فعال‌سازي سطوح ذرات چوب و استفاده از اتصال‌دهنده‌هاي غيرمتداول در ساخت تخته خرده‌چوب[١]

نورالدين نظرنژاد[٢] كاظم دوست‌حسيني[٣] احمدجهان لتيباري[٤]

چكيده

اين تحقيق براي بررسي امكان ساخت تخته خرده‌چوب به روش‌هاي خودچسبندگي و به‌كارگيري پليمرهاي خطي و پليمرهاي طبيعي به‌عنوان اتصال‌دهنده از چوب گونه صنوبر دلتوئيدس انجام گرفت. ذرات چوب با دو اكسيدكننده، اسيدنيتريك و پراكسيدهيدروژن و هر كدام به مقدار ٣ درصد وزن خشك چوب به‌طور جداگانه تيمار شدند و سپس از يكي از اتصال‌دهنده‌هاي **1,6-Hexanediamine** گليسرين، ليكورسياه و **Maleic anhydride** به مقدار ٥ درصدوزن خشك چوب براي ايجاد اتصال به خرده‌چوب‌هاي تيمارشده افزوده شد. در شرايط آزمايشگاهي از اين خرده‌چوب‌ها تخته‌هايي با دانسيته **٠/٧٥g/cm^3** ساخته شد و خواص فيزيكي مكانيكي آنها اندازه‌گيري و با نمونه‌هاي شاهد مقايسه شد. نتايج اين بررسي نشان داد كه شرايط بهينه مصرف مواد اكسيدكننده و اتصال‌دهنده مربوط به تيمار اسيدنيتريك **1,6-Hexanediamine** و ليكور سياه مي‌باشد. به‌طوري‌كه مقاومت خمشي و چسبندگي داخلي تخته‌هاي موردمطالعه به‌ترتيب ٢١/٨٢، ٢١/٠٦ ، ٠/٤٦١، ٠/٤٢٢ مگاپاسكال و پايداري ابعاد آنها در حد مناسب مي‌باشد. گفتني كه تخته‌هاي ساخته شده با اكسيدكننده اسيدنيتريك نسبت به پراكسيد هيدروژن داراي خواص كاربردي بهتري هستند، ولي اين ويژگي‌ها در مقايسه با نمونه شاهد كه با ٥ درصد رزين فنل فرمالدئيد ساخته شده‌اند، درحد پايين‌تري قرار دارند.

واژه‌هاي كليدي: *فعال‌سازي سطوح ذرات چوب، اتصال‌دهنده‌هاي غيرمتداول، خودچسبندگي*.

[١]- تاريخ دريافت:٨١/٦/٢٥، تاريخ تصويب نهايي: ٨١/١٠/٣٠

[٢]- عضو هيات علمي دانشگاه مازندران

[٣]- عضو هيات علمي دانشگاه تهران

[٤]- عضو هيات علمي دانشگاه تهران

مقدمه

صفحات فشرده چوبي، از اتصال مواد ليگنوسلولزي به‌وسيله چسب‌ها يا اتصال‌دهنده‌هاي جديد مناسب تحت شرايط فشار و حرارت ساخته مي‌شوند. پيشرفت‌هاي گسترده‌اي كه در سال‌هاي گذشته در زمينه توليد رزين‌هاي مصنوعي به عمل آمد ساخت صفحات فشرده چوبي مورد استفاده در ساختمان‌سازي را نيز امكان‌پذير ساخت.

مسائلي نظير محدوديت جهاني نفت خام، هزينه زياد چسب‌هاي مصرفي در ساخت صفحات فشرده چوبي كه در ايران حدود ۳۵ درصد هزينه تمام شده را تشكيل مي‌دهد، متصاعدشدن بخارهاي سمي هنگام ساخت صفحات فشرده چوبي و پس از ساخت تخته‌ها با چسب‌هاي فرمالدئيدي و تجزيه‌ناپذيربودن اين‌گونه چسب‌هاي مصنوعي، باعث شده است كه پژوهشگران تحقيقات گسترده‌اي را براي جايگزيني اين نوع چسب‌ها با چسب‌هاي مبتني بر مواد معدني و طبيعي انجام دهند. از جمله اين تحقيقات ساخت چسب از مواد آلي طبيعي مانند تانن‌ها و ليگنين، ايجاد خودچسبندگي بين سطوح ذرات چوب و مواد ليگنوسلولزي به كمك فعال‌سازي سطوح و استفاده از پليمرهاي خطي و با زنجيره كوتاه براي ايجاد اتصال بين سطوح ذرات چوب مي‌باشد كه نتايج اميدوارکننده‌اي در برداشته است.

خودچسبندگي و استفاده از اتصال‌دهنده‌هاي جديد، شامل روش‌هايي از اتصال ذرات چوب است كه با روش‌هاي معمول ايجاد چسبندگي بين ذرات چوب متفاوت است. در اين روش‌ها اساس كار ايجاد اتصال كووالانسي بين سطوح چوب يا بين سطوح چوب و اتصال‌دهنده است. البته در اكثر اين روش‌ها براي ايجاد اين نوع اتصالات، لازم است از فعال‌كننده‌ها يا اكسيدكننده‌هاي استفاده شود كه به دو طريق عمل مي‌كنند. يا باعث تغيير در تركيب شيميايي اتصال‌دهنده عرضي و قادر ساختن آن به تشكيل اتصالات كووالانسي با سطح چوب مي‌شوند و يا باعث تغيير سطح به صورت افزايش گروه‌هاي عاملي فعال همچون گروه‌هاي كربوكسيل يا كربونيل و قادرساختن آن به تشكيل اتصال كووالانسي با اتصال‌دهنده عرضي مي‌شوند. دو عاملي يا چندعاملي‌بودن مواد اتصال‌دهنده از ويژگي‌هاي ضروري اين مواد مي‌باشد. همچنين اين عوامل بايستي توانايي تشكيل اتصالات كووالانسي را داشته باشند.

محققين زيادي از جمله Johns و همكاران ۱۹۷۸، Pilippous و همكاران (۱۹۸۲)، Shen (۱۹۷٤)، Shorning (۱۹۷۲)، Suzuki(۱۹۹۸) با به‌كارگيري روش‌هاي مختلف همچون فعال‌سازي سطوح چوب و استفاده از پليمرهاي طبيعي سعي كردند بدون استفاده از چسب، صفحات فشرده چوبي با خواص قابل قبول توليد نمايند. اين روش‌ها بيشتر شامل تيمار سطوح چوب به‌وسيله اكسيدكننده‌هايي نظير اسيدنيتريك، پراكسيدهيدروژن، اسيدفسفريك و غيره مي‌باشند. البته بيشتر براي بهبود فرآيندها از عناصر حدواسط دو عاملي خطي نظير هگزان دي‌آمين، اتيلن‌دي‌آمين، اتيلن گليكول و موارد ديگر يا پليمرهاي طبيعي همچون ليگنوسولفونات آمونيوم و تانن استفاده كردند. به عنوان نمونه Collet (۱۹۷۳)سطوح چوب را به‌وسيله اسيدنيتريك و اكسيدهاي گازي متنوع نيتروژن (NO_x) به اضافه اكسيژن فعال كرد. سپس ذرات چوب را با آمين دوعاملي ۱، ٦- هگزان دي آمين مخلوط كرده و زير گرما پرس كرد. خواص كاربردي تخته‌هاي ساخته شده با خواص كاربردي تخته‌هاي شاهد ساخته شده با رزين فنل فرمالدئيد مشابه بود. هدف اين بررسي، فعال‌سازي سطوح ذرات چوب با مواد اكسيدكننده و استفاده از اتصال‌دهنده‌هاي غيرمتداول براي بهبود اتصالات ايجاد شده بين ذرات چوب در ساخت تخته خرده‌چوب مي‌باشد.

مواد و روش‌ها

محل نمونه‌برداري طرح صفرابسته واقع در استان گيلان مي‌باشد، براي انجام اين تحقيق چهارپايه از گونه *P.deltoides* كلون ۷۱/۷۵ انتخاب و قطع گرديد. سپس به‌صورت قطعات بريده شده به طول ۲ متر به آزمايشگاه صنايع چوب دانشكده منابع طبيعي دانشگاه تهران منتقل شدند. خرده‌چوب‌هاي موردنياز بعد از پوست‌كني اين قطعات، به‌وسيله خردكن آزمايشگاهي نوع پالمن تهيه

گرديدند. ابعاد ذرات تهيه شده به‌طور متوسط حدود ٢*١*٠/٠٥cm بوده است.

عوامل متغير اين تحقيق اكسيدكننده‌هاي اسيدنيتريك و پراكسيدهيدروژن، مدت تيمار و چهاراتصال‌دهنده: ١، ٦-هگزان دي‌آمين، گليسرين، ليكورسياه و انيدريدمالئيك بودند. مدت تيمار اكسيدكننده‌ها شامل دو زمان صفر و ١/٥ ساعت بود. در حالت اول (زمان صفر) ذرات چوب بلافاصله پس از پاشيدن اكسيدكننده با هر يك از اتصال‌دهنده‌هاي فوق‌الذكر مخلوط شدند و درحالت دوم پس از ١/٥ ساعت با هر يك از اين اتصال‌دهنده‌ها تيمار شدند.

در اين بررسي فاكتورهاي زمان، درجه‌حرارت و فشار پرس ثابت بوده و به ترتيب در حد ٧ دقيقه، ١٥٠ °C و ٣٠g/cm^2 تنظيم شدند. براي تيمار خرده‌چوب‌ها مقدار مشخصي از آنها با اسيدنيتريك به مقدار ٣درصد وزن خشك چوب مخلوط شدند و سپس اين ذرات با يكي از اتصال‌دهنده‌هاي ذكر شده در بالا، هر كدام به مقدار ٥درصد وزن خشك چوب تيمار شدند. سري دوم ذرات چوب به‌وسيله پراكسيدهيدروژن به مقدار ٣درصد وزن خشك چوب تيمارشده و سپس اين ذرات با يكي از اتصال‌دهنده‌ها به مقدار ٥درصد وزن خشك چوب مخلوط شدند. براي ساخت نمونه‌هاي شاهد از چسب فنل فرمالدئيد به مقدار ٥درصد وزن خشك چوب استفاده گرديد. دانسيته تخته‌هاي موردمطالعه در حد ٠/٧٥ g/cm^3 تنظيم شد.

نتايج اين بررسي به كمك تكنيك تجزيه واريانس و آزمون دانكن مورد تجزيه و تحليل آماري قرارگرفت.

آزمون‌هاي تعيين مقاومت خمشي، چسبندگي داخلي، واكشيدگي ضخامت و جذب آب به‌ترتيب طبق استانداردهاي Din ٥٢٣٦١، Din ٥٢٣٦٥ و Din ٦٧٧٦٣ انجام گرفت.

نتايج

در اين تحقيق از دو اكسيدكننده اسيدنيتريك و پراكسيدهيدروژن براي فعال‌سازي سطوح ذرات چوب و چهار نوع ماده شيميايي ١، ٦-هگزان دي‌آمين، گليسرين، ليكورسياه و انيدريدمالئيك براي بهبود اتصال بين ذرات چوب و همچنين چسب فنل فرمالدئيد براي ساخت نمونه‌هاي شاهد استفاده گرديد. مقاومت خمشي، چسبندگي داخلي و خواص غوطه‌وري نمونه‌هاي موردنظر اندازه‌گيري شد. نتايج ميانگين خواص تخته‌هاي موردمطالعه در جدول ١ آورده شده است. شكل‌هاي ١ تا ٤ نمودار ويژگي‌هاي مورد اندازه‌گيري را براي مقايسه تركيب‌هاي مختلف اكسيدكننده، اتصال‌دهنده و مدت تيمار نشان مي‌دهند. با بررسي نمودارها مشاهده مي‌شود كه بهترين وضعيت، تركيب اسيدنيتريك با ١، ٦- هگزان دي‌آمين و يا با ليكور سياه در مدت تيمار صفر مي‌باشد.

نتايج تجزيه واريانس ويژگي‌هاي اندازه‌گيري شده نشان مي‌دهد كه در تمام موارد آثار اتصال‌دهنده‌ها، مدت تيمار و نوع اكسيدكننده به‌طور مستقل از هم از لحاظ آماري معني‌دار مي‌باشند، درحالي‌كه آثار متقابل آنها معني‌دار نمي‌باشند. همچنين نتايج مقايسه ميانگين‌هاي ويژگي‌هاي مورداندازه‌گيري به‌وسيله آزمون مقايسه گروه‌بندي ميانگين‌ها (دانكن) نشان مي‌دهد، اختلاف ميانگين‌هاي مقاومت خمشي و چسبندگي داخلي در بيشتر موارد معني‌دار مي‌باشند. تنها اختلاف ميانگين چسبندگي داخلي ليكورسياه و گليسرين با هر دو اكسيدكننده در مدت تيمار صفر معني‌دار نمي‌باشند. همچنين، اختلاف ميانگين‌هاي درصد جذب آب و درصد واكشيدگي ضخامت تخته‌ها در تمام موارد معني‌دار نمي‌باشند.

جدول ۱- ميانگين خواص تخته‌هاي موردمطالعه

اكسيدكننده	مدت تيمار (h)	اتصال‌دهنده	مقاومت خمشي (Mpa)	چسبندگي‌داخلي (Mpa)	جذب آب (%)	واكشيدگي‌ضخامت (%)
اسيد نيتريك	۰	۶،۱-هگزان دي‌آمين	۲۱/۸۲	۰/۴۶۱	۹۵	۵۵/۳۳
	۱/۵	۶،۱- هگزان دي‌آمين	۲۰/۶۴	۰/۴۰۳	۱۱۶	۶۰/۶۷
	۰	گليسرين	۲۰/۷۶	۰/۴۱۴	۱۲۴	۶۵/۳۳
	۱/۵	گليسرين	۱۹/۶۶	۰/۳۳۲	۱۴۳	۷۲/۶۷
	۰	ليكورسياه	۲۱/۰۶	۰/۴۲۲	۱۲۰	۶۴
	۱/۵	ليكورسياه	۲۰/۰۲	۰/۳۶۸	۱۴۱	۷۱
	۰	انيدريدمالئيك	۱۸/۱۶	۰/۳۴۳	۱۴۲	۷۹/۶۷
	۱/۵	انيدريدمالئيك	۱۷/۱۹	۰/۲۷۰	۱۵۵	/۸۷
پراكسيدهيدروژن	۰	۶،۱-هگزان دي‌آمين	۱۸/۷۴	۰/۴۰۵	۱۳۲/۳۳	۶۶/۳۳
	۱/۵	۶،۱- هگزان دي‌آمين	۱۷/۹۴	۰/۳۴۶	۱۴۲	۶۸
	۰	گليسرين	۱۷/۹	۰/۳۷۱	۱۴۴	۷۳
	۱/۵	گليسرين	۱۷/۱۱	۰/۲۸۰	۱۵۱	۷۴/۶۷
	۰	ليكورسياه	۱۷/۰۹	۰/۳۷۹	۱۳۸	۷۱
	۱/۵	ليكورسياه	۱۷/۶۱	۰/۳۰۴	۱۴۹/۶۷	۷۳/۳۳
	۰	انيدريدمالئيك	۱۷/۰۴	۰/۳۲۲	۱۵۶/۶۷	۸۳/۳۳
	۱/۵	انيدريدمالئيك	۱۶/۸۶	۰/۲۵۸	۱۵۹/۶۷	۸۸
فنل فرمالدئيد			۲۷/۳۶	۰/۵۴	۶۵	۳۸

شكل ۱- مقايسه مقاومت خمشي تخته‌هاي تيمار شده با دو اكسيدكننده و چهاراتصال‌هنده غيرمتداول

شكل ۲- مقايسه چسبندگي داخلي تخته‌هاي تيمارشده با دو اكسيدكننده و چهاراتصال دهنده غيرمتداول

شكل ٣- مقايسه جذب آب‌تخته‌هاي تيمارشده با دو اكسيدكننده و چهاراتصال‌هنده غيرمتداول

٤- مقايسه واكشيدگي ضخامت تخته‌هاي تيمارشده با دو اكسيدكننده و چهاراتصال دهنده غيرمتداول

بحث و نتيجه‌گيري

نتايج اين مطالعه نشان مي‌دهند كه از بين دو اكسيدكننده موردمطالعه، اسيدنيتريك اكسيدكننده قوي‌تر مي‌باشد. از بين اتصال‌دهنده‌هاي عرضي نيز ١، ٦- هگزان دي‌آمين و بعد از آن لكيورسياه بهترين عملكرد را داشته‌اند. در اين بررسي مدت تيمار از نظر بهبود خواص كاربردي تخته‌هاي موردمطالعه تاثير مطلوبي نداشته است. اين نتايج نشان مي‌دهد كه شرايط بهينه، شرايط استفاده از اسيدنيتريك با ١، ٦- هگزان دي‌آمين و مدت تيمار صفر است. ولي در تيمار اسيدنيتريك با ليكورسياه نيز خواص مقاومتي تخته‌هاي موردمطالعه درحد مطلوب هستند. خواص كاربردي تخته در تيمارهاي ياد شده پائين‌تر از ويژگي‌هاي تخته‌هاي شاهد مي‌باشد.

همان‌طور كه قبلا نيز ذكر شد اساس كار اين نوع روش‌ها فعال‌سازي سطوح ذرات چوب به‌وسيله اكسيدكننده‌هايي همچون اكسيدكننده‌ها مي‌باشد. اصولا در نتيجه اكسيداسيون، گروه‌هاي هيدروكسيل واحدهاي قندي و گروه‌هاي انتهاي احياكننده پلي‌ساكاريدها در معرض حمله اكسايشي قرار مي‌گيرند. اين گروه‌ها به گروه‌هاي آلدئيدي، كتوني و كربوكسيلي تبديل مي‌شوند. ساختار حلقه‌اي اين واحدها نيز ممكن است حفظ شود و يا با شكسته‌شدن پيوند اكسيژن حلقه و يا با شكسته‌شدن پيوندهاي C-C منهدم گردند.

گروه‌هاي عاملي ايجادشده روي سطوح ذرات مختلف چوب در شرايط خاصي مي‌توانند با همديگر اتصال كووالانسي ايجاد نمايند، از جمله اين شرايط مي‌توان به فاصله مناسب بين دو گروه عاملي و انرژي لازم براي ايجاد پيوند بين آنها اشاره كرد. بنابراين ذرات چوب اكسيدشده اگر به اندازه كافي به‌هم نزديك شوند زير شرايط گرما مي‌توانند به هم متصل شوند كه اصطلاحا به‌عنوان خودچسبندگي از آن ياد كرديم. ولي چون امكان نزديك‌كردن ذرات چوب به اندازه كافي با شرايط دلخواه ممكن نيست، براي ايجاد اتصال بين ذرات چوب از مواد شيميايي پل زننده استفاده مي‌شود كه ممكن است زنجيرهاي پليمري دو عاملي يا پليمرهاي طبيعي باشند، كه باعنوان اتصال‌دهنده‌هاي غيرمتداول معروف هستند. اتصالات ايجاد شده در نتيجه خودچسبندگي و اتصال‌دهنده‌هاي جديد از نوع كووالانسي يعني قوي‌ترين نوع اتصال است، بنابراين احتمال مي‌رود كه با تغيير نوع و درصد اكسيدكننده، نوع و درصد اتصال‌دهنده و همچنين فرايند ساخت تخته نتايج بهتري را به‌دست آورد. همان‌طور كه Jhons و همكاران (١٩٧٨) نيز با به‌كارگيري اكسيدكننده اسيدنيتريك واستفاده از ليكورسياه اصلاح شده به‌صورت ليگنوسولفونات آمونيوم و درتركيب با الكل فورفورال و انيدريد مالئيك تخته‌هايي ساختند كه با تخته‌هاي ساخته شده به‌وسيله چسب فنل فرمالدئيد رقابت مي‌كنند. همچنينPillipou و همكاران(١٩٨٢) نيز با به‌كارگيري اكسيدكننده پراكسيدهيدروژن و مخلوط اتصال‌هنده عرضي ليگنوسولفونات آمونيم،فورفورال الكل و كاتاليزورهاي كلريدفريك و اسيدمالئيك تخته‌هايي ساختند. مقادير مقاومت خمشي، چسبندگي داخلي و واكشيدگي ضخامتي تخته‌هاي ساخته شده به‌ترتيب برابر ٤٠٠٠ Psi، ٢٥ Psi و ٢٢ درصد بوده است.

با وجود اين كه ١، ٦- هگزان دي‌آمين نتايج بهتري داده است ولي به چند دليل تركيب ليكورسياه پيشنهاد مي‌گردد: اول اينكه ليكورسياه ضايعات كارخانه خميركاغذسازي است كه تبديل آن به محصول بهينه ارزش افزوده بالايي دارد، دوم اينكه بين نتايج، ١، ٦- هگزان

دي‌آمين و ليكورسياه اختلاف چنداني وجود ندارد (هرچند كه از لحاظ آماري اين اختلاف معني‌ار بوده است)، سوم اينكه هزينه تهيه ليكورسياه خيلي كمتر از ١، ٦- هگزان دي‌آمين مي‌باشد، چهارم اينكه مقدار زيادي از ١، ٦-هگزان دي‌آمين قبل و در حين پرس بخار شده و از محيط عمل خارج مي‌شود كه ممكن است اين بخارها مشكلات زيست‌محيطي نيز داشته باشند. بنابراين مي‌توان نتيجه گرفت كه از ليكورسياه چوب كاغذ مازندران نيز مي‌توان باشند. بنابراين مي‌توان نتيجه گرفت كه از ليكورسياه چوب كاغذ مازندران نيز مي‌توان به‌عنوان اتصال‌دهنده مناسب براي ساخت تخته‌خرده‌چوب استفاده كرد منتهي بايستي ساختار شيميايي آنرا اصلاح كرد، همچنين ممكن است نياز به تركيبات شيميايي مكمل نيز داشته باشد.

منابع

١-دوست‌حسيني كاظم، ١٣٨٠ . فناوري توليد وكاربرد صفحات فشرده چوبي، انتشارات دانشگاه تهران.

2-Brink, D.L., B.M. Collett, A.A. Pohman, A. F. Wong & j. Philippou, 1997. Bonding of lignocellubsic surfaces by oxidative treatment and monomeric or simple polymeric crosslinking agents in; Wood technology, chmeical Aspects. ACS Symp. ser. A3, Irving. S. Goldstein, ed.

3-Collett, B.M.,1973. Ph. D. thesis. Uni. of Calif., Berkeley.

4-Fengel, D, & G. Wegener, 1989. Wood chemistry ultrastrastructure reactions, Walter de Gruyter and Co., Berlin.

5-Jhons, W.E., H.D. Layton, T.Nyuten & J. W.Woo, 1978. The nonconventional bonding of white fir flakeboard using nitric acid. Holzforschung, 32 (5) 162-166.

6-Philippou, J.L., E. Zavarin, W.E. Johns & T. Nguyen, 1982. Bonding of particleboard using hydrogen peroxide, lignosulfonates and furfural alcohol: effects of chemical composition of bonding materials.Forest Prod. J., 32 (5) 55-61.

7-Shen, K.C., 1974. Modified powdered spent sulfite liguor as binder for exterior waferboard forest Prod. J., 24 (2) 38-44.

8-Stofko, J. & e. Zaarin, 1970. Patent disclosures: A new bonding system for particleboard.

9-Suzoki, S., H. Shintani, S.Y. Park, K.Salto, N.Laemsak, M. Okuma& K.liyama, 1998. Prepariation of binderless board from steam exploded pulps oil plam prondes and structureal charactristrics of lignin and polysaccarides in steam exploded.

10-Taiwo, E. A, 1997. Bonding charactristics of adhesivelparticle joints. Wood Sci. & Tech. 303-309.

Application of Wood Particles Surface Activation and Non-conventional Bonding in Particleboard Production

N. Nazarnejad[1] K. Doost Hosseini[2] A.G. Latibari[3]

Abstract

This research was conducted to investigate the possibility of producing particleboard, utilizing self-bonding techniques and applying cross-linking agents of natural polymers. *P. deltoides* particles were separately treated with two oxidizing agents, i.e. nitric acid and hydrogen peroxide at 3% each. Then, a cross-linking agent such as 1,6-hexanediamine glycerol, black liquor, or maleic anhydride at 5% (O.D. wood basis) was added to the particles in order to facilitate wood bonding. Laboratory boards at 0.75 g/cm^3 density were produced; then, physical and mechanical properties were determined and compared with the control specimens.

The result of this investigation showed that treatment with nitric acid, 1,6-hexanediamine or black liquor improved these properties. The modulus of rupture and internal bonding of the boards were 21.82, 21.06 and 0.461, 0.422 mPa, respectively; and the dimensional stability was reasonably good. In addition, the boards made using nitric acid treatment had better properties when compared with the hydrogen peroxide treated samples, but it was not as good as the control specimen (made using 5% phenol formaldehyde).

Keywords: Activation of wood surface, Non-conventional bonding, Self-bonding, Cross-linking.

[1] *-Faculty member, Univ. of Mazandaran*
[2] *--Faculty member, Univ. of Tehran*
[3] *--Faculty member, Univ. of Tehran*