مطالعه رفتار جذب آب و واکشیدگی ضخامت در بلند مدت تخته های چوب- پلاستیک

مجید چهارمحالی[۱] و سعید کاظمی نجفی[۲] و مهدی تجویدی[۳] و رضا حاجی حسنی[٤]

چکیده

در این تحقیق تخته‌های چوب پلاستیک با دانسیته اسمی g/cm^3 ۱ و ابعاد اسمی ۱×۳۵×۳۵ سانتیمتر از ضایعات پلی اتیلن سنگین حاصل از بطری های شیر(به عنوان پلاستیک) و ضایعات تخته خرده چوب و ضایعات MDF (به عنوان الیاف طبیعی) با نسبت وزنی ٦۰ , ۷۰ و ۸۰ درصد الیاف ساخته شدند، سپس خواص فیزیکی مانند رطوبت تعادل و رفتار جذب آب و واکشیدگی ضخامت تا ۱۹٦٤ ساعت غوطه وری در آب آنها اندازه گیری شدند. نتایج نشان داد که رطوبت تعادل, جذب آب و واکشیدگی ضخامت حداکثر نمونه های چوب پلاستیک با افزایش درصد الیاف از ٦۰ به ۸۰ درصد افزایش می یابد علاوه بر این با افزایش درصد الیاف تخته های چوب پلاستیک, در زمان کوتاه تری به اشباع می رسند.

واژه های کلیدی: مواد مرکب چوب- پلاستیک، پرس گرم، تخته خرده چوب، MDF، ضایعات، پلی اتیلن سنگین، خواص فیزیکی.

---

۱ -نویسنده مسئول- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع چوب وکاغذ ،دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس،Email: chaharmahali_majid@yahoo.com

۲ -استادیار گروه علوم و صنایع چوب وکاغذ ، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس

۳ -استادیار گروه علوم و صنایع چوب وکاغذ ، دانشکده منابع طبیعی ، دانشگاه تهران

٤ دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس.

مقدمه

با توجه به کاربردهای مواد مرکب چوب-پلاستیک که در معرض عوامل جوی و تماس مستقیم با آب قرار می گیرند، بررسی خواص جذب آب این مواد ضروری به نظر می‌رسد. طبیعت نم پذیری آرد چوب، جذب آب می تواند یک عامل محدودکننده در کاربرد نهایی مواد مرکب چوب-پلاستیک باشد. جذب آب بر بسیاری از خواص فیزیکی و مکانیکی مواد مرکب چوبی اثر می گذارد[۵]؛ به طوری که کوشش هایی برای اصلاح خاصیت جذب آب(کاهش آن) انجام شده است[۷].

وقتی رطوبت به داخل مواد مرکب نفوذ می کند، سبب واکشیدگی و تخریب الیاف می شود وساختار بسپار نیز به وسیله فرآیندهایی مانند تغییر جهت گیری زنجیره‌های بسپار و همکشیده شدن آن تحت تاثیر قرار می گیرد، علاوه بر این جذب آب سبب از دست رفتن سازگاری بین الیاف و ماتریس می شود که این امر سبب جدا شدن اتصالات و ضعیف شدن چسبندگی بین الیاف و پلیمر درمحل اتصال می شود.

نفوذ رطوبت و آب به داخل مواد مرکب چوب پلاستیک با چندین سازکار متفاوت صورت می‌گیرد.

۱- نفوذ مولکول های آب در فاصله های بسیار ریز(microgaps) بین زنجیر های پلیمر[۱۲].

۲- انتقال آب توسط فرایند مویینگی الف- به داخل فاصله ها و شکاف های بوجود آمده در منطقه اتصال پلیمر با الیاف(interface) در نتیجه اتصال نامناسب بین الیاف و بسپار ب- خلل و فرج موجود در ذرات چوب ج- شکاف‌ها و خلل و فرج موجود در ماده مرکب که در زمان اختلاط و ساخت محصول بوجود می‌آید[۱۲].

۳- جذب آب توسط دیواره سلولی الیاف به دلیل داشتن خاصیت هیگروسکوپیک[۱۲].

خاصیت آبدوستی الیاف عامل اصلی جذب آب در مواد مرکب چوب- پلاستیک است. بنابراین با افزایش آن مقدار جذب آب افزایش می یابد و بسپار تاثیر ناچیزی بر مقدار جذب آب مواد مرکب دارد. بنابراین مطالعه جزییات جذب رطوبت و آب این مواد برای پی بردن به تاثیرات آن بر خواص این مواد و نیز یافتن راهکارها و روشهایی برای به حداقل رساندن آن مهم می باشد.

مواد و روشها

مواد

پلی اتیلن ضایعاتی

خرده های پلی اتیلن سنگین(HDPE[1]) ضایعاتی از بطری های شیر مستعمل تهیه شد. شاخص جریان مذاب [2] (MFI) پلی اتیلن سنگین(HDPE) ضایعاتی مورد استفاده ۱۸g /۱۰min بوده است.

ضایعات MDF(تخته فیبر نیمه سنگین)

این ضایعات که از کارخانه خزر چوب تهیه شدند، شامل دو بخش بودند: ۱- خاک اره حاصل از برش تخته ها ۲- قطعات حاصل از کناره بری تخته ها که این قطعات ابتدا توسط یک آسیای تیغه به خرده های کوچک تبدیل شدند بعد این خرده ها توسط یک آسیای چکشی آزمایشگاهی با مش ۲۰ به پودر تبدیل شدند. دو بخش مذکور با نسبت های مساوی با هم مخلوط شدند. تجزیه و تحلیل ذرات این مخلوط(آرد MDF) در جدول شماره ۱ آورده شده است.

1- High Density Polyethylene

2- Melt Flow Index

ضایعات تخته خرده چوب

این ضایعات از کارخانه نئوپان گنبد تهیه شدند و شامل دو بخش بودند: ۱- خاک اره حاصل از برش این تخته ها ۲- قطعات حاصل از کناره بری آنها قطعات حاصل از کناره بری؛ مانند قطعات MDF ابتدا توسط آسیای تیغه ای به خرده های کوچک تبدیل و بعد توسط آسیا چکشی به پودر تبدیل شدند. سپس پودر و خاک اره بدست آمده با نسبت های مساوی با هم مخلوط شدند. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل ذرات این مخلوط(آرد تخته خرده چوب) در جدول شماره ۱ قابل مشاهده است.

جدول شماره ۱- تجزیه و تحلیل ذرات ضایعات تخته خرده چوب و MDF

نوع ذرات	مش ۳۰ >	۳۰-۴۰	۴۰-۵۰	۵۰-۱۰۰	>۱۰۰
تخته خرده چوب(٪)	۱۵	۱۶	۲۰	۳۰	۲۱/۵
MDF (٪)	۱۲/۵	۱۱/۵	۱۶	۲۹/۵	۳۵/۵

روشها

آماده سازی مواد اولیه

آرد حاصل از تخته خرده چوب و MDF در یک آون در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد وبه مدت ۲٤ ساعت خشک شدند و برای جلوگیری از جذب رطوبت داخل کیسه های پلاستیکی ریخته شدند.

فرآیند اختلاط

آرد چوب خشک شده و پلی اتیلن ضایعاتی با نسبت درصد وزنی مورد نظر توسط یک دستگاه اکسترودر دو ماردونه مدلWPC-٤٨١٥ ساخت شرکت برنا پارس مهر ، در دمای ۱۷۵ درجه سانتیگراد و با سرعت ۱۰ دور بر دقیقه با هم مخلوط شدند.

مواد خروجی از اکسترودر توسط یک آسیای تیغه ای به پلت[1] تبدیل شدند. پلت ها قبل از مرحله پرس گرم در آون با دمای ۸۰ درجه سانتیگراد وبه مدت ۲٤ ساعت خشک شدند. هریک ازترکیبها بر اساس نوع آرد مصرفی و مقدار آن مطابق جدول شماره ۲ کدگذاری شدند.

جدول شماره۲- درصد وزنی اجزای تشکیل دهنده ترکیبهای مختلف مواد مرکب چوب پلاستیک

شماره	کد	نوع آرد	مقدار آرد(٪)	مقدارپلی اتیلن(٪)
۱	PB(80)	PB	۸۰	۲۰
۲	PB(70)	PB	۷۰	۳۰
۳	B(60)	PB	۶۰	۴۰
۴	MDF (80)	MDF	۸۰	۲۰
۵	MDF (70)	MDF	۷۰	۳۰
۶	MDF (60)	MDF	۶۰	۴۰
۷	PB+MDF(80)	MDF-PB	۸۰	۲۰
۸	PB+MDF(70)	MDF-PB	۷۰	۳۰
۹	PB+MDF(60)	MDF-PB	۶۰	۴۰

PB: آرد تخته خرده چوب MDF: آرد تخته فیبر با دانسیته متوسط

ساخت تخته ها

از اختلاط های انجام شده با استفاده از قالب و به وسیله دستگاه پرس گرم هیدرولیک صفحاتی(مواد مرکب چوب-پلاستیک) به ضخامت اسمی ۱ سانتیمتر وابعاد ۳۵×۳۵ سانتیمتر تهیه گردید. زمان و دمای پرس گرم به ترتیب ۲۵ دقیقه و ۱۹۵ $^{\circ}C$ بود. یاد آوری می شود برای خروج بخار حاصل از رطوبت احتمالی، گازهای فرار ناشی

1 - pellet

از تجزیه مواد چوبی و یا گاز فرمالدهید در ۲۰ دقیقه اول پرس از ۲عدد فضا دهنده آهنی روی دو طرف شابلون استفاده شد. پس از اتمام زمان پرس گرم، تخته ها به مدت ۵ دقیقه در داخل پرس سرد قرار داده شدند تا تحت فشار سرد شوند. سه تخته از هر ترکیب ساخته شد که در کل ۲۷ تخته چوب پلاستیک ساخته شد.

تهیه نمونه های آزمونی

صفحات ساخته شده پس از کلیماتیزه شدن در شرایط آزمایشگاهی به مدت دو هفته، به منظور تهیه نمونه های آزمونی با توجه به آزمایشهای پیش بینی شده برش داده شدند.

اندازه گیری خواص فیزیکی

تعیین خواص فیزیکی تخته های ساخته شده شامل رطوبت تعادل، واکشیدگی ضخامت و جذب آب برای مدت زمان طولانی (۱۹٦٤ ساعت)مطابق با استاندارد-DIN EN 317 انجام شد.ابعاد اسمی نمونهها ۵*۵*۱ cm و تعداد ٦ نمونه از هر ترکیب مورد آزمون قرار گرفت. برای توزین نمونه ها از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ gr و برای اندازه گیری ضخامت نمونه ها در دو نقطه متفاوت (یکی در وسط و دیگری نزدیک به لبه نمونه ها) از میکرو متر با دقت ۰/۰۰۱ mm استفاده شد.

پردازش آماری داده ها

جهت بررسی و مقایسه رطوبت تعادل تخته ها از آزمون تجزیه واریانس یک طرفه در قالب طرح کاملا تصادفی در سطح اطمینان ۹۵٪ استفاده شد. در مواردی که تفاوت تیمارهای مختلف مورد مقایسه معنی دار تشخیص داده شد با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن مقایسه چند گانه میانگین ها انجام شد.

نتایج و بحث

رطوبت تعادل

جدول شماره۳, تجزیه واریانس مقدار رطوبت تعادل تیمارهای ۱۱ گانه مورد مطالعه (۹ تیمار مربوط به مواد مرکب چوب پلاستیک و ۲ تیمار مربوط به تخته خرده چوب و MDF به عنوان تیمارهای شاهد) را نشان می دهد که به طور کلی در سطح اعتماد ۹۵٪، مقادیر رطوبت تعادل تیمار های مختلف با یکدیگر اختلاف معنی داری دارند.

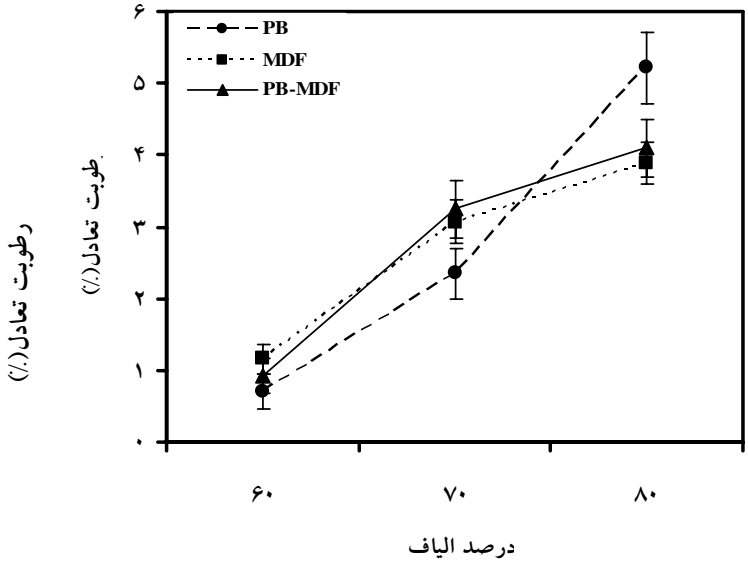
جدول شماره۳- تجزیه واریانس رطوبت تعادل

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	P
رطوبت تعادل	۳۰۷/۲۲۸	۱۰	۱٦/۱۷۰	٤۲/۹۲٥	۰/۰۰۰
خطا	۱٥/۰٦۸	۲۲	۰/۳۷۷		
کل	۳۲۲/۲۹٦	۳۲			

شکل شماره ۱ تاثیر نوع و درصد ذرات چوب را بر روی رطوبت تعادل نمونه های آرد چوب –پلاستیک در مقایسه با یکدیگر و با تخته خرده چوب و MDF نشان می دهد.همان طور که مشاهده می شود با افزایش درصد الیاف از ٦۰ به ۸۰ درصد، رطوبت تعادل چند سازه های ساخته شده افزایش می یابد. مواد مرکب ساخته شده از ٦۰ و ۷۰ درصد ذرات تخته خرده چوب کمترین مقدار و در سطح ۸۰ درصد بیشترین مقدار رطوبت تعادل را دارند. ولی اختلاف آن در سطوح ٦۰ و ۷۰ درصد با بقیه ترکیبها معنی دار نمی باشد.

رطوبت تعادل تخته های MDF (۸/٤٪) و تخته خرده چوب(۸/٦٪) به طورمعنی داری از تخته های چوب پلاستیک بیشتر می باشد و در شکل این موضوع کاملا مشخص می باشد. **Falk** و همکاران(۱۹۹۹) نیز نتیجه مشابهی را گزارش کردند.

دلایل افزایش مقدار رطوبت تعادل مواد مرکب چوب پلاستیک با افزایش درصد ذرات لیگنو سلولزی را می توان این گونه بیان کرد که با افزایش مقدار الیاف از یک طرف بر مقدار یک ماده آبدوست یعنی الیاف افزوده می شود و از طرف دیگر از مقدار پلاستیک که یک ماده آب گریز(هیدروفوب) است کاسته می شود. و دیگر اینکه پلی اتیلن در اثر حرارت ذوب شده و علاوه بر متصل کردن ذرات چوب به هم، یک پوشش ضد آب را در سطح آنها ایجاد می کند، در نتیجه با کاهش مقدار آن از پوشیدگی سطح الیاف با پلاستیک کاسته می شود.



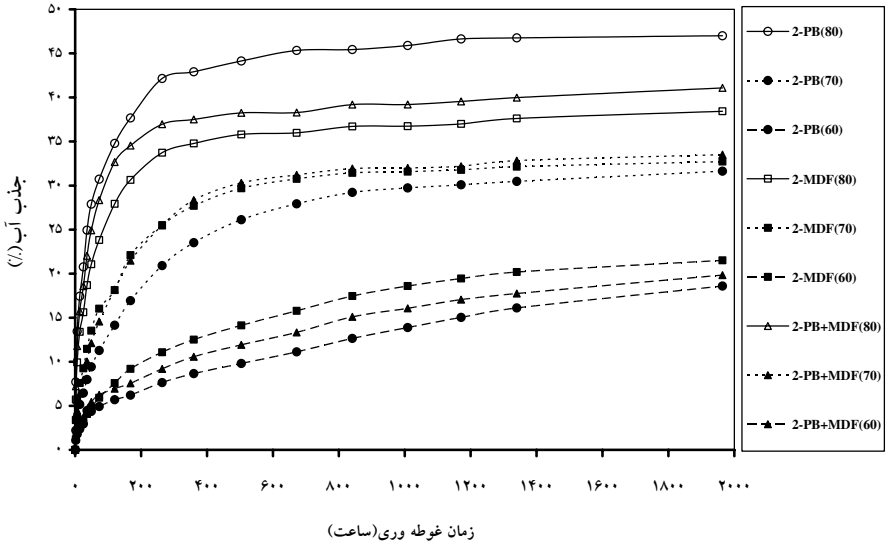
شکل شماره۱- مقدار رطوبت تعادل در مواد مرکب چوب پلاستیک، تخته خرده چوب و MDF

جذب آب

روند جذب آب چند سازه های ساخته شده در طولانی مدت و مقایسه آن با MDF و تخته خرده چوب در شکل شماره ۲ نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می شود, با افزایش درصد الیاف از ٦۰ به ۸۰ درصد مقدار جذب آب افزایش می یابد و اختلاف بین جذب آب الیاف مختلف در سطوح بالاتر الیاف نیز بیشتر می شود. درسطح ۸۰ درصد الیاف بیشترین و کمترین مقدار جذب آب به ترتیب به ذرات تخته خرده چوب(٤۷٪) و MDF (۳۸٪) مربوط می باشد، ولی در سطوح ۷۰ و ٦۰ درصد جذب آب الیاف تخته خرده چوب به ترتیب ۳۰/۵٪ و ۱٦٪ می باشد که از جذب آب ذرات دیگر کمتر است.

همچنین همان طور که ملاحظه می شود، با افزایش درصد ذرات چوب، مواد مرکب در مدت زمان کمتری یا به تعریفی دیگر با سرعت بیشتری به نقطه اشباع می رسند. **Espert** و همکاران (۲۰۰٤) نیز نتایج مشابهی را گزارش کرده اند. مواد مرکب ساخته شده از ۸۰ درصد الیاف در زمان ۲٦٤ ساعت پس از غوطه وری تقریبا به اشباع رسیدند؛ ولی در سطح ۷۰ درصد، مواد مرکب در زمان ۵۰٤ ساعت پس از غوطه وری به اشباع رسیدند و درسطح ٦۰ درصد همان طور که در شکل مشخص است پس از ۱۳٤۰ ساعت غوطه وری تقریبا به مرحله اشباع رسیده اند.

در زمانهای اولیه غوطه وری اختلاف در مقدار آب جذب شده بین سطوح مختلف ٦۰، ۷۰ و ۸۰ درصد الیاف کمتر است و با گذشت زمان این تفاوت بیشتر می شود و بعد از رسیدن به مقدار حداکثر کم می‌شود تا در یک نقطه مشخص این اختلاف با مقدار تقریبا ثابتی ادامه پیدا می کند. این موضوع به دلیل تفاوت در سرعت جذب آب بین سطوح مختلف و به تبع آن اختلاف در زمان رسیدن به نقطه اشباع مواد مرکب می باشد. این پدیده بین الیاف مختلف در هر یک از سطوح نیز مشاهده می شود.



شکل شماره ۲- روند جذب آب چند سازه های چوب پلاستیک

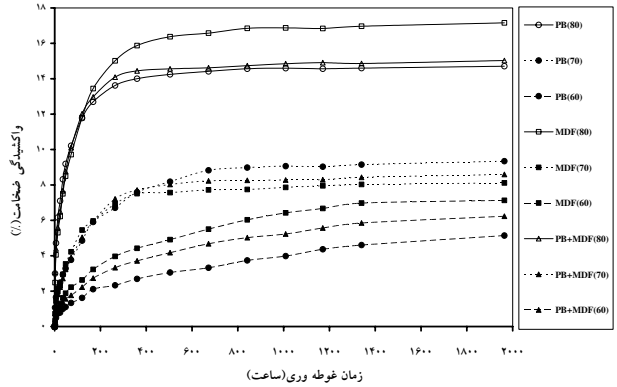
واکشیدگی ضخامت [۱]

روند واکشیدگی ضخامت مواد مرکب چوب پلاستیک و نمونه های شاهد(MDF و تخته خرده چوب) بعد از ۱۹٦٤ ساعت غوطه وری در شکل شماره ۳ نشان داده شده است. نتایج نشان می دهند که با افزایش درصد الیاف بر مقدار واکشیدگی ضخامت افزوده می‌شود. درسطح ۸۰ درصد الیاف تا زمان ۱۲۰ ساعت پس از غوطه وری اختلاف بین الیاف مختلف بسیار کم می باشد؛ ولی از این زمان به بعد تفاوت بین الیاف مختلف تا رسیدن به نقطه اشباع (۳٦۰ ساعت پس از غوطه وری) مواد مرکب زیاد می شود و پس از آن این اختلاف با روند ثابتی ادامه پیدا می کند و در نقطه اشباع بیشترین و کمترین مقدار واکشیدگی ضخامت به ترتیب به الیاف MDF و تخته خرده چوب مر بوط می باشد.در سطح ۷۰ درصد الیاف تا زمان ۲٦۰ ساعت پس از غوطه وری تفاوت

[۱] - میانگین واکشیدگی ضخامت در لبه و مرکز نمونه ها می باشد.

بین الیاف مختلف ناچیز می باشد؛ ولی بعد از آن تا نقطه واکشیدگی حداکثر، زیاد می شود و در این نقطه کمترین و بیشترین مقدار واکشیدگی به ترتیب به الیاف تخته خرده چوب(۱۵٪) و MDF (۱۹٪) مربوط می باشد. در سطح ٦۰ درصد الیاف اختلاف بین الیاف مختلف از ابتدا تا زمان ۱۳٤۰ ساعت زیاد می شود در تمام سطوح ٦۰، ۷۰ و ۸۰ درصد الیاف، زمانهایی که در آنها مقدار واکشیدگی به حداکثر می رسد تقریبا منطبق بر زمانهایی است که نمونه ها به اشباع از آب می رسند.

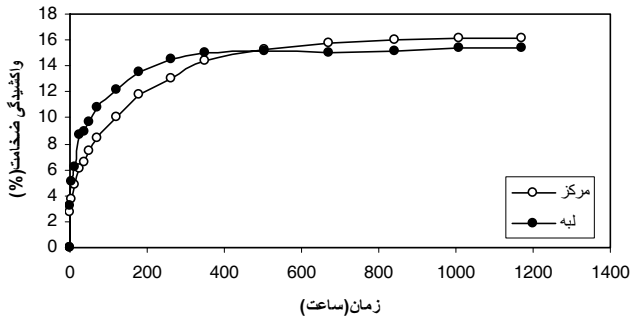
تمام پدیده هایی که در بحث جذب آب مطرح شد در اینجا نیز وجود دارند، زیرا واکشیدگی ضخامت به مقدار زیادی تحت تاثیر جذب آب می باشد. در اینجا نیز اختلاف در واکشیدگی ضخامت در زمانهای اولیه بین سطوح مختلف کم است و با گذشت زمان این فاصله بیشتر می شود و بعد از رسیدن به مقدار حداکثر از آن کاسته شده و پس از رسیدن به یک مقدار مشخص، اختلاف با همین مقدار تا انتها ادامه می‌یابد. علت این امر تاثیر مقدار الیاف بر مقدار و مدت زمان رسیدن به واکشیدگی حداکثر می باشد.



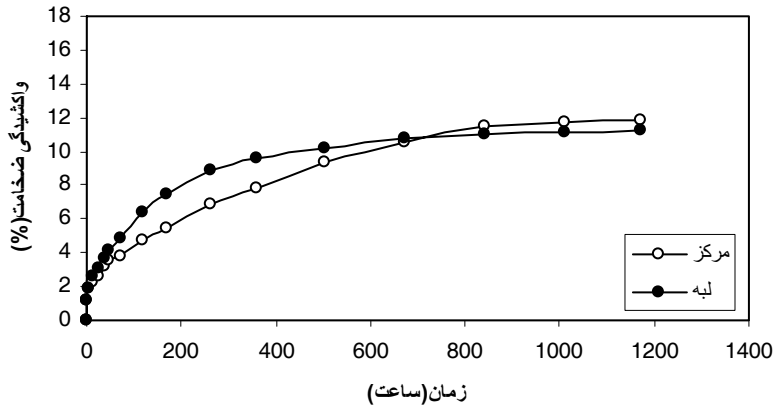
شکل شماره ٤- روند واکشیدگی ضخامت چند سازه های چوب پلاستیک

شکلهای شماره ۵, ٦ و ۷ اختلاف واکشیدگی ضخامت در لبه و مرکز مواد مرکب ساخته شده با الیاف مخلوط(به عنوان نمونه) را به ترتیب در سطوح ۸۰، ۷۰، و ٦۰ درصد الیاف نشان می دهند. همان طور که ملاحظه می شود در همه سطوح روند یکسانی مشاهده می شود. در ابتدا شیب منحنی های مربوط به لبه از مرکز بیشتر است. این امر نشان دهنده جذب آب بیشتر لبه از مرکز در زمانهای اولیه غوطه وری است. با بیشتر شدن زمان غوطه وری اختلاف بین واکشیدگی ضخامت لبه و مرکز ابتدا بیشتر شده و بعد کاهش می یابد تا زمانی که این دو مساوی شده و بعد از آن واکشیدگی ضخامت مرکز بیشتر از لبه می شود.

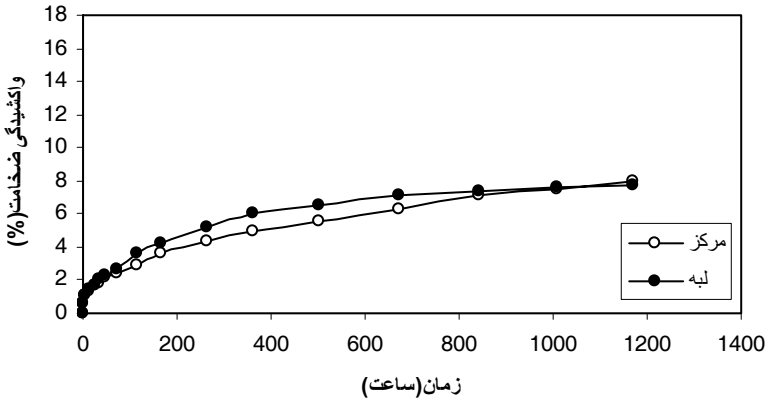
به دلیل پروفیل دانسیته در مواد مرکب، تراکم و دانسیته لایه ها از سطح به مغز کاهش می یابد. بنابراین جذب آب و واکشیدگی لایه های سطحی با سرعت کمتری صورت می گیرد.باتوجه به این که سرعت نفوذ آب برای ضخامت(موازی با سطح) تخته ها بیشتر از عمود بر سطح می‌باشد (چون برای ضخامت، از لایه ای مجوف تر و با تراکم کمتر نفوذ می‌کند). بنابراین بالاتر بودن واکشیدگی ضخامت لبه‌ها نسبت به مرکز به نحو منطقی به دلیل جذب آب سریعتر و بیشتر از لبه تخته ها ست.



شکل شماره ۵- اختلاف واکشیدگی لبه با مرکز نمونه های ساخته شده با ۸۰ درصد



شکل شماره ٦- اختلاف واکشیدگی لبه با مرکز نمونه های ساخته شده با ۷۰ درصد الیاف



شکل شماره ۷- اختلاف واکشیدگی لبه با مرکز نمونه های ساخته شده با ٦۰ درصد الیاف

نتیجه گیری

۱- اندازه گیری رطوبت تعادل در تیمارهای ۹ گانه در دمای محیط در دمای ۲۰ درجه و رطوبت نسبی ۵۰٪ نشان داد که در مواد مرکب چوب پلاستیک با افزایش درصد الیاف مقدار رطوبت تعادل افزایش می‌یابد.

۲- اندازه گیری درصد جذب آب در طی ۱۹٦٤ ساعت غوطه وری در تیمارهای مختلف نشان داد که: الف- با افزایش درصد الیاف مقدار جذب آب حداکثر افزاش می یابد. ب- با افزایش درصد الیاف به دلیل بیشتر شدن شدت و مقدار جذب آب، زمان رسیدن به نقطه اشباع کمتر می شود.ج- اختلاف در مقدار جذب آب بین سطوح ٦۰ تا ۸۰ درصد الیاف با افزایش زمان غوطه وری ابتدا افزایش و بعد کاهش می یابد. چ- در سطوح بالاتر الیاف و در زمانهای غوطه وری طولانی تر اختلاف مقدار جذب آب بین الیاف مختلف در اکثر موارد بیشتر است.

۳- اندازه گیری درصد واکشیدگی ضخامت در تیمارهای مختلف نشان داد که: الف- با افزایش درصد الیاف مقدار واکشیدگی ضخامت حداکثر افزایش می یابد. ب- با افزایش درصد الیاف به دلیل بیشتر شدن شدت و مقدار جذب آب زمان رسیدن به نقطه واکشیدگی حداکثر کمتر می شود. ج- اختلاف در مقدار واکشیدگی ضخامت بین سطوح ٦۰، ۷۰و ۸۰ درصد الیاف با افزایش زمان غوطه وری ابتدا افزایش و بعد کاهش می یابد. چ- درسطوح بالاتر الیاف و در زمانهای غوطه وری طولانی تر اختلاف مقدار جذب آب بین الیاف مختلف در اکثر موارد بیشتر است. **د**- سرعت جذب آب در لبه نمونه ها بیشتر از مرکز آنها بود و به همین خاطر زود تر از قسمت مرکزی به اشباع و درنتیجه به واکشیدگی ضخامت حداکثر می رسد, ولی قسمت مرکزی در نقطه اشباع، واکشیدگی ضخامت بیشتری از قسمت لبه دارد. علاوه براین با افزایش درصد الیاف منحنی های واکشیدگی ضخامت لبه و مرکز در زمان کوتاه تری به هم می رسند.

منابع مورد استفاده

1- European Standard. 1993.Determination of swelling in thickness after immersion in water. Din En 317.

2-Espert, A., Vilaplana, F. and Karlsson S., 2004. Comparison of water absorption in natural cellulosic fibers from wood and one-year crops in polypropylene composites and its influence on their mechanical properties. Composites: Part A 35 (2004): 1267–1276.

3-Falk, R. H., Vos, D. G., Cramer, S. M., 1999, The comparative performance of woodfiber-plastic and wood-based panels, Fifth International Conference on Woodfiber-Plastic Composites.

4- Falk, R. H., Vos, D. G., Cramer, S. M., and English, B. W., 2001, Performance of fastners in wood flour-thermoplastic composite panel, Forest Product Journal, 51(1):55-61

5-Gardner,D. J.,Wood plastic composite extrusion overview, on line at: http://cromptoncorp.com

6- Kazemi, S., Tajvidi, M., Chaharmahali, M., 2006. A study on the long term water uptake behavior of natural fiber/high density polyethylen composites. Journal of Applied polymer science. Article in press.

7- PP Polypropylene Homopolymer, On line at: http://Plasticsusa/pp1.html

8- Strak, N. M., Matuana, L. M., Clemons,C. M., 2004, Effect of processing method on surface and weathering characteristics of wood-flour/HDPE composite, Journal of Apllied Polymer Science, vol. 93, 1021-1030.

9-Shi, S. Q., Gardner, D. J., (2005). Hgroscopic thickness swelling rate of compression mold wood fiberboard and wood fiber/polymer composite. Composites. Article in press.

10-Tajvidi, M. and Ebrahimi, Gh., 2003. Water Uptake and Mechanical Characteristics of Natural Filler–Polypropylene Composites. Journal of Apelied Polymer Science, 88: 941–946

11- Tajvidi, M., - Kazemi, S., Motie, N., 2006. A study on the long term water uptake behavior of natural fiber/ polypropylen composites. Journal of Applied polymer science.

12- Yang, H. S., Kim, H. J., Park, H. J., Lee, B. J., Hwang, T. S., 2005. Water absorption behavior and mechaninal peroperties of lignocellulosic filler-polyolfin bio-composites. Composite structures. Article in press. Composite Structures. Article in press.