بررسی امکان استفاده از پسماند الیاف کاغذسازی در ساخت تخته خرده چوب

اصغر طارمیان[1]، کاظم دوست حسینی[2]، سیداحمد میرشکرایی[3] و مهدی فائزی‌پور[2]

چکیده

این بررسی به‌منظور استفاده بهینه از حجم زیاد پسماند الیاف کارخانه چوب و کاغذ مازندران در ساخت تخته خرده چوب انجام گرفت. دو نوع تخته همسان و سه لایه که در نوع لایه‌ای الیاف پسماند در لایه‌های سطحی بکار رفته است, ساخته شد. مقدار چسب اوره فرمآلدیید، ۱۰و۱۲ درصد و نسبت پسماند الیاف به خرده چوب در چهار سطح، صفر: ۱۰۰، ۱۵: ۸۵، ۳۰: ۷۰ و ٤٥: ٥٥ درصد به‌عنوان عوامل متغیر و دمای پرس ١٦٠ درجه سانتیگراد، زمان پرس ٦ دقیقه، رطوبت کیک ۱۲ درصد، دانسیته تخته‌ها ۰/۷۵ گرم بر سانتیمتر مکعب به‌عنوان عوامل ثابت در نظر گرفته شد. خواص فیزیکی و مکانیکی نمونه‌های آزمونی از این تخته‌ها شامل: مقاومت خمشی، مقاومت برشی، جذب آب و واکشیدگی ضخامت پس از ۲ و ٢٤ ساعت غوطه‌وری در آب اندازه‌گیری شد. نتایج این بررسی نشان می‌دهد که با افزایش پسماند الیاف خواص مکانیکی تخته‌های مورد مطالعه کاهش یافته, ولی واکشیدگی ضخامت آنها بهبود می‌یابد. مقدار جذب آب با مصرف ۱۵ درصد الیاف پسماند کاهش یافته و با زیاد شدن الیاف پسماند، افزایش می‌یابد. تخته‌های همسان مقاومت خمشی بالاتری نسبت به تخته‌های سه لایه داشتند, ولی از لحاظ مقاومت برشی تفاوت معنی‌داری بین دو نوع تخته مشاهده نشد. تخته‌های سه لایه نسبت به تخته‌های همسان واکشیدگی ضخامت کمتری داشتند.

واژه‌های کلیدی: تخته خرده چوب، اوره فرمآلدیید، الیاف پسماند کاغذ، مقاومت خمشی، مقاومت برشی، جذب آب، واکشیدگی ضخامت

۱- دانشجوی دورهٔ دکتری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران. E-mail: taremian@yahoo.com

۲- استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

۳- دانشیار گروه شیمی، دانشگاه پیام نور.

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

با توجه به محدود بودن سطح جنگلهای ایران، نه تنها استفاده از ضایعات کشاورزی در ساخت فرآورده‌های چوبی ضروری به نظر می‌رسد, بلکه استفاده بهینه از ضایعات صنعتی نیز حائز اهمیت است. یکی از این ضایعات صنعتی پسماند الیاف کاغذسازی است. بخش وسیعی از ضایعات جامد کارخانه‌های کاغذسازی، الیاف پسماند کاغذسازی است (Horace و همکاران، ۱۹۹۹). پسماند الیاف کاغذسازی از مراحل مختلف تولید کاغذ حاصل می‌شود. مهمترین منابع تولید این الیاف عبارتند از مایعات حاصل از بخارهای خروجی دایجستر، آب خروجی از غربالها و شوینده‌ها، واحد رنگبری خمیر و آب سفید ماشین کاغذسازی (Doris و همکاران، ۲۰۰۱ و میرشکرایی ۱۳۷٤). کارخانه‌های خمیرکاغذ آمریکا تقریباً ٤٥ کیلوگرم پسماند الیاف کاغذسازی به ازای هر تن خمیر تولید می‌کنند و متوسط سالانه تولید الیاف پسماند در این کارخانه‌های بیش از ۳/۵ میلیون تن می‌باشد که حدود ۵۰ درصد آن از فرایند کرافت حاصل می‌شود (Miner و Unwin ۱۹۹۱). به علت تولید قابل ملاحظه پسماند الیاف کاغذسازی در شرکت صنایع چوب و کاغذ مازندران، بزرگترین تولید کننده کاغذ در ایران، دفع این الیاف هزینه سنگینی را به این کارخانه تحمیل می‌کند. هزینه دفع این الیاف با رطوبت ۵۰ تا ۹۰ درصد در کارخانه‌های کاغذسازی آمریکا حدود یک میلیون دلار در سال می‌باشد (Springer، ۱۹۸٦). روشهای مختلفی برای دفع پسماند الیاف کاغذسازی وجود دارد که دفن کردن (.Zimmie و Quiroz ۱۹۹۸)، استفاده از آن به‌عنوان منبع سوخت و انرژی در بویلرها (Zander و همکاران ۱۹۹٦)، تهیه کمپوست و استفاده از آن در مزارع و خاکهای کشاورزی (Alton، ۱۹۹۱)، تهیه اتانول (Lee , ۲۰۰۱) و ساخت صفحات فشرده چوبی (Hunt، ۱۹۹۷ ,Lee و Iison ۱۹۹٤ ,Elvira۲۰۰۱, Pamplona و Mari ۱۹۹۸) از آن جمله هستند. دفع الیاف پسماند کاغذ در کارخانه چوب و کاغذ مازندران به‌صورت دفن در داخل زمین انجام می‌گیرد. دفن

Archive of SID

www.SID.ir

پسماند الیاف کاغذسازی در زمین، علاوه بر اقتصادی نبودن، مسائل زیست‌محیطی و آلودگی آبهای زیرزمینی را نیز موجب می‌گردد، از طرفی برای دفن این الیاف نیاز به سطح وسیعی از زمین می‌باشد (Horace و همکاران، ۱۹۹۹, میرشکرایی، ۱۳۷٤). طول پسماند الیاف کاغذسازی بسیار کوتاه بوده و برای ساخت کاغذ مناسب نیست (Horace و همکاران، ۱۹۹۹). از پسماند الیاف کاغذسازی برای تولید بخار یا الکتریسیته و تغذیه بویلرها نیز می‌توان استفاده نمود, ولی کاربرد آن به‌عنوان منبع انرژی معایبی را به دنبال دارد، مانند: مقدار رطوبت بالای الیاف پسماند، آلودگی هوا، درصد بالای خاکستر به جای مانده و هزینه‌های عملیاتی بالا، معمولاً هزینه‌های عملیاتی تولید انرژی از پسماند الیاف کاغذسازی بالاتر از ارزش حرارتی بازیافتی از آن می‌باشد (Jefferson و همکاران ۱۹۹۷، میرشکرایی ۱۳۷٤). با توجه به اینکه پسماند الیاف کاغذسازی حاوی مقادیر زیادی الیاف سلولزی می‌باشد (P.Izu و همکاران ۱۹۹۷)، بنابراین به منظور استفاده بهینه از این الیاف می‌توان از آن به‌عنوان جایگزین احتمالی برای چوب در ساخت فرآورده‌های مرکب چوبی مانند تخته خرده چوب استفاده نمود. استفاده از این پسماند در ساخت صفحات چوبی از کاربردهای جدید آن می‌باشد. تحقیقات نشان می‌دهد که خواص مکانیکی و مقاومت به آتش تخته خرده چوب با افزایش مقدار پسماند الیاف کاغذسازی کاهش می‌یابد (Iison و Lee ۱۹۹٦). این بررسی با هدف کاربرد پسماند الیاف کارخانه چوب و کاغذ مازندران در ساخت تخته خرده چوب به‌منظور استفاده بهینه از این ضایعات و کاهش هزینه‌های دفع آن انجام گرفت.

Archive of SID

www.SID.ir

مواد و روشها

برای ساخت نمونه‌های آزمونی، پسماند الیاف کارخانه چوب و کاغذ مازندران، حاصل از فرایندهای کاغذسازی CMP[1] و NSSC[2] و خرده‌چوبهای کارخانه تخته فشرده شمال که مخلوط گونه‌های جنگلی و مرکبات بود، استفاده شد. چسب اوره فرمآلدییید (ساخت شرکت چسب سینا) در دو سطح ۱۰ و ۱۲ درصد و نسبت الیاف پسماند به خرده‌چوب در چهار سطح (صفر و ۱۰۰)، (۱۵ و ۸۵) و (۳۰ و ۷۰) و (٤٥ و ٥٥) استفاده شد. دو نوع تخته همسان و سه لایه که الیاف پسماند در لایه‌های سطحی آن بکار رفت، ساخته شد. سایر عوامل به‌عنوان عوامل ثابت در نظر گرفته شدند. در مجموع از ترکیب عوامل متغیر و سطوح آنها ١٤ تیمار بدست آمد که از هر تیمار ۳ تخته و در مجموع ٤٢ تخته ساخته شد. از تخته‌های همسان ساخته شده از ۱۰۰ درصد خرده چوب به‌عنوان نمونه شاهد برای ارزیابی خواص تخته‌های سه لایه استفاده شد. عوامل ثابت در جدول شمارهٔ ۱ خلاصه شده است. در جدول شمارهٔ ۲ مشخصات رزین مصرفی ارائه شده است.

جدول شمارهٔ ۱- عوامل ثابت مورد استفاده

فشار پرس	۳۰ kg/cm^2
دمای پرس	۱٦۰°c
زمان پرس	٦دقیقه
ضخامت تخته	۱٥میلیمتر
دانسیته تخته	۰/۷٥ g/cm^3
هاردنر	۲درصد کلرورآمونیوم
رطوبت کیک	۱۲درصد

جدول شمارهٔ ۲- مشخصات رزین اوره فرمآلدییید (UF) مصرفی

مواد جامد (٪)	ویسکوزیته (CP)	زمان ژله‌ای شدن با هاردنر (S)	دانسیته (g/cm^3)	pH
٦۳	۳٥۰	٦۰	۱/۲٦	۸/۱

۱- خمیر شیمیایی- مکانیکی

۲- خمیر سولفیت خنثی نیمه شیمیایی

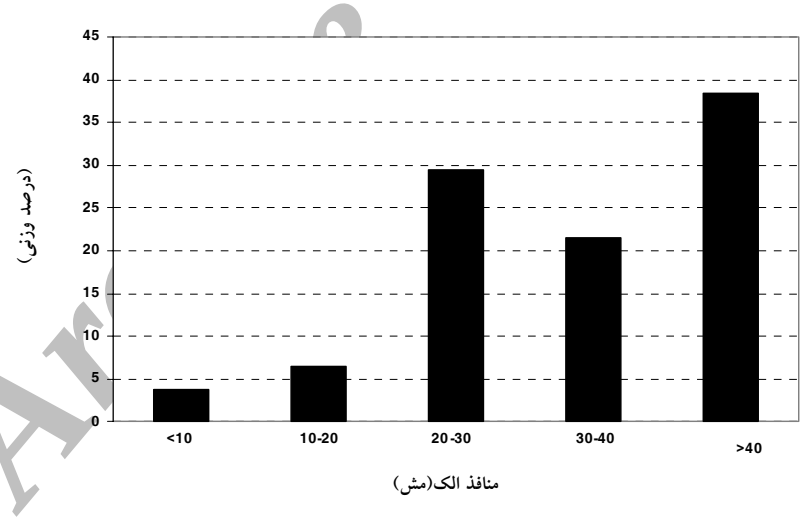
Archive of SID

www.SID.ir

پس از دو مرحله آسیا کردن الیاف پسماند، از الکی با مش ٤۰ به‌منظور جدا کردن الیاف پسماند بسیار ریز استفاده گردید. شکل شمارهٔ ۱ ترکیب ریزی و درشتی و جدول شمارهٔ ۳ ترکیب شیمیایی پسماند الیاف مصرفی را نشان می‌دهد.

جدول شمارهٔ ۳- ویژگیهای شیمیایی الیاف پسماند مصرفی (براساس وزن خشک الیاف پسماند)

ویژگی	لیگنین٪	مواد استخراجی٪	سلولز٪	خاکستر٪	pH
میانگین	۱۷/٤۱	٦/۳۷	۲۰/۸۳	۲۷/۷٦	۷/۸۷
انحراف معیار	۱/۹۸	۱/۲٦	٤/۰۷۲	۰/۲٥٦	۰/۰۱٦



شکل شمارهٔ ۱- ترکیب ریزی و درشتی الیاف پسماند مصرفی

Archive of SID

www.SID.ir

در اختلاط الیاف پسماند و خرده چوب در تخته‌های همسان سعی شد تا پسماند الیاف کاغذسازی به طور یکنواخت توزیع گردد. در تخته‌های سه لایه ساخته شده با ۱۵ درصد پسماند الیاف کاغذسازی، ضخامت لایه سطحی کم ودر حد نرمه در سطح کیک قابل مشاهده بود, ولی در تخته‌های سه لایه با مقدار الیاف پسماند بیشتر، ضخامت لایه‌های سطحی قابل ملاحظه بود. پس از ساخت تخته‌ها، نمونه‌های آزمونی طبق دستورالعمل ٦٨٧٦٣DIN بریده شده و مقاومت خمشی مطابق استاندارد ٥٢٣٦٢ DIN، مقاومت برشی مطابق استاندارد ١٠٣٧D ASTM و جذب آب و واکشیدگی ضخامت پس از ۲ و ۲٤ ساعت غوطه‌وری مطابق استاندارد ٥٢٣٦٤DIN اندازه‌گیری شد. برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. جدول تجزیه واریانس تأثیر هریک از عوامل متغیر بر روی صفات مذکور تشکیل شد. مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون دودامنه دانکن در سطح ۱ و ٥ درصد صورت گرفت و تأثیر مستقل و متقابل هر یک از عوامل متغیر مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

نتایج

میانگین خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌های ساخته شده در جدول شمارهٔ ٤ ارائه شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول شمارهٔ ٤- میانگین خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌های ساخته شده

مقدار الیاف پسماند (٪)	مقدار چسب (٪)	نوع تخته	رطوبت (٪)	دانسیته (g/cm^3)	مقاومت خمشی (Mpa)	مقاومت برشی (Mpa)	واکشیدگی ضخامت ٢٤ساعتی ٪	جذب آب ٢٤ ساعتی ٪	واکشیدگی‌ضخامت ٢ساعتی ٪	جذب آب ٢ ساعتی ٪
١٥	١٠	لایه‌ای	–	–	–	–	–	–	–	–
		همسان	٤/٢٧	٠/٧	١٨/٠٧	٣/٢٦	٢٠/٣١	٦٩/٦٤	١٦/٧٧	٥٤/٦٥
	١٢	لایه‌ای	–	–	–	–	–	–	–	–
		همسان	٤/٧٩	٠/٧٤	١٨/٧٣	٣/٧	١٢/٣٤	٦٤/٠٧	١٠/٢٥	٥٢/٧٠
	١٠	لایه‌ای	٣/٨٠	٠/٧٤	١٢/٣٥	٣/٢	١٣/٧	٦٥/٣٣	١١/١٤	٥٠/١٣
		همسان	٤/٤١	٠/٧٦	١٣/٠٤	٣/١٢	١٥/٦١	٦٥/٣٢	١٠/١٢	٥٠/١٣
	١٢	لایه‌ای	٤/٢٠	٠/٧٢	١٥/٨٦	٤/٢٩	٢٠/١٤	٥٩/١٣	٧/٧٣	٤٦/٦٨
		همسان	٣/٨٧	٠/٧٨	١٥/٩٤	٢/٨٧	١٤/٣٢	٧٧/١٦	١٠/٧٦	٦٥/٥٣
٣٠	١٠	لایه‌ای	٤/٥٠	٠/٧٣	٩/٥٧	٢/٢٩	١١/٦٢	٧٨/٨٩	٨/٨٥	٧٣/٩٦
		همسان	٤/١٥	٠/٧٤	٨/٨٤	٢/٥	١٦/١١	٨٠/٧٢	١٠/٥	٦٧/٩٢
	١٢	لایه‌ای	٤/٠٧	٠/٧٦	٩/١	٢/٤٨	١٥/٨٦	٥٤/٧٥	٦/٧٧	٤٢/٨٧
		همسان	٣/٣٥	٠/٧٥	١٢/١٣	٢/٦٢	١٤/٠٤	٦٩/٤٨	٤/٤٥	٤٨/٩٩
٤٥	١٠	لایه‌ای	٤	٠/٧٢	٧/١٦	١/٧١	١٥/٠٣	٧٩/٦٣	٦/٧٤	٧١/٨٣
		همسان	٤/٤٦	٠/٦٩	٧/٣١	١/٤٨	١٦/٢١	٧٦/٦٥	٧/٥١	٧٠/٠٧
	١٢	لایه‌ای	٣/٩٤	٠/٧٨	٧/١	١/٦١	١٣/٨٢	٧٦/٧٦	٦/٣٣	٦١/٩٤
		همسان	٤/٤٢	٠/٧٥	٧/٢٨	٢/٣٣	١٦/٢١	٦٠/٨٩	٤/٠٥	٣٣/٤

Archive of SID

www.SID.ir

مقاومت خمشی: مقاومت خمشی یکی از خواص مهم تخته خرده چوب است که کیفیت لایه‌های سطحی را نشان می‌دهد (دوست حسینی، ۱۳۸۰). جدول تجزیه واریانس اثر مستقل و متقابل مقدار چسب، نوع تخته و مقدار الیاف پسماند بر مقاومت خمشی در جدول شمارهٔ ۵ نشان داده شده است. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که در بین تیمارها، عامل متغیر مقدار الیاف پسماند و مقدار چسب هر کدام به‌طور مستقل و اثر متقابل چسب و نوع تخته و اثر متقابل هر سه عامل متغیر اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد وجود دارد. نتایج آزمون دانکن حاکی از آن است که افزایش الیاف پسماند در تخته‌های همسان و سه لایه باعث کاهش مقاومت خمشی می‌شود. بعد از نمونه شاهد، بالاترین مقاومت خمشی مربوط به نمونه همسان ساخته شده با ۱۵ درصد الیاف پسماند و ۱۲ درصد چسب بود. شکل شمارهٔ ۲ اثر مستقل الیاف پسماند را بر مقاومت خمشی نشان می‌دهد. نتایج تحقیقات Mari و Pamplona (۱۹۹۸) برروی ساخت تخته‌های چوب سیمان از مخلوط کاغذ باطله، سیمان و پسماند الیاف کاغذسازی نیز با نتایج این تحقیق همسو بود. نتایج تحقیقات نامبردگان نشان داد که افزایش نسبت پسماند الیاف کاغذسازی در تخته‌های چوب سیمان، مقاومت خمشی این تخته‌ها را کاهش می‌دهد. lee و Iison (۱۹۹٤) نیز در تحقیق خود چهار سطح پسماند الیاف کاغذسازی را در مخلوط با خرده چوب جهت ساخت تخته خرده چوب بکار بردند (۱۰:۹۰، ۲۰:۸۰، ۳۰:۷۰، ٤۰:٦۰). نامبردگان برای ساخت پانلها ۳ نوع چسب (فنل فرمالدیید، اوره فرمالدیید و ایزوسیانات) را به‌عنوان متغیرهای تحقیق خود در نظر گرفتند. نتایج آزمایشهای ایشان نشان داد که افزایش مقدار پسماند الیاف کاغذسازی در ساخت تخته خرده چوب تا حداکثر ۲۰ درصد در مورد هر سه نوع چسب بکار رفته، مقاومت خمشی را چندان تحت تأثیر قرار نمی‌دهد, ولی با افزایش بیشتر در نسبت پسماند الیاف کاغذسازی در مخلوط با خرده چوب مقاومت خمشی به خصوص در تخته‌های ساخته شده با چسب اوره فرمآلدیید به شدت کاهش می‌یابد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول شمارهٔ ۵- تجزیه واریانس اثر مستقل و متقابل چسب، نوع تخته و مقدار الیاف پسماند بر مقاومت خمشی

منابع تغییرات	درجات آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F
تیمار	۱۳	۶۸۹/۹۸	۵۳/۰۷	۴۱/۷۲**
A	۳	۶۳۶/۵۳	۲۱۲/۱۷	۱۶۶/۸**
B	۱	۱/۰۸	۱/۰۸	۰/۸۶ n.s.
C	۱	۶۵/۲۹	۶۵/۲۹	۵۱/۳۳ n.s.
AB	۳	۶/۰۵	½	۱/۵۹ n.s.
AC	۲	۰	۰	۰
BC	۱	۲۶/۷۴	۲۶/۷۴	۲۱/۰۳**
ABC	۲	۱۴/۸۸	۷/۴۴	۵/۸۵**
خطا	۲۸	۳۵/۶۱	۱/۲۷	
کل	۴۱	۷۲۵/۶۰	–	

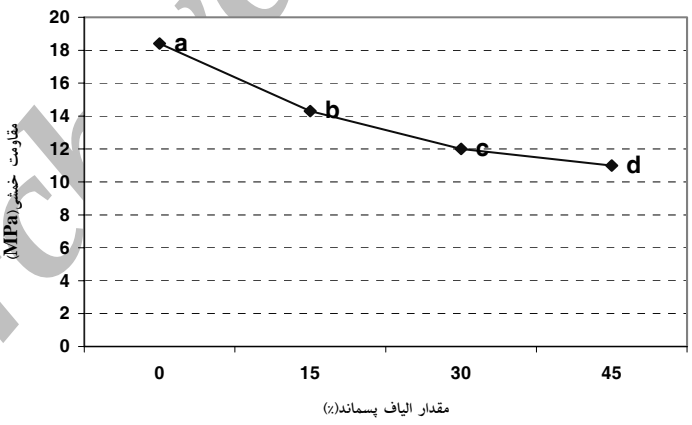
A : مقدار الیاف پسماند

B : نوع چسب

C : نوع تخته

**، * به‌ترتیب در سطوح ۱ و ۵ درصد معنی‌دار

n.s. : عدم معنی‌داری



شکل شمارهٔ ۲- اثر مستقل درصد الیاف پسماند بر مقاومت خمشی

Archive of SID

www.SID.ir

مقاومت برشی: مقاومت برشی نمونه‌های آزمونی معرف کیفیت اتصال خرده چوبها در لایه میانی است. جدول شمارهٔ ٦ تجزیه واریانس اثر مستقل و متقابل چسب، نوع تخته و مقدار الیاف پسماند را بر مقاومت برشی نشان می‌دهد. نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر مستقل عامل متغیر الیاف پسماند و مقدار چسب روی مقاومت برشی در سطح یک درصد معنی‌دار می‌باشد. اثر متقابل الیاف پسماند و مقدار چسب در سطح یک درصد و اثر متقابل الیاف و نوع تخته و اثر متقابل چسب و نوع تخته در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. نتایج آزمون دانکن حاکی از آن است که افزایش الیاف پسماند باعث کاهش مقاومت برشی می‌شود, ولی بین نمونه‌های ساخته شده با ۱۵ درصد الیاف پسماند و نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. بعد از نمونه شاهد، بالاترین مقاومت برشی مربوط به نمونه سه لایه ساخته شده با ۱۵ درصد الیاف پسماند و ۱۲ درصد چسب بود. شکل شمارهٔ ۳ اثر مستقل الیاف پسماند را بر مقاومت برشی نشان می‌دهد. نتایج تحقیقات lee و Iison (۱۹۹٤) بر روی تخته خرده چوب ساخته شده با پسماند الیاف کاغذسازی نیز نشان داد که استفاده از پسماند الیاف کاغذسازی حداکثر تا ۲۰ درصد در ساخت تخته‌ها، تأثیر چندانی بر چسبندگی تخته‌های ساخته شده ندارد ولی افزودن بیش از ۲۰ درصد پسماند الیاف کاغذسازی، چسبندگی تخته‌ها را به شدت کاهش می‌دهد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول شمارهٔ ٦- تجزیه واریانس اثر مستقل و متقابل چسب، نوع تخته و مقدار الیاف پسماند بر مقاومت برشی

منابع تغییرات	درجات آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F
تیمار	۱۳	۲/۳٦	۰/۱۸	۱۲/۰۵ **
A	۳	۱/۹۱	۰/٦۳	٤۲/۱٥ **
B	۱	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۲۳ n.s.
C	۱	۰/۰۲۷	۰/۰۲۷	۱/۷۹ n.s.
AB	۳	۰/۱۷٦	۰/۰٥۸	۳/۹ **
AC	۲	۰/۱۲۷	۰/۰٦۳	٤/۲۱ *
BC	۱	۰/۰۸۳	۰/۰۸۳	٥/٥۱ *
ABC	۲	۰/۰۳۸	۰/۰۱۹۲	۱/۲۷ n.s.
خطا	۲۸	۰/٤۲	۰/۰۱٥	–
کل	٤۱	۰/۷۹	–	–

A : مقدار الیاف پسماند

B : نوع چسب

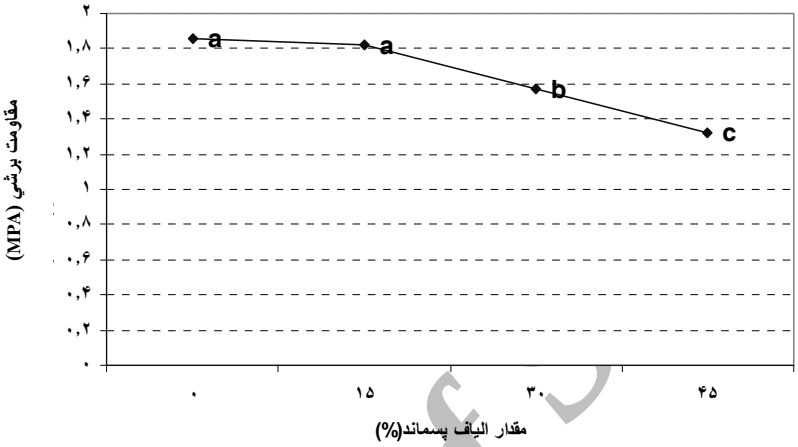
C : نوع تخته

**، * به ترتیب در سطوح ۱ و ٥ درصد معنی‌دار

n.s. : عدم معنی‌داری

Archive of SID

www.SID.ir



شکل شمارهٔ ۳- اثر مستقل درصد الیاف پسماند بر مقاومت برشی

جذب آب پس از ۲ و ٢٤ ساعت غوطه‌وری: جدولهای شمارهٔ ۷ و ۸ تجزیه واریانس اثر مستقل و متقابل چسب، نوع تخته و مقدار الیاف پسماند را به‌ترتیب بر جذب آب بعد از ۲ و ٢٤ ساعت نشان می‌دهد. نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که از لحاظ جذب آب بعد از ۲ ساعت بین تیمارها و عامل متغیر چسب در سطح یک درصد و عامل متغیر الیاف پسماند در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. اثر متقابل چسب و الیاف پسماند، نوع تخته و الیاف پسماند و هر سه عامل متغیر در سطح یک درصد معنی‌دار بود. از لحاظ جذب آب بعد از ٢٤ ساعت بین تیمارها و عامل متغیر چسب به ترتیب در سطح یک درصد و ۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت. اثر متقابل چسب و الیاف پسماند، الیاف پسماند و نوع تخته در سطح یک درصد معنی‌دار بود. نتایج نشان می‌دهد که افزایش الیاف پسماند تا ۱۵ درصد باعث کاهش مقدار جذب آب شده و مصرف بیشتر این ضایعات جذب آب تخته‌ها را افزایش می‌دهد، ولی جذب آب ٢٤ ساعتی تخته‌های ساخته شده با مقادیر مختلف الیاف پسماند

Archive of SID

www.SID.ir

اختلاف معنی‌داری ندارند. نمونه‌های ساخته شده با ۱۲ درصد چسب جذب آب کمتری داشتند. کمترین جذب آب مربوط به نمونه سه لایه ساخته شده با ۱۲ درصد چسب و ۱۵ درصد الیاف پسماند بود. شکل شمارهٔ ٤ اثر مستقل الیاف پسماند را بر جذب آب ۲ و ۲٤ ساعتی نشان می‌دهد. متأسفانه تحقیقات اندکی در مورد تأثیر پسماند الیاف کاغذسازی بر خواص جذب آب صفحات فشرده چوبی صورت گرفته است. یکی از این تحقیقات معدود، تحقیق Elvira(۲۰۰۱) می‌باشد که از چهار نسبت پسماند الیاف کاغذسازی در مخلوط با سیمان (٤۰:٦۰، ۵۰:۵۰، ٦۰:٤۰) در ساخت تخته‌های چوب سیمان با ضخامتهای ٦، ۱۲ و ۱۸ میلیمتر استفاده نمود. نتایج آزمایشهای وی نشان داد که تخته‌های ساخته شده با نسبت الیاف پسماند به سیمان ٤۰ به ٦۰ در مقایسه با سایر تخته‌ها جذب آب ۲٤ ساعتی کمتری داشتند و تأثیر پسماند الیاف کاغذسازی بر افزایش مقدار جذب آب ۲٤ ساعتی در ضخامتهای بالاتر یعنی در تخته‌های با ضخامت ۱۸ میلیمتر بسیار مشهود و معنی‌دار بود. وی تأثیر پسماند الیاف کاغذسازی را بر جذب آب ۲ ساعتی تخته‌های مذکور بررسی ننمود.

جدول شمارهٔ ۷- تجزیه واریانس اثر مستقل و متقابل چسب، نوع تخته و مقدار الیاف پسماند بر جذب آب بعد از ۲ ساعت

منابع تغییرات	درجات آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F
تیمار	۱۳	۵۸۱۰/۸۲	٤٤٦/۹۸	۱۳/٦۳ **
A	۳	۳۲٤/٦۹	۱۰۸/۲۳	۳/۳**
B	۱	۱۳٦۰/۱۳	۱۳٦۰/۱۳	٤۱/٤۸ **
C	۱	٦۳/۰۷	٦۳/۰۷	۱/۹۲ n.s.
AB	۳	۲٤۱٤/۷۱	۸۰٤/۹	۲٤/۵۵ **
AC	۲	۸۹۲/۳۸	٤٤٦/۱۹	۱۳/٦۱ **
BC	۱	۹/۹۹	۹/۹۹	۰/۳ n.s.
ABC	۲	۷٤۵/۸۲	۳۷۲/۹۱	۱۱/۳۷**
خطا	۲۸	۹۱۸/۰۵٤	۳۲/۷۸	–
کل	٤۱	٦۷/۸۸	–	–

A : مقدار الیاف پسماند B: نوع چسب C : نوع تخته **، * به ترتیب در سطوح ۱ و ۵ درصد معنی‌دار
n.s. : عدم معنی‌داری

Archive of SID

www.SID.ir

جدول شمارهٔ ۸- تجزیه واریانس اثر مستقل و متقابل چسب، نوع تخته و مقدار الیاف پسماند بر جذب آب بعد از ۲٤ ساعت

منابع تغییرات	درجات آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F
تیمار	۱۳	۲۸۲۲/۵۸	۲۱۷/۱۲	۳/۷٦ **
A	۳	۳٤۳/۷۹	۱۱٤/۵۹	۱/۹۸ n.s.
B	۱	۳٦۹/۸۲	۳٦۹/۸۲	٦/٤۱ *
C	۱	۲۰/٤٦	۲۰/٤٦	۰/۳۵ n.s.
AB	۳	۱۱۲۰/۱۲	۳۷۳/۳۷	٦/٤۷ **
AC	۲	٦۹۵/۲۳	۳٤۷/٦۱	٦/۰۲**
BC	۱	۷/۹۲	۷/۹۲	/۱٤ n.s.
ABC	۲	۲٦۵/۲۲	۱۳۲/٦۱	۲/۳ n.s.
خطا	۲۸	۱٦۱٦/٦۷	۵۷/۷۳	–
کل	٤۱	٤٤۳۹/۲۵	–	–

A: مقدار الیاف پسماند B : نوع چسب C : نوع تخته **، * به‌ترتیب در سطوح ۱ و ۵ درصد معنی‌دار
n.s. : عدم معنی‌داری

شکل شمارهٔ ٤- اثر مستقل درصد الیاف پسماند بر جذب آب ۲ و ۲٤ساعتی

Archive of SID

www.SID.ir

واکشیدگی ضخامت پس از ۲ و ۲٤ ساعت غوطه‌وری در آب: پایداری ابعاد تخته خرده چوب با آزمون واکشیدگی ضخامت تعیین می‌شود. تجزیه واریانس اثر مستقل و متقابل چسب، نوع تخته و مقدار الیاف پسماند برواکشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲٤ ساعت به ترتیب در جداول شمارهٔ ۹ و ۱۰ ارائه شده است. نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که در مورد واکشیدگی ضخامت بعد از ۲٤ ساعت تخته‌ها بین تیمارها و تمام عوامل متغیر به صورت مستقل و متقابل اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد وجود دارد. از لحاظ واکشیدگی ضخامت ۲ ساعتی بین تیمارها، عوامل متغیر چسب و الیاف پسماند به‌طور مستقل در سطح یک درصد و عامل متغیر نوع تخته در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت. در مورد واکشیدگی ضخامت ۲٤ ساعتی اثر متقابل چسب و الیاف پسماند و اثر متقابل نوع تخته و چسب در سطح یک درصد معنی‌دار بود. نتایج نشان می‌دهد که افزایش الیاف پسماند باعث کاهش واکشیدگی ضخامت شده و تخته‌های سه لایه واکشیدگی ضخامت کمتری دارند. کمترین واکشیدگی ضخامت ۲ ساعتی مربوط به نمونه همان ساخته شده با ٤۵ درصد الیاف پسماند و ۱۲ درصد چسب و کمترین واکشیدگی ضخامت ۲٤ ساعتی مربوط به نمونه سه لایه ساخته شده با ٤۵ درصد الیاف پسماند و ۱۲ درصد چسب بود. شکل شمارهٔ ٤ اثر مستقل الیاف پسماند را بر واکشیدگی ضخامت ۲ و ۲٤ ساعتی نشان می‌دهد. نتایج تحقیق Elvira (۲۰۰۱) در مورد چوب سیمانهای ساخته شده با پسماند الیاف کاغذسازی نشان داد که واکشیدگی ضخامت تخته‌ها پس از ۲٤ ساعت غوطه‌وری در آب، با افزایش مقدار الیاف پسماند در مخلوط با سیمان به خصوص در تخته‌های با ضخامت ۱۸ میلیمتر اندکی افزایش می‌یابد, ولی با این وجود تأثیر این الیاف بر واکشیدگی ضخامت ۲٤ ساعتی تخته‌ها معنی‌دار نبود.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول شمارهٔ ۹- تجزیه واریانس اثر مستقل و متقابل مقدار چسب، نوع تخته و مقدار الیاف پسماند بر واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ ساعت غوطه‌وری در آب

منابع تغییرات	درجات آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F
تیمار	۱۳	٤۱۳/۸۹	۳۱/۸۳	۹/۷۳ **
A	۳	۲٤٥/۹۷	۸۱/۹۹	۲٥/۰۷ **
B	۱	٤۲/٤٤	٤۲/٤٤	۱۲/۹۸ **
C	۱	۱٦/٤۲	۱٦/٤۲	٥/۰۲ *
AB	۳	۹٦/٥۲	۳۲/۱۷	۹/۸٤**
AC	۲	۰	۰	۰
BC	۱	٤۸/٦٥	٤۸/٦٥	۱٤/۸۸ **
ABC	۲	۰	۰	۰
خطا	۲۸	۸۸/۳۰٦	۳/۲۷	–
کل	٤۱	٥۰۲/۱۹	–	–

A : مقدار الیاف پسماند B : نوع چسب C : نوع تخته **، * به ترتیب در سطوح ۱و٥ درصد معنی‌دار

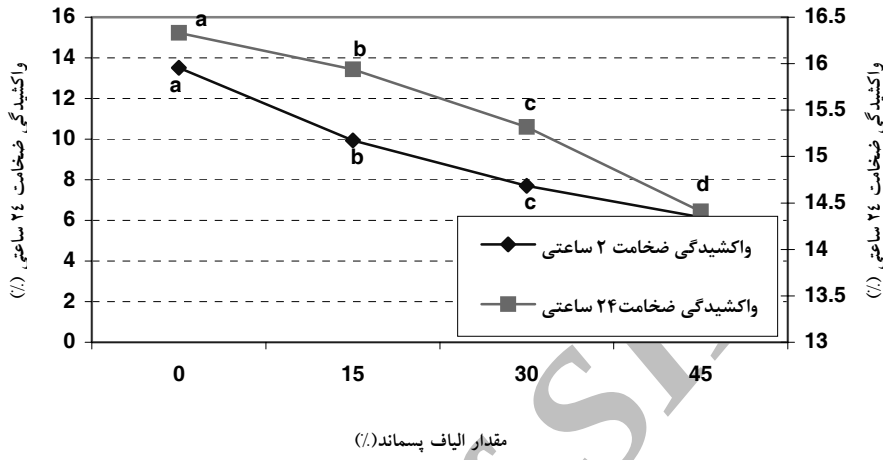
جدول شمارهٔ ۱۰- تجزیه واریانس اثر مستقل و متقابل مقدار چسب، نوع تخته و مقدار الیاف پسماند بر واکشیدگی ضخامت بعد از ۲٤ ساعت غوطه‌وری در آب

منابع تغییرات	درجات آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدارF
تیمار	۱۳	۲٤۲/٥۷	۱۸/٦٥	۹۲۸/۳٤**
A	۳	۲۰/٥۸	٦/۸٦	۳٤۱/٤۳ **
B	۱	٤٦/٤۹	٤٦/٤۹	۲۳۱۳/۱٤ **
C	۱	۳/۹۲	۳/۹۲	۱۹٥/۳ **
AB	۳	۹۸/۱٥	۳۲/۷۱	۱٦۲۷/۸۱**
AC	۲	۲۲/٥۰	۱۱/۲٥۱	٥٥۹/۸۰ **
BC	۱	۷/۳۷	۷/۳۷	۳٦٦/۸۳ **
ABC	۲	٤۳/٥۳	۲۱/۷٦	۱۰۸۲/۸۹ **
خطا	۲۸	۰/٥٦	۰/۰۲	–
کل	٤۱	۲٤۳/۱۳	–	–

A : مقدار الیاف پسماند B : نوع چسب C : نوع تخته **، * به ترتیب در سطوح ۱و٥ درصد معنی‌دار

Archive of SID

www.SID.ir



شکل شمارهٔ ۵- اثر مستقل درصد الیاف پساماند بر واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴

بحث

براساس نتایج بدست آمده، بهترین تیمار بعد از نمونه‌های شاهد، جهت رسیدن به بالاترین مقاومت خمشی و مقاومت برشی مربوط به نمونه‌های ساخته شده با ۱۵درصد الیاف پسماند می‌باشد. افزایش الیاف پسماند به کاهش خواص مکانیکی تخته‌ها می‌انجامد. ۳ ماده معدنی مهم در پسماند الیاف کاغذسازی عبارتند از: خاک چینی، کربنات کلسیم و Tio_2 (Horace و همکاران ۱۹۹۹). به نظر می‌رسد که طول کوتاه الیاف پسماند و وجود مواد معدنی مذکور در آن یکی از عوامل کاهش دهنده خواص مکانیکی نمونه‌های آزمونی باشد زیرا مواد معدنی موجود در الیاف پسماند فرایند چسبندگی را مختل می‌کنند. Iison و lee (۱۹۹٤) نیز علت کاهش شدید چسبندگی داخلی و مقاومت خمشی تخته‌های ساخته شده با بیش از ۲۰ درصد پسماند الیاف کاغذسازی را در مقایسه با نمونه‌های شاهد، به کوچک بودن ابعاد الیاف پسماند کاغذسازی و حضور مقادیر قابل توجه مواد معدنی در آن نسبت دادند. نتایج

Archive of SID

www.SID.ir

آزمایشهای ایشان نشان داد که تخته‌های ساخته شده با چسب ایزوسانات در مقایسه با تخته‌های ساخته شده با چسب اوره فرمآلدیید خواص مکانیکی مطلوبتری داشتند و تأثیر پسماند الیاف کاغذسازی در افت خواص مکانیکی تخته‌های ساخته شده با چسب ایزوسیانات در مقایسه با تخته‌های ساخته شده با دو چسب دیگر (اوره فرمآلدیید و فنل فرمآلدیید) کمتر بود. نامبردگان علت این مسأله را به اتصال بهتر چسب ایزوسیانات با مواد معدنی موجود در پسماند الیاف کاغذسازی نسبت دادند. با توجه به اینکه چسب اوره فرمآلدیید قادر نیست اتصال خوبی با مواد معدنی برقرار کند, بنابراین کاهش خواص مکانیکی تخته‌ها در اثر مصرف بیشتر پسماند الیاف کاغذسازی معقول به نظر می‌رسد. Elvira (۲۰۰۱) نیز علت کاهش مقاومت خمشی و مدول‌الاستیسیته چوب سیمانهای ساخته شده با مقادیر بیشتری از پسماند الیاف کاغذسازی را به کوتاه بودن طول این الیاف نسبت داد. عدم تجانس الیاف و خرده چوبها و عدم همپوشانی مناسب بین آنها می‌تواند از عوامل دیگر کاهش خواص مکانیکی تخته‌های ساخته شده با پسماند الیاف کاغذسازی باشد. افزایش مقدار الیاف پسماند پایداری ابعاد تخته‌ها را بهبود بخشید. به نظر می‌رسد که با توجه به ابعاد بسیار کوچک پسماند کاغذسازی، این الیاف همانند نرمه در ساختار تخته‌ها عمل نموده و منجر به بهبود پایداری ابعاد این تخته می‌شود (Maloney ۱۹۹۷). در اثر افزایش مقدار مصرف چسب اوره فرمآلدیید و در نتیجه پوشش بهتر و کاملتر سطوح چوب و الیاف پسماند با چسب مصرفی، خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها بهبود یافت (دوست حسینی، ۱۳۸۰). با توجه به اینکه مقاومت خمشی، کیفیت لایه‌های سطحی تخته خرده چوب را نشان می‌دهد بنابراین استفاده از الیاف پسماند در سطح تخته‌ها مقاومت خمشی را با شدت بیشتری کاهش می‌دهد (Maloney ۱۹۹۷). نتایج همچنین نشان می‌دهد که جذب آب تخته‌ها در اثر مصرف الیاف پسماند به مقدار ۱۵ درصد کاهش یافته, ولی مصرف بیشتر الیاف پسماند به افزایش مقدار جذب آب منجر می‌شود. استفاده از الیاف پسماند به مقدار ۱۵ درصد

Archive of SID

www.SID.ir

همانند نرمه خلل و فرج تخته را پر کرده بنابراین جذب آب تخته‌ها را کاهش می‌دهد درحالی‌که در اثر استفاده از مقادیر بیشتر الیاف پسماند به علت تأثیر منفی آن بر فرایند چسبندگی، جذب آب تخته‌ها افزایش می‌یابد (دوست حسینی ۱۳۸۰،Maloney،۱۹۹۷). واکشیدگی ضخامت تخته‌های سه لایه نسبت به تخته‌های همسان کمتر بود و تخته‌های سه لایه ساخته شده با ۱۵ درصد الیاف پسماند از خواص فیزیکی و مکانیکی مناسب و در حد استاندارد برخوردار بودند، مقاومت خمشی این تخته‌ها در محدوده استاندارد DIN ۵۲۳٦۲ و مقاومت برشی آن در محدود استاندارد ۱۰۳۷ASTM D و خواص جذب آب و واکشیدگی ضخامت آن در محدوده استاندارد DIN ٥۲۳٦٤ قرار داشت. به‌طور کلی نتایج حاکی از آن است که می‌توان پسماند الیاف کارخانه چوب و کاغذ مازندران را به مقدار ۱۵ درصد به‌عنوان نرمه در سطح تخته خرده چوب استفاده کرد. براساس نتایج حاصل از این تحقیق استفاده از پسماند الیاف کاغذسازی در ساخت تخته خرده چوب، به‌عنوان یکی از روشهای دفع این ضایعات در کارخانه چوب و کاغذ مازندران پیشنهاد می‌شود. با این وجود استفاده بهینه از این ضایعات در ساخت تخته خرده چوب و توجیه اقتصادی آن به ارزیابی و تحقیقات بیشتری نیاز دارد. با توجه به اینکه یکی از دلایل افت خواص مکانیکی نمونه‌های ساخته شده با پسماند الیاف کاغذسازی حضور مواد معدنی (به‌طور عمده پرکننده‌ها) در این الیاف می‌باشد، پیشنهاد می‌شود که در تحقیقات بعدی روشهای استخراج مواد معدنی از پسماند الیاف کاغذسازی مورد مطالعه قرار گیرد.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع مورد استفاده

۱ـ دوست حسینی، ک.، ۱۳۸۰. فناوری تولید و کاربرد صفحات فشرده چوبی. انتشارات دانشگاه تهران، ٦٤٨ صفحه.

۲ـ میرشکرایی، س. ا.، ۱۳۷٤. تکنولوژی خمیر و کاغذ. جلد ۱ و ۲ (ترجمه)، دانشگاه پیام‌نور، تهران.

3- Alton, G. Combtell 1991. Composting a combined RMP/CMP pulp and paper sludge. Tappi Journal, Vol. 74, No, 9.

4- Doris, O. Tenorio, Charlotte Jennifer M. Calonge and Hannu Pelkonen 2001. Generation and Characterization of Paper Mill Sludeg. Department of Science and Technology. Proceeding of 5th international workshop on the use of paper industry sludge(15-22).

5- Elvira Cabauatan-Fernandez 2001. Housing construction material from papermill sludge. Department of Forest Paper Science. Proceeding of 5th international workshop on the use of paper industry sludge(68-80).

6- Horace, K. Moo-Young and Charles E. Ochola, 1999. The Future of Paper Industry Waste Management. Department of Civil and Environmental Engineering, Lehigh University. Proceeding of 5th international workshop on the use of paper industry sludge (81-99).

7- Hunt, J.F, 1997. Mechanical properties of space board panels and pallets made from recycled liner board mill sludge. Tappi Journal, proceedings No.7286.

8- Jefferson Gregg, Amy K. Zander, and Thomas L. Theis, 1997. Fate of Trace Elements in Enery Recovery from Recycled Paper Sludge. TAPPI JOURNAL,Vol 80,No.9.

9- Lee, P.W, and J. Iison, 1994. Fire retardancy and mechanical properties of paper sludge -wood particle mixed board. College of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, suwan 441-744, Korea.

10- Lee, P.W, and J. Iison 1996. Tensile strength of composites from hanji (Korean Paper) sludge mixed with wood fiber or particle. Department of Forest Product, Seoul National University, Suwon 441-744, Korea.

11- Lee, R. Lynd 2001. Evolution of paper sludge for amenability to enzymatic hydrolysis and conversion to ethanol. Tappi Journal, Peer reviewed paper, February 2001.

12- Maloney, T.M. 1997. Modern Particleboard and Dry Process Fiberboard Manufacturing. Miller Freeman.San Francisco, California.

13- Miner, R.A. and J. Unwin. 1991. Progress in reducing water use and

Archive of SID

www.SID.ir

wastewater loads in the U.S. paper industry. NCASI Technical Bulletin No.603.p.20.

14- Izu, P. A. Zulueta and O. Salas, 1997. Laboratory Testing of Several Paper Sludges as Raw Materials for Landfill Covers. Proceeding of First international workshop on the use of paper industry sludge(23-29).

15- Pamplona, B, S, and Mari, E.L., 1998. Waste paper - sludge cement boards, Terminal Report, FRRDI.

16- Quiroz, J.D. and Zimmie, T.F., 1998. Paper Mill Sludge Landfill Cover Construction. Recycled Materials in Geotechnical Application, Geotechnical Special Publication No.79, C. Vipulandanan and D.J. Elton, eds., ASCE, Reston, VA, pp.19-36.

17- Springer, A.M., 1986. Industrial environmental,control pulp and paper Industry. John wiley and sons, Newyork.

18- Zander, A.K. Thesis, T.L. and Brenner, M., 1996. Energy from paper sludge criteria and hazardous air pollutants, Journal of environment engineering Vol. 122, No 8, PP.758-760.

Archive of SID

www.SID.ir