت ۱۰۰۰ ppm Nano copper oxide (1000ppm)	نانواکسید مس با غلظت ۱۵۰۰ ppm Nano copper oxide (1500ppm)	پارامترهای نسبی زبری Relative roughness parameters
3.69 (1.76)	1.74 (0.7)	3.73 (1.02)	R´a
1.6 (0.23)	1.37 (0.25)	1.76 (0.46)	R´max
2.06 (0.72)	1.58 (0.44)	1.97 (0.499)	R´z
2.69 (0.69)	1.61 (0.54)	2.88 (0.622)	R´q
3.09 (1.19)	2.82 (1.5)	4.86 (1.08)	R´p
1.72 (0.62)	1.2 (0.58)	1.11 (0.4)	R´v
7.24 (2.8)	2.66 (1.93)	6.68 (2.96)	R´k
3.26 (1.73)	6.22 (1.96)	9.73 (3.14)	R´pk
1.63 (0.47)	1.23 (0.58)	1.13 (0.39)	R´vk

( ) نشان دهنده انحراف معیار: standard deviation

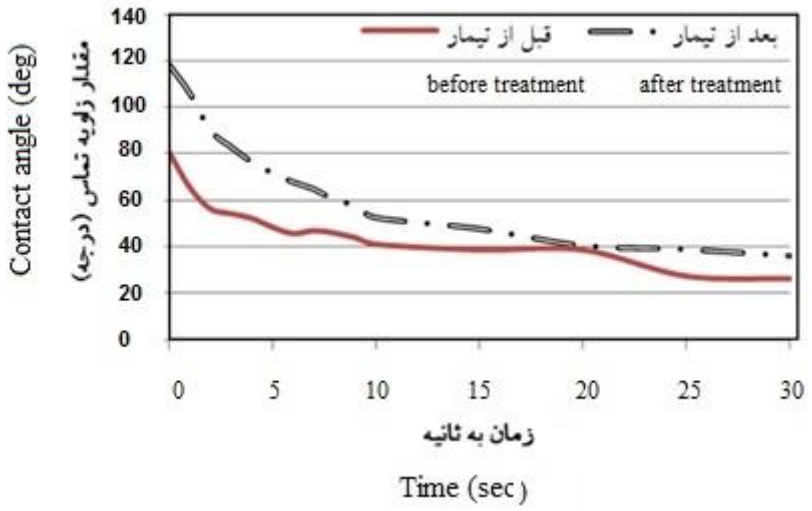
نتایج حاصل از اندازه‌گیری زاویه تماس قبل و بعد از تیمار با نانو اکسید مس در شکل ۲ ارایه شده است. همان‌گونه که مشخص است تیمار نمونه‌ها با نانو اکسید مس سبب افزایش قابل ملاحظه زاویه تماس شده و این امر با آزمون تجزیه واریانس نیز ثابت شد. نتیجه مشابهی نیز مبنی بر افزایش زاویه تماس نمونه‌های چوبی در اثر تیمار با نانو اکسید روی گزارش شده است (٤). میانگین زاویه تماس برای نمونه‌های اشباع شده با نانو اکسید با غلظت ۵۰۰ ppm، ۸۲ درجه، برای نمونه‌های اشباع شده با غلظت ۱۰۰۰ ppm، ۱۱۳ درجه و برای نمونه‌های اشباع شده با غلظت ۱۵۰۰ ppm، ۱۲۵ درجه به‌دست آمد. برای مقایسه و ارزیابی بهتر تأثیر غلظت نانو اکسید مس بر روی زاویه تماس قطره از مقایسه میانگین توکی در سطح ۹۵ درصد استفاده شد. نتایج به‌دست آمده نشان داد که اختلاف زاویه تماس قطره در بین غلظت‌های ۵۰۰ و ۱۰۰۰ ppm استفاده شده، معنی‌دار می‌باشد. اما اختلاف در بین غلظت‌های ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ppm استفاده شده، معنی‌دار نمی‌باشد. همان‌طور که اشاره شد تیمار با غلظت ۵۰۰ ppm نانو اکسید مس سبب افزایش زاویه تماس گردید ولی به‌علت این‌که زاویه تماس آن کمتر از ۹۰ درجه می‌باشد، چوب تیمار شده با این غلظت هنوز در گروه سطوح آب‌دوست قرار می‌گیرد (۷-۸). با افزایش غلظت از ۱۰۰۰ به ۱۵۰۰ ppm سطح چوب از یک سطح آب‌دوست به سطحی آب‌گریز تبدیل گردید.



شکل ۲- میانگین زاویه تماس چوب صنوبر دلتوئیدس قبل و پس از تیمار با نانو اکسید مس.

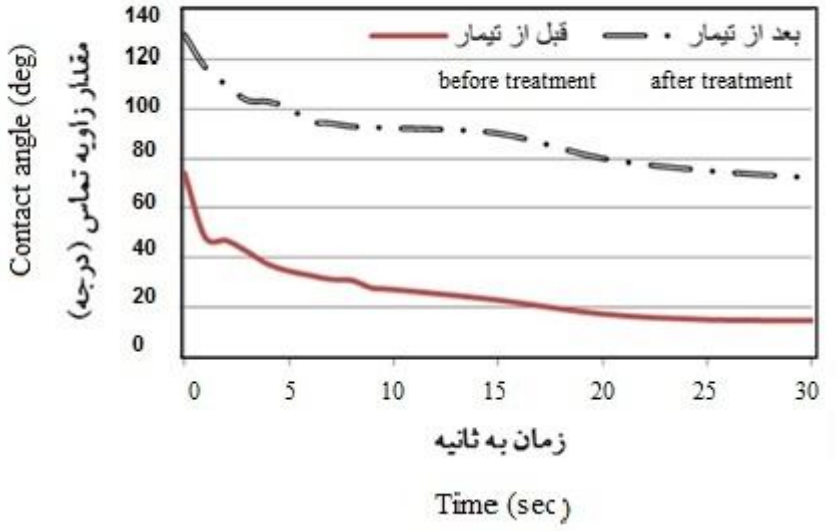
Figure 2. Contact angel on Poplar wood surface before and after treatment with nano copper oxide.

در اندازه‌گیری زاویه تماس استاتیک، اندازه قطره در طی اندازه‌گیری تغییر نمی‌کند. ولی زاویه تماس با گذشت زمان معمولا ثابت نمی‌ماند و ممکن است شاهد کاهش زاویه تماس با گذشت زمان نیز باشیم که این امر به‌خاطر خصوصیات سطح و اثر متقابل آب و سطح مشترک جسم جامد می‌باشد (۱۳). لذا در این تحقیق نیز تغییرات زاویه تماس با گذشت زمان مورد توجه و ارزیابی قرار گرفت. در شکل‌های ۳، ٤ و ٥ تغییرات زاویه تماس قطره آب را در زمان‌های مختلف قبل و بعد از تیمار با نانو اکسید مس با گذشت زمان ارائه شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد تیمار نمونه‌های چوبی با نانو اکسید مس سبب افزایش زاویه تماس نمونه‌ها شده است. در نمونه‌های شاهد با گذشت زمان شدت کاهش زاویه تماس بسیار مشهود است در حالی‌که این کاهش در نمونه‌های تیمار شده بسیار کمتر می‌باشد. همچنین با افزایش ماندگاری، شاهد کاهش کمتری در زاویه تماس نمونه‌ها با گذشت زمان بودیم. کاهش کمتر زاویه تماس در طول زمان در نمونه‌های تیمار شده با نانو اکسید مس، به علت نفوذ کمتر آب در این چوب‌ها در طول زمان می‌باشد که این امر نشان می‌دهد سطح چوب‌ها در اثر تیمار آبگریز شده است. چنین روند و نتیجه‌گیری مشابهی نیز در چوب‌های تیمار شده با ماده حفاظتی CCA گزارش شده است (۹).



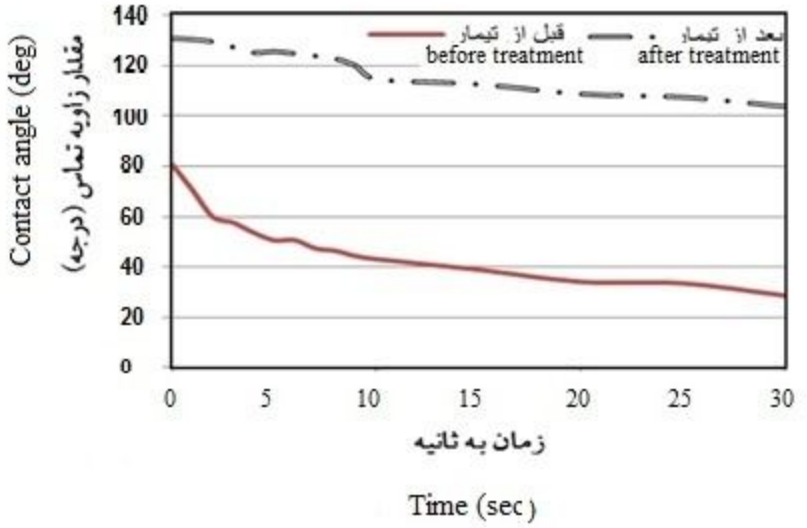
شکل ۳- تغییرات زاویه تماس قطره آب قبل و پس از تیمار با نانو اکسید مس با غلظت ۵۰۰ ppm.

Figure 3. Contact angle on samples before and after treatment with nano copper oxide (500 ppm).



شکل ٤- تغییرات زاویه تماس قطره آب قبل و بعد از تیمار با نانو اکسید مس با غلظت ۱۰۰۰ ppm.

Figure 4. Contact angle on samples before and after treatment with nano copper oxide (1000 ppm).



شکل ۵- تغییرات زاویه تماس قطره آب قبل و پس از تیمار با نانو اکسیدمس با غلظت ppm ۱۵۰۰.

Figure 3. Contact angle on samples before and after treatment with nano copper oxide (1500 ppm).

نتیجه‌گیری

خصوصیات سطحی چوب تأثیر زیادی بر خواص کاربردی چوب از قبیل چسبندگی و رنگ‌پذیری آن دارد. از آنجایی که نانو اکسید مس قابلیت استفاده به‌عنوان ماده حفاظتی مؤثر و مهم در حفاظت چوب را دارد، لذا در این تحقیق به بررسی تأثیر نانو اکسید مس و غلظت آن بر خصوصیات سطحی از قبیل زبری سطح و زاویه تماس ناشی از قطره آب پرداخته شد. نتایج حاصل نشان داد که تیمار نمونه‌ها با نانو اکسید مس سبب افزایش در پارامترهای اصلی زبری سطح به غیر از پارامترهای Rvk و Rv گردید. به طوری‌که بیشترین میزان تغییر در پارامتر Rmax و کمترین آن در پارامتر Rvk مشاهده شد. همچنین میزان غلظت ماده حفاظتی باعث افزایش معنی‌داری در پارامترهای R´a، R´q، R´p، R´pk گردید. نانو اکسید مس و غلظت آن نیز تأثیر معنی‌داری در افزایش میزان زاویه تماس نمونه‌ها داشت به‌طوری که تیمار با این ماده خصوصیات سطح چوب را از یک سطح آبدوست به یک سطح آبگریز تغییر داد.

منابع

1.Ayrilmis, N., Korkut, S., Tanritanir, E., Winandy, J.E., and Hiziroglu, S. 2006. Effect of various fire retardants on surface roughness of plywood. Building and Environment, 41(7): 887-892.

2.Ahn, SH., Oh, SC., Choi, I-g., Han, G-s., Jeong, H-s., Kim, K-w., Yoon, Y-h and Yang, I. 2010. Environmentally friendly wood preservatives formulated with enzymatic-hydrolyzed okara, copper and/or boron salts. Journal of hazardous materials. 178(1): 604-611.

3.Clausen, C.A., Yang, V.W., Arango, R.A., and Green III, F. 2010. Feasibility of Nano zinc oxide as a wood preservative. American wood protection association 255-260.

4.Chehreh, F. 2012. Weathering and decay resistance of populous deltoids wood treated with nano copper oxide. MSc thesis. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. 100p.

5.Freeman, M.H., and McIntyre, C.R. 2008. Comprehensive review of copper-based wood preservatives. For. Prod. J. 58, 6-27.

6.Hosseini, M. 2007. Research on dimensional stability and decay resistance of modified beech wood with acetic anhydride and propionic anhydride. M.Sc. thesis. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. 130p.

7.Jun Huanga, D., and Shyng Leu, T. 2013. Fabrication of high wettability gradient on copper substrate. Sci Verse Science Direct. 280: 25-32.

8.Liu, T., Yin, Y., Chen, S., Chang, X., and Cheng, S. 2007. Super-hydrophobic surfaces improve corrosion resistance of copper in seawater. Science Direct. 52: 3709-37013.

9.Maldas, D.C., and Kamdem, D.P. 1998. Surface characterization of chromated copper arsenate (CCA)-treated red maple. Journal of adhesion science and technology, 12(7): 763-772.

10.Rasouli, D., Faezipour, M., Masteri Farahani, M.R., Tajvidi, M. 2013. The effect of zinc borate and additives on weathering performance of wood-high density polyethylene composite. J. of Wood and Forest Science and Technology, Vol. 20(2): 41-58. (In Persian)

11.Richardson, H.W. 1997. Handbook of copper compounds and applications: CRC Press.

12.Salca, E., and Hiziroglu, S. 2014. Evaluation of hardness and surface quality of different wood species as function of heat treatment. Science Direct. 62: 416-423.

13.Sedqi, M. 2010. Investigation on surface properties of treated wood with nano zinc oxide. MSc thesis. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. 73p. (In Persian)

14.Temiz, A., Yildiz, U.C., Aydin, I., Eikenes, M., Alfredsen., G., and Colakoglu., G. 2005. Surface roughness and color characteristics of wood treated with preservatives after accelerated weathering test. Applied surface science 250: 35-45.
15.Togay, A., and Colakoglu, M.H. 2009. Effect of impregnation with timber care aqua to surface of some varnishes. Journal of Applied Sciences, 9: 1719-1725.
16.Wilkinson, J.G. 1979. Industrial timber preservation. Associated Business Press. 532p.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 22 (3), 2015
http://jwfst.gau.ac.ir

The surface properties of poplar *(Populus deltoids*) wood treated with nano copper oxide

***S.M.M. Miri[1], M.R. Masteri Farahani[2] and D. Rasouli[3]**
[1]Master's Degree in Wood Preservation and Modification, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran, [2]Associate Prof., Dept. of Wood Engineering and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran, [3]Assistant Prof., Dept of Wood Engineering and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran
Received: 11/12/2014 ; Accepted: 06/18/2015

Abstract
Background and objectives: The introduction of any new preservative for wood requires to comprehensive study on various aspects such as surface properties. Surface properties of wood have a significantly influence on the application properties including quality adhesion and paintability. Since the nano copper oxide can be used as an effective preservative for wood, therefore, the effect of nano copper oxide on surface properties such as roughness and contact angle of water was discussed in this study.
Materials and methods: Specimens with the dimensions of 50×50×2 mm (tangential × longitudinal× radial) were prepared from sapwood of poplar wood. Specimens impregnated with nano copper oxide suspension (500, 1000, 1500 ppm) by Bethell process.
Results: treatment wooden Specimens using nano copper oxide had significantly effect on surface roughness and caused to increase in the most important roughness parameters exception Rv and Rvk. It is clearly verified this treatment amplified the surface roughness of wooden Specimens. The contact angles were also affected by treatment and had the same behavior as like surface roughness.
Conclusion: The results of this study revealed that roughness and wettability of surface were affected by treating wood samples using nano copper oxide.

Keywords: Poplar Wood, Nano Copper Oxide, Surface Roughness, Contact Angle

*Corresponding author: mahdi_miri67@yahoo.com