

بررسی اثر کندسوزکننده‌ها (مخلوط مونوآمونیم فسفات و بوراکس، مینالیت و پیرزوت) بر روی چوب افرا^۱ (*Acer insigne Boiss*)

داود پارسا پزوه^۲ سحاب حجازی^۳ علی نقی کریمی^۴ کاظم دوست حسینی^۵ ملیحه اختری^۶

چکیده

در این مطالعه امکان استفاده از سه نوع ماده شیمیایی کندسوزکننده برای چوب افرا بررسی و خواص مقاومت به آتش، خواص مکانیکی و فیزیکی نمونه‌های آزمون‌ی اشباع شده با این مواد مطالعه شد و در نهایت با خواص نمونه‌های خام مقایسه گردید. در این مطالعه سه ماده کندسوزکننده بنام مونوآمونیم فسفات + بوراکس، مینالیت و پیرزوت هر یک در سطح غلظت ۵، ۸ و ۱۲ درصد انتخاب شدند. انتقال و پخش شعله به وسیله یک نازل آتش به قطر ۲، ۳ و ۵ متر انجام شد. از ترکیب سطوح عوامل متغیر در مورد اندازه‌گیری خواص مربوط به مقاومت آتش ۲۷ تیمار و در مورد اندازه‌گیری خواص فیزیکی و مکانیکی ۹ تیمار حاصل شد که در هر تیمار ۵ تکرار در نظر گرفته شده است. تهیه نمونه‌های آزمون‌ی مربوط به اندازه‌گیری خواص مقاومت به آتش بر طبق استاندارد JISA-1322 صورت گرفت و سپس با استفاده از دستگاهی که مطابق استاندارد BS476 ساخته شده بود، بر روی نمونه‌ها آزمون آتش انجام گرفت. نمونه‌های آزمون‌ی مربوط به اندازه‌گیری خواص فیزیکی و مکانیکی نیز طبق استانداردهای مربوطه تهیه و آزمایش شدند. در بررسی خواص مقاومت به آتش: درصد کاهش وزن، زمان رسیدن به نقطه اشتعال، دوام شعله بعد از برداشتن نازل آتش، سرعت گدازش بعد از برداشتن نازل آتش و درصد سطح کربونیزه شده (ذغالی شده) مطالعه شدند. در بررسی خواص مکانیکی و فیزیکی، مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف، مقاومت خمشی و درصد هم کشیدگی حجمی (کلی) اندازه‌گیری شدند. از نظر درصد کاهش وزن، نتایج به دست آمده نشان می‌دهند که نمونه‌های اشباع شده با مینالیت و پیرزوت به ترتیب دارای کمترین و بیشترین درصد کاهش وزن هستند و تیمار با مخلوط مونوفسفات آمونیم و بوراکس دارای درصد کاهش وزن نزدیکی با تیمار مینالیت است ولی در مقایسه با نمونه خام اختلاف فاحشی وجود دارد. در مورد دیگر ویژگی‌های اندازه‌گیری شده از نظر خواص مقاومت به آتش در بین این مواد، مخلوط مونوفسفات آمونیم و بوراکس بهترین نتایج را ارائه نموده است. با افزایش غلظت، ویژگی‌های مورد اندازه‌گیری بهبود می‌یابد و به طور کلی می‌توان گفت بهترین ماده برای کندسوزکردن نمونه‌ها، مخلوط مونوآمونیم فسفات با بوراکس با غلظت ۱۲ درصد است. در بررسی خواص مکانیکی و فیزیکی نشان می‌دهد که مخلوط مونوآمونیم فسفات و بوراکس در مقایسه با دو ماده دیگر دارای مقاومت در برابر فشار موازی الیاف و مقاومت خمشی بالاتری هستند.

واژه‌های کلیدی: کندسوزکردن چوب، مواد کندسوزکننده، مونوآمونیم، فسفات، بوراکس، مینالیت، پیرزوت، چوب افرا.

^۱ - تاریخ دریافت: ۸۲/۱/۱۸، تاریخ تصویب نهایی: ۸۲/۴/۳۰

^۲ - استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

^۳ - دانشجوی دکتری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

^۴ - دانشیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

^۵ - استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

^۶ - دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

مقدمه

استفاده از چوب و محصولات چوبی در هر کشوری با مقدار جمعیت آن کشور، دارای ارتباط نزدیک و تنگاتنگی است و با افزایش جمعیت، مقدار مصرف چوب افزایش می‌یابد. استفاده از چوب و فرآورده‌های چوبی در ایران و سایر کشورهای جهان روز بروز از گستردگی و تنوع بیشتری برخوردار می‌شود و حفاظت این محصولات در حال گسترش می‌باشد. یعنی در واقع مقدار ایمنی و دوام این محصولات برای مصرف‌کنندگان درخور اهمیت زیادی می‌یابد. چوب، در بیشتر کشورهای دنیا به‌عنوان یک ماده منحصر به فرد ساختمانی مطرح است و یکی از ویژگی‌های مهم مصالح ساختمانی کندسوزبودن یا مقاوم بودن آنها در برابر آتش می‌باشد. زیرا یکی از شایع‌ترین حوادثی که در ساختمان‌های چوبی و محصولات چوبی رخ می‌دهد زوال چوب در اثر آتش می‌باشد. که سالانه خسارت‌های جانی و مالی زیادی به مصرف‌کنندگان این محصولات وارد می‌شود. در ایران، بنابر علل مختلف، جنگل‌های شمال کشور روزبه‌روز توانایی خود را در جهت رفع نمودن نیازهای چوبی کشور از دست می‌دهد و رشد بی‌رویه جمعیت بر شدت این کمبودها افزوده است. در این میان حفاظت چوب با دارا بودن توانایی افزایش دوام و عمر مفید چوب‌آلات در برابر عوامل مخرب، می‌تواند نقش برجسته خود را در کشورهایمانند ایران که دچار کمبود منابع چوبی است، ایفا کند. در این تحقیق کندسوزکردن و تغییر خواص چوب یکی از پرارزش‌ترین گونه‌ها یعنی افرا (*Acer insigne*) از جنگل‌های شمال ایران مورد بررسی قرار گرفته است.

کندسوزکردن چوب می‌تواند به‌طور سطحی و یا به‌طور عمیق با به‌کاربردن مواد شیمیایی مختلفی انجام پذیرد. از آنجایی‌که گازهای حاصل از پیرولیز در گسترش آتش موثر هستند با استفاده از پوشش‌های عایق می‌توان از خروج و تماس این گازها با اکسیژن هوا جلوگیری و در نهایت آتش‌گیری چوب را به تاخیر انداخت (*Kalson, 1977*). کلیه کلریدهای فلزی بر روی فرآیند سوختن تاثیر دارند این مواد پیرولیز را در حرارت $150-280^{\circ}\text{C}$ تسریع می‌کنند و واکنش‌های تسریع شده به‌وسیله این کاتالیزورها

دارای ویژگی دهیدراسیون می‌باشند که بر روی تشکیل فرآورده‌های فرار تاثیرگذارند و درنهایت سبب می‌شوند که یک ساختمان کربنی غنی شده بر روی چوب باقی بماند، این نمک‌ها شامل ZnCl_2 ، CaCl_2 ، AlCl_3 است (*Kosik, 1978*). بوراکس ویژگی‌های شعله‌وری خاک‌اره را در حالت مخلوط شده با آنها به صورت خشک (پودر) کاهش نمی‌دهد ولی هنگامی‌که به صورت محلول به‌کار رود از نظر ایجاد مقاومت به آتش بسیار موثر است (*Mccarthy, 1940*). محلول‌های فسفات آمونیم، کلرید آمونیم، بوراکس از جمله مواد شیمیایی هستند که برای کندسوزکردن مواد سلولزی مانند کتان و کنف می‌توان استفاده کرد (*Lussac, 1821*). مونوفسفات آمونیم در اثر حرارت، اسیدفسفریک تولید می‌کند و این ماده به‌تدریج باعث کاهش مقاومت و گسیختگی در چوب و تخته لایه می‌شود. در نتیجه طراحان باید در نظر داشته باشند که چوب‌های تیمار شده بامواد کندسوزکننده اسیدی نباید در معرض درجه حرارت‌های بالاتر از 50°C قرار گیرند (*Winandy, 1990*).

مواد و روش‌ها

درخت گونه موردنظر (افراپلت) از منطقه تاشه زه واقع در جنگل آموزشی و پژوهشی منابع طبیعی دانشگاه تهران (خیرودکنار) انتخاب شد که پس از انجام برش‌های اولیه به آزمایشگاه گروه صنایع چوب دانشکده منابع طبیعی کرج منتقل گردید در آنجا به قطعات کوچکتری تبدیل گردیده و در محیط آزمایشگاه به مدت ۴ ماه به صورت الوار دسته‌بندی شد تا رطوبت آنها حدودا به ۱۲ درصد رسید و نمونه‌های موردنیاز برای انجام آزمون مقاومت به آتش طبق استاندارد JISA-1322 به ابعاد $20 \times 15 \times 1\text{cm}$ تهیه شدند. از این نمونه‌ها با توجه به طرح آماری ۱۵۰ عدد و نمونه‌های موردنیاز برای انجام برخی از آزمون‌های مکانیکی و فیزیکی نیز مطابق طرح آماری و با احتساب نمونه‌های خام و طبق استانداردهای مربوطه به تعداد ۵۰ عدد تهیه شدند. محلول‌های حفاظتی آماده شده با غلظت‌های ۱۲، ۸ و ۵ درصد و برای تزریق آنها به چوب از روش بتل (خلأ، فشار، خلأ) استفاده گردید که مقدار متغیرهای این روش و اعمال آنها، به طور ثابت در مورد کلیه نمونه‌های آزمونی مورد

(طبق استاندارد ISO) تهیه شدند سپس در دستگاه اندازه‌گیری آملسر قرار داده و با توجه به نیروی وارد به نمونه‌ها تا حد گسیختگی مقدار P و مقاومت به فشار موازی الیاف به دست آمد.

در تعیین مقاومت به خمش استاتیکی از نمونه‌هایی به ابعاد $2 \times 2 \times 28 \text{ cm}$ و به کمک همان دستگاه آملسر و فرمول:

$$F = \frac{3}{2} \cdot \frac{PL}{bh^2}$$

مقدار خمش استاتیک اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری هم‌کشیدگی حجمی، نمونه‌های استاندارد به ابعاد $2 \times 2 \times 2 \text{ cm}$ تهیه گردید به طور کلی برای اندازه‌گیری این عامل تغییر حجم را از حالت کاملاً مرطوب (اشباع) تا حالت کاملاً خشک به دست آورده و طبق فرمول $\%B = \frac{V_s - V_0}{V_0} \times 100$ عمل کرده که در آن B نمایش درصد هم‌کشیدگی حجمی چوب، V_s حجم چوب اشباع از محلول، V_0 حجم چوب خشک است.

نتایج

این بررسی در قالب طرح فاکتوریل سه عامله و دو عامله انجام و گروه‌بندی میانگین‌ها با استفاده از روش آزمون دانکن (DMRT) و تجزیه واریانس، تجزیه و تحلیل آماری شد. مقادیر هر عامل و اثر متقابل عوامل متغیر به وسیله گروه‌بندی میانگین‌ها به روش دانکن در سطح ۱ و ۵ درصد برای صفات مورد مطالعه بررسی شده است.

اشباع در نظر گرفته شد. نمونه‌های آزمون غیر از شماره‌گذاری و تعیین وزن قبل از اشباع (P1) در داخل سیلندر اشباع مستقر و عملیات اشباع انجام گردید.

بعد از اتمام مراحل مذکور نمونه‌های آزمون بلافاصله وزن شدند (P2) سپس از فرمول $\%P = \frac{P_2 - P_1}{P_1} \times 100$

درصد جذب محلول اشباع نسبت به وزن اولیه نمونه‌های آزمون محاسبه شد. پس از انجام عملیات اشباع هر دسته از نمونه‌ها به مدت ۲ هفته در محیط آزمایشگاه (25°C) قرار داده شدند تا به رطوبت تعادل در محیط آزمایشگاه رسیده و نمک‌های کندسوزکننده نیز مراحل پخش، نفوذ و تثبیت خود را به خوبی طی پنج پارامتر مربوط به مقاومت نمونه‌های چوب پلت در برابر آتش توسط دستگاهی که مطابق استاندارد انگلستان (BS 476) ساخته شد که در عین برخورداری از سیستم ساده امکان اندازه‌گیری ویژگی‌های موردنظر را فراهم می‌نماید. برای محاسبه درصد کاهش وزن، نمونه‌های اشباع شده و خام چوب پلت در هر مرحله ابتدا قبل از آزمایش توزین شده (W_1) سپس مورد آزمون آتش قرار گرفته و بعد از پایان آزمون آتش و خنک‌شدن کامل، نمونه‌ها مجدداً وزن می‌شدند (W_2) و با استفاده از فرمول:

$$\%W = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100$$

درصد کاهش وزن محاسبه شد. برای زمان‌سنجی اشتعال، دوام شعله و دوام گدازش بعد از برداشت نازل آتش، از یک کرنومتر استفاده گردید. برای انجام آزمایش تعیین مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف نمونه‌هایی به ابعاد $2 \times 2 \times 6 \text{ cm}$

جدول ۱- تجزیه واریانس درصد کاهش وزن

k	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	P-value
2	Factor A	2	57.364	28.682	12.9750	0.0000**
4	Factor B	2	46.447	23.223	10.4248	0.0001**
6	AB	4	39.109	9.777	4.3889	0.0025**
8	Factor C	2	2090.034	1045.017	469.0967	0.0000**
10	AC	4	25.223	6.306	2.8306	0.0281*
12	BC	4	45.602	11.400	5.1176	0.0008**
14	ABC	8	43.675	5.459	2.4507	0.0177*
-15	Error	108	240.594	2.228		
	Total	134	2588.049			

Coefficient of Variation: 10.25%

آتش به قطر ۵ میلی‌متر است (شکل ۲). نمونه‌های خام در مقایسه با نمونه‌های اشیاع شده با مواد کندسوزکننده درصد کاهش وزن بسیار بیشتری داشتند و نمونه خام بدون ماده کندسوزکننده و سوراخ نازل آتش به قطر ۲ میلی‌متر در بین کلیه تیمارهای انجام شده دارای بیشترین درصد کاهش وزن است و ماده مینالیت از این نظر بهترین ماده است (شکل ۳).

بالاترین مقدار درصد کاهش وزن در اثر سوختن در تیمار با ماده پیروزوت و غلظت ۵ درصد یافت شده و کمترین مقدار کاهش درصد وزن در تیمار انجام شده مربوط به مینالیت با غلظت ۱۲ درصد حاصل گردید (شکل ۱). در مورد اثر متقابل نوع ماده کندسوزکننده و قطر سوراخ نازل آتش مشاهده شد که بیشترین مقدار درصد کاهش وزن مربوط به تیمار با ماده پیروزوت با سوراخ نازل

جدول ۲- تجزیه واریانس زمان رسیده به نقطه آتش

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
2	Factor A	2	342889.615	171444.807	38.8312	0.0000**
4	Factor B	2	267273.170	133636.585	30.2679	0.0000**
6	AB	4	59976.163	14994.041	3.3961	0.0117*
8	Factor C	2	89741.970	44870.985	10.1630	0.0001**
10	AC	4	69050.696	17262.674	3.9099	0.0053**
12	BC	4	48313.541	12078.385	2.7357	0.0325*
14	ABC	8	111957.393	13994.674	3.1597	0.0029**
15	Error	108	475834.000	4415.130		
Total		134	1465036.548			

Coefficient of Variation: 16.05%

با غلظت ۸ درصد زمان رسیدن به نقطه آتش را ۲۲۲ ثانیه به تاخیر می‌اندازند (شکل ۳). این زمان در نمونه خام بسیار کوتاه است مخصوصاً در مورد تیمار خام با سوراخ نازل آتش ۵ میلی‌متر بسیار چشمگیر است (شکل ۴).

مواد کندسوزکننده مونوآمونیم فسفات و بوراکس با غلظت ۸ درصد و ماده پیروزوت با غلظت ۵ درصد به ترتیب دارای بیشترین و کمترین زمان رسیدن به نقطه اشتعال هستند. به طوری که مخلوط مونوآمونیم فسفات و بوراکس

جدول ۳- تجزیه واریانس دوام شعله بعد از برداشتن نازل آتش

e	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
	Factor A	2	11094.044	5547.022	12.2387	0.0000**
	Factor B	2	5149.200	2574.600	5.6805	0.0045**
	AB	4	7301.689	1825.422	4.0275	0.0044**
	Factor C	2	10543.733	5271.867	11.7419	0.0000**
	AC	4	2431.422	607.855	1.3411	0.2594
	BC	4	5555.333	1398.833	3.0543	0.0195*
	ABC	8	5865.378	733.172	1.6176	0.1281
	Error	108	48949.600	453.237		
Total		134	95990.400			

Coefficient of Variation: 40.63%

و ۱۰). بالاترین مقاومت فشار موازی الیاف مربوط به نمونه‌های اشباع شده با مخلوط مونوفسفات آمونیم و بوراکس می‌باشد که در مقایسه با پیرزوت ۲۰/۶۱ درصد افزایش نشان می‌دهد (کمترین مقدار را دارد) و در مقایسه با نمونه خام دارای کمترین مقاومت می‌باشد و در جدول ۷/۸۳ درصد افت پیدا می‌کند (شکل ۱۱ و ۱۲).

بیشترین مقاومت خمشی مربوط به نمونه‌های اشباع شده با مخلوط مونوفسفات آمونیم و بوراکس می‌باشد و در مقایسه با پیرزوت ۲۶/۰۶ درصد افزایش یافته است (شکل ۱۲). نمونه‌های خام دارای مقاومت خمشی پایین‌تری نسبت به این مواد کندسوزکننده می‌باشد. مقایسه درصد هم‌کشیدگی حجمی در تیمارهای مختلف حاکی از آن است که بین آنها در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. مقادیر متوسط درصد هم‌کشیدگی حجمی را در تیمارهای مختلف نشان می‌دهد و همانطور که انتظار می‌رود نمونه‌های خام در مقایسه با نمونه‌های اشباع شده با مواد کندسوزکننده دارای هم‌کشیدگی کمتری هستند و بین تیمارهای مختلف، مخلوط مونوآمونیوم فسفات و بوراکس کمترین هم‌کشیدگی را موجب شده است (شکل ۱۳).

بیشترین مقدار دوام شعله بعد از برداشتن نازل آتش مربوط به ماده پیرزوت و غلظت ۵ درصد و کمترین آن مربوط به تیمار مخلوط مونوفسفات آمونیم و بوراکس با غلظت ۱۲ درصد مشاهده شده است. (شکل ۵) در نمونه‌های خام دوام شعله ۱۶۷/۴ ثانیه بیشتر از نمونه‌های اشباع شده است. در واقع با تغییر تیمار از مخلوط مونوآمونیوم فسفات و بوراکس با غلظت ۱۲ درصد و قطر نازل ۵ میلی‌متر به نمونه خام و قطر نازل ۵ میلی‌متر مقدار دوام شعله از ۲۷/۶ ثانیه به ۱۹۵ ثانیه می‌رسد که در این حالت با یک افزایش ۸۵/۶۴ درصدی مواجه خواهیم بود (شکل ۶). زمان گدازش تیمار مخلوط مونوآمونیوم فسفات و بوراکس با غلظت ۱۲ درصد و قطر نازل ۳ میلی‌متر دارای کمترین زمان گدازش است، که در مقایسه با تیمار پیرزوت با غلظت ۱۲ درصد و قطر نازل ۳ میلی‌متر (که دارای بیشترین مقدار است) زمان گدازش ۲۴۸/۸ ثانیه کاهش داشته است و در مقایسه با نمونه‌های خام با قطر نازل ۲ میلی‌متر با یک کاهش ۱۱۱۸ ثانیه روبه‌رو هستیم (شکل ۷ و ۸). با تغییر نوع ماده کندسوزکننده از ماده مخلوط مونوآمونیوم فسفات و بوراکس به پیرزوت سطح کربونیزه‌شدن ۷ درصد افزایش می‌یابد و با تغییر غلظت از ۸ به ۱۲ درصد در حدود ۶/۷ درصد افزایش می‌یابد (شکل ۹).

جدول ۴- تجزیه واریانس زمان گدازش

Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
Factor A	2	476790.859	238395.430	78.3816	0.0000**
Factor B	2	170652.015	85326.007	29.0542	0.0000**
AB	4	349520.385	87380.095	28.7296	0.0000**
Factor C	2	8258.859	4129.430	1.3577	0.2616
AC	4	35379.274	8844.819	2.9081	0.0249*
BC	4	24.385	6616.096	2.1753	0.0766
ABC	8	59310.291	7413.785	2.4376	0.0183*
Error	108	328479.800	3041.470		
Total	134	1454854.859			

Coefficient of Variation: 9.07%

جدول ۵- تجزیه واریانس درصد سطح کربونیزه شده

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
2	Factor A	2	187.604	93.802	10.9674	0.0000**
4	Factor B	2	154.026	77.013	9.0044	0.0002**
6	AB	4	69.252	17.313	2.0243	0.0961
8	Factor C	2	5753.004	2881.502	335.9083	0.0000**
10	AC	4	36.207	9.052	1.0584	0.3808
12	BC	4	2.085	58.021	5.7829	0.0001**
14	ABC	8	77.670	9.709	1.1352	0.3458
-15	Error	108	923.700	8.553		
Total		134	7443.548			

Coefficient of Variation: 8.19%

جدول ۶- تجزیه واریانس مقاومت در برابر فشار موازی الیاف

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
2	Factor A	2	1745.377	872.589	19.1778	0.0000**
4	Factor B	2	245.590	122.795	2.5935	0.0809
6	AB	4	244.162	61.040	1.3414	0.2735
-7	Error	35	1638.134	45.505		
Total		44	3873.313			

Coefficient of Variation: 10.86%

جدول ۷- تجزیه واریانس خمشی

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
2	Factor A	2	5870.409	2935.204	13.5043	0.0000**
4	Factor B	2	4576.415	2288.208	10.5275	0.0003**
6	AB	4	404.492	101.123	0.4652	
-7	Error	35	7824.697	217.353		
Total		44	19676.024			

Coefficient of Variation: 15.43%

جدول ۸- تجزیه واریانس درصد هم‌کشیدگی حجمی

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
2	Factor A	2	19.981	9.990	1.9062	0.1533
4	Factor B	2	3.649	1.825	0.3482	
6	AB	4	29.173	7.293	1.3916	0.2564
-7	Error	36	198.670	5.241		
Total		44	241.473			

Coefficient of Variation: 16.13%

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان گفت که بهترین ماده کندسوزکننده نمونه‌ها از میان مواد مذکور، مخلوط مونوآمونیم فسفات و بوراکس و بهترین غلظت از میان غلظت‌ها، غلظت ۱۲ درصد این محلول کندسوزکننده می‌باشد به طوری که با در نظر گرفتن این عوامل می‌توان نتیجه این تحقیق را در راستای کندسوز کردن چوب و بهبود پایداری آن در برابر آتش به این صورت خلاصه نمود: ۳۱۴/۵۵ درصد کاهش وزن، ۵۴۹ ثانیه معادل ۹۲/۶۷ درصد تاخیر در نقطه اشتعال (آستانه شعله‌وری)، ۱۶۷/۴ برداشتن نازل آتش و درصد سطح کربونیزه شده کاهش می‌یابد. نتایج آزمایشات مکانیکی (مقاومت در برابر فشارموازی الیاف و مقاومت خمشی) نشان می‌دهد که نمونه‌های اشباع شده با مخلوط مونوآمونیم فسفات و بوراکس در مقایسه با دو ماده دیگر در مقایسه با نمونه‌های خام مقاومت مکانیکی بالاتری دارند و نمونه‌های اشباع شده با مواد کندسوزکننده در مقایسه با مواد خام، درصد هم‌کشیدگی بیشتری دارند. در مورد اثر غلظت بر روی ویژگی‌های مورد مطالعه نتایج حاصله نشان می‌دهد که مقاومت خمشی تیمار با غلظت ۱۲ درصد دارای بیشترین مقاومت خمشی است؛ ولی در سایر موارد رابطه‌ای بین درصد غلظت و خواص مورد بررسی یافت نشد. با توجه به مطالب بیان شده می‌توان نتایج عملی زیر را ارائه نمود.

۱- بهترین ماده برای کندسوز کردن چوب از میان مواد مذکور مخلوط مونوآمونیم فسفات و بوراکس می‌باشد. این مزیت می‌تواند با موارد دیگری از قبیل ارزانی نسبی این ماده در مقایسه با مواد دیگر، سهولت دسترسی، عدم ایجاد

ثانیه معادل ۸۵/۴۶ درصد کاهش از نظر دوام شعله، ۱۱۱۸ ثانیه معادل ۲۴۳/۵ درصد کاهش در مدت گذارش (سوختن بدون شعله) و نهایتاً حفظ کامل سطح نمونه‌ها و جلوگیری از فروپاشی و بروز کاهش سطح در نمونه‌های تیمار شده، با کاهش درصد غلظت مواد کندسوزکننده، درصد کاهش وزن افزایش می‌یابد و این امر در غلظت ۵ درصد چشمگیرتر است و مورد دیگر ویژگی‌ها با افزایش غلظت ویژگی‌های مورد مطالعه بهبود می‌یابد. هرچه قطر سوراخ نازل شعله کوچکتر باشد (شعله شدیدتر) درصد کاهش وزن بیشتر می‌شود و با افزایش قطر نازل آتش دوام شعله بعد از مزیت می‌تواند با موارد دیگری از قبیل ارزانی نسبت این ماده در مقایسه با مواد دیگر، سهولت مونوآمونیم فسفات و بوراکس در مقایسه با دو ماده دیگر در مقایسه با نمونه‌های خام مقاومت مکانیکی بالاتری دارند و همچنین نمونه‌های اشباع شده با مواد کندسوزکننده در مقایسه با مواد خام، درصد هم‌کشیدگی بیشتری دارند. در مورد اثر غلظت بر روی ویژگی‌های مورد مطالعه نتایج حاصله نشان می‌دهد که مقاومت خمشی تیمار با غلظت ۱۲ درصد دارای بیشترین مقاومت خمشی است؛ ولی در سایر موارد رابطه‌ای بین درصد غلظت و خواص مورد بررسی یافت نشد. با توجه به مطالب بیان شده می‌توان نتایج عملی زیر را ارائه نمود.

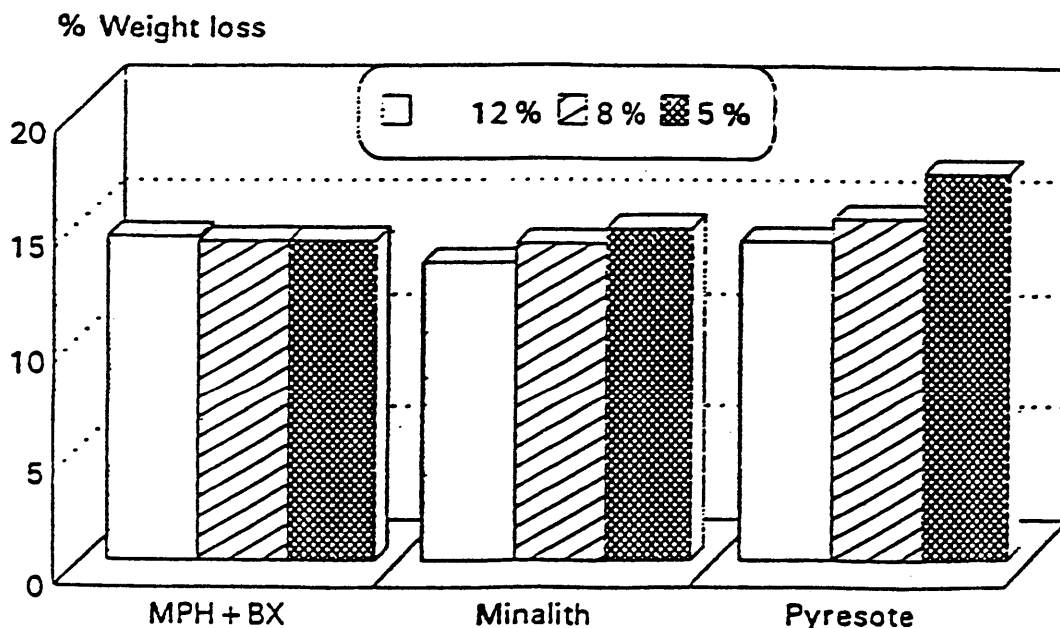
۱- بهترین ماده برای کندسوز کردن چوب از میان مواد مذکور مخلوط مونوآمونیم فسفات و بوراکس می‌باشد. این مزیت می‌تواند با موارد دیگری از قبیل ارزانی نسبی این ماده در مقایسه با مواد دیگر، سهولت دسترسی، عدم ایجاد

۳- در مورد تمامی ویژگی‌های مورد مطالعه مشاهده می‌شود که ماده پیرزوت، کمترین بهبود را در خواص مورد اندازه‌گیری باعث شده است.

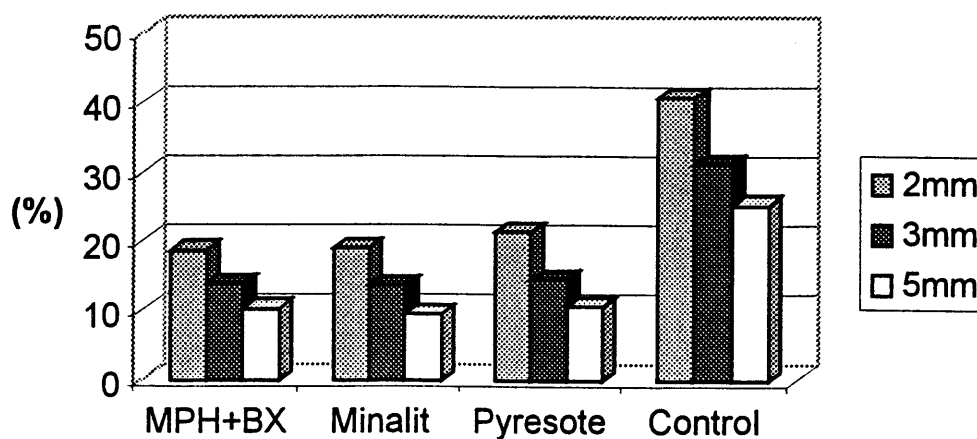
۴- در بعضی از تیمارها مشاهده می‌شود که مقاومت مکانیکی نمونه‌های اشباع شده در مقایسه با نمونه‌های خام افزایش داشته است که دلیل این امر را می‌توان مربوط به افزودن مواد کندسوزکننده و نهایتاً افزایش جرم ویژه نمونه‌های آزمونی اشباع شده دانست.

تغییرات رنگی در چوب (حفظ رنگ ذاتی چوب) بهبود خواص مقاومتی چوب و ... همراه گردد.

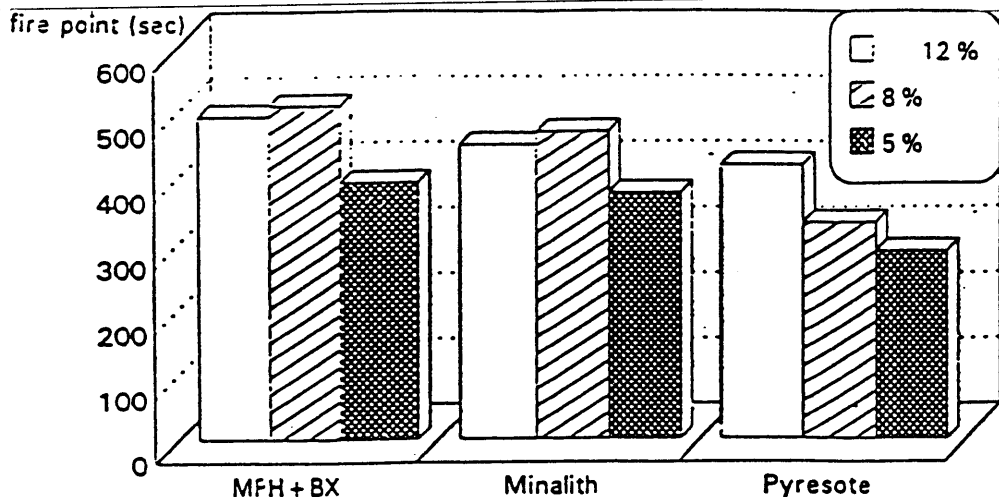
۲- در کلیه تیمارها با توجه به نتایج حاصله با قطعیت می‌توان گفت که اشباع چوب‌آلات با مواد کندسوزکننده سبب شده است که آنها در مقایسه با نمونه‌های خام، مقاومت بیشتری در مقابل آتش از خود نشان دهند.



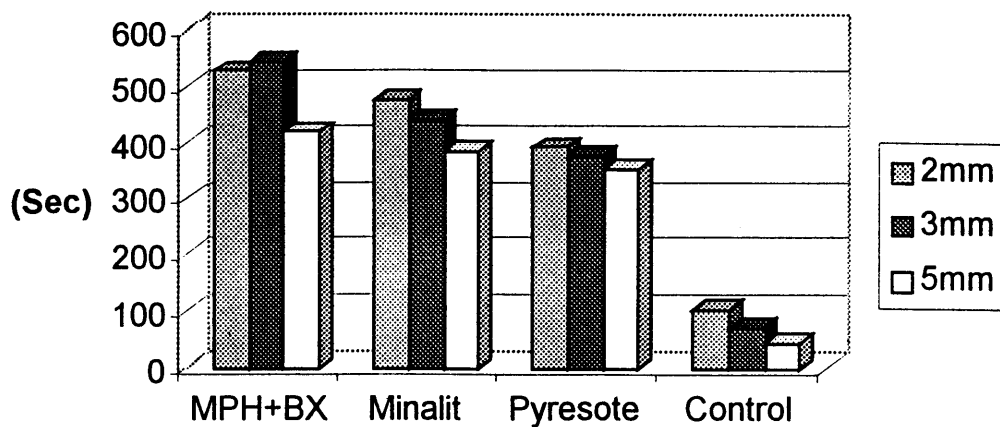
شکل ۱- اثر متقابل نوع و غلظت ماده کندسوزکننده بر درصد کاهش وزن



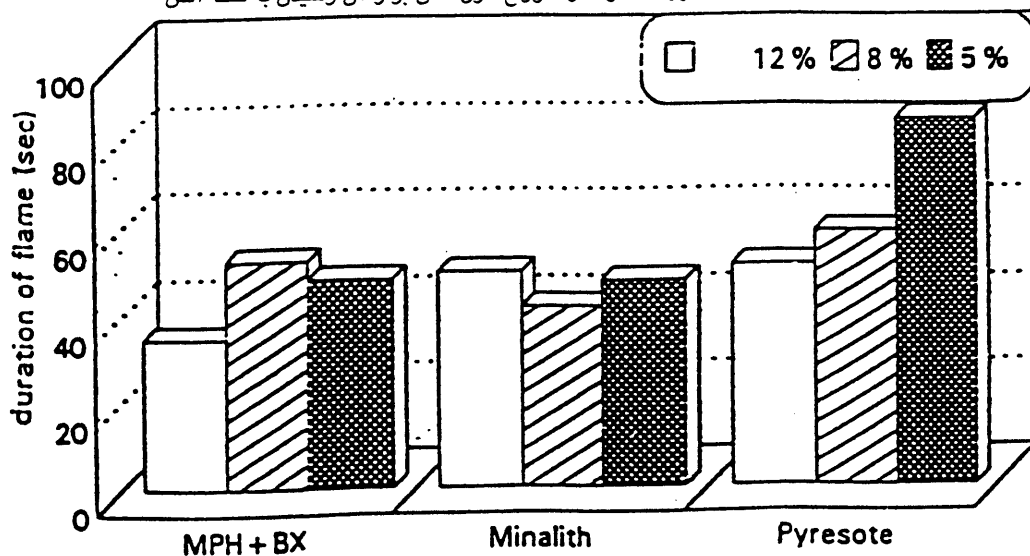
شکل ۲- اثر متقابل نوع ماده کندسوزکننده و قطر سوراخ نازل آتش بر درصد کاهش وزن



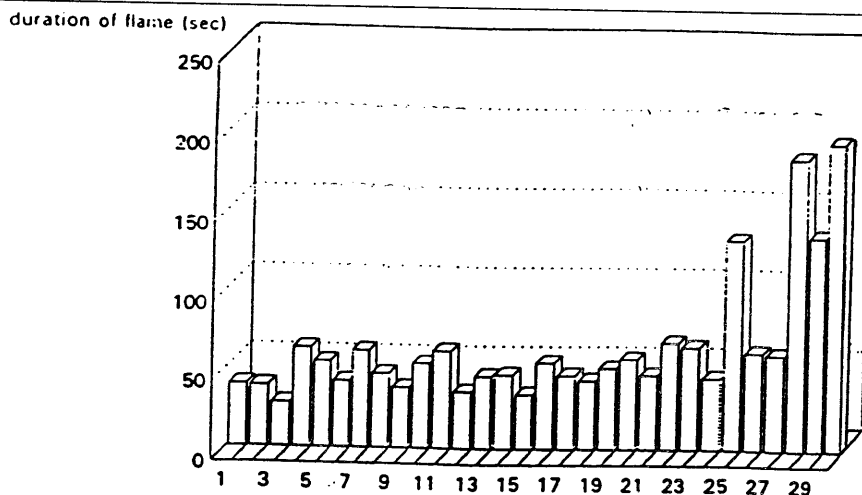
شکل ۲- اثر متقابل نوع و غلظت ماده کندسوزکننده بر زمان رسیدن به نقطه آتش



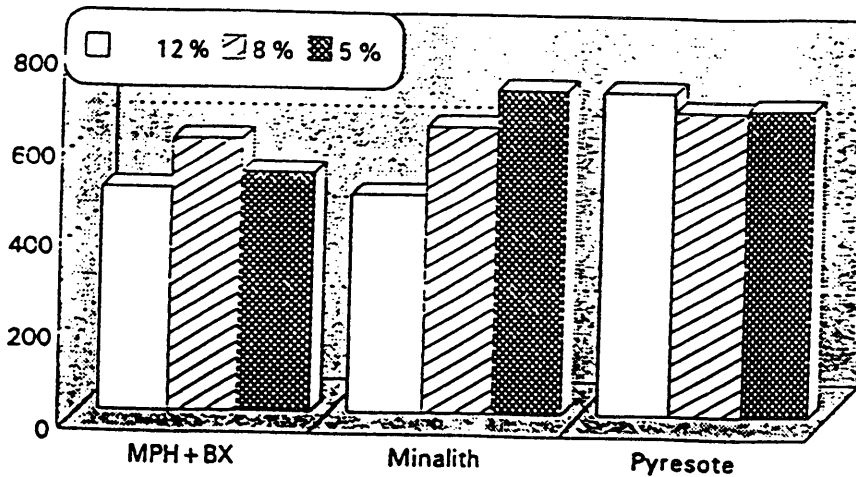
شکل ۴- اثر متقابل ماده کندسوزکننده و قطر سوراخ نازل آتش بر زمان رسیدن به نقطه آتش



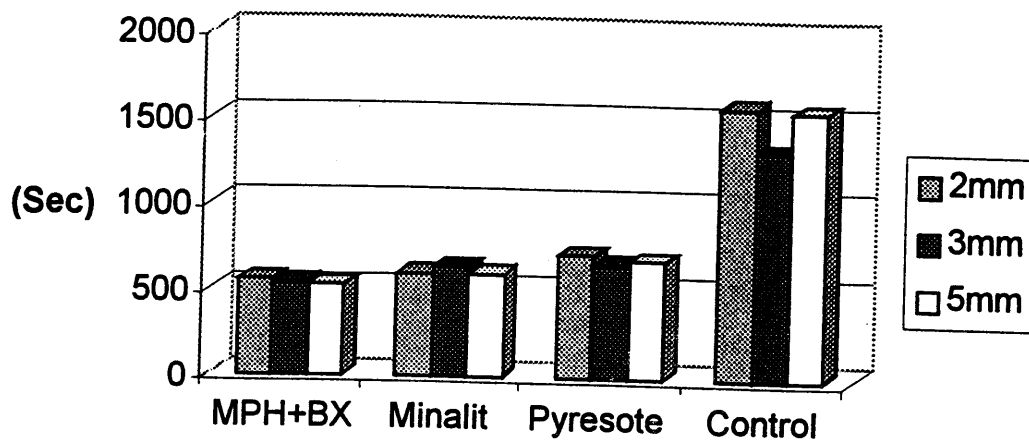
شکل ۵- اثر متقابل نوع و غلظت ماده کندسوزکننده بر میزان دوام شعله بعد از برداشتن نازل آتش



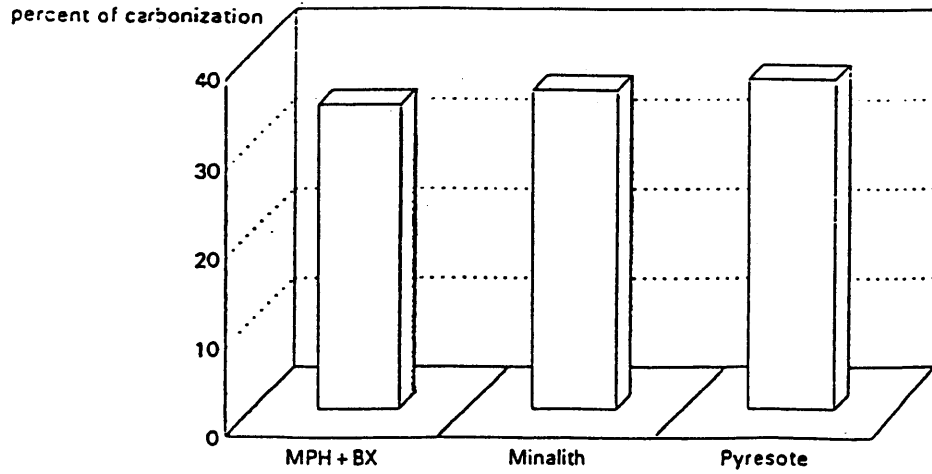
شکل ۶- مقادیر متوسط میزان دوام شعله بعد از برداشتن نازل آتش در نمونه‌های اشیاع شده و خام
duration of glowing (sec)



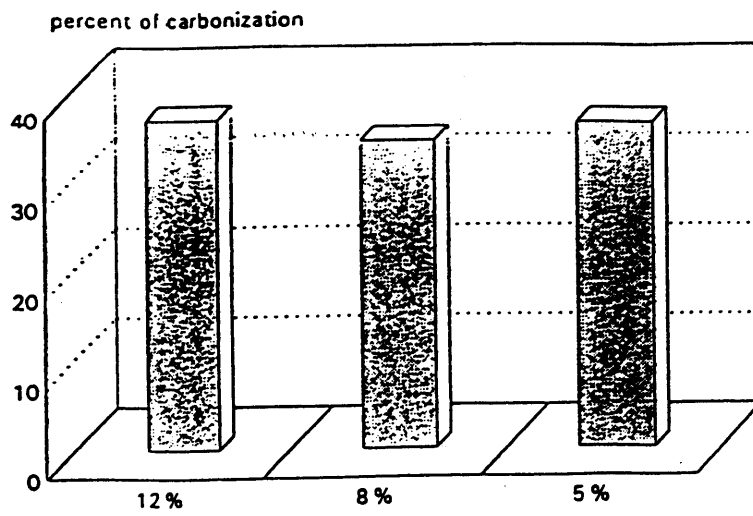
شکل ۷- اثر متقابل نوع و غلظت ماده کندسوزکننده بر زمان گدازش بعد از برداشتن نازل آتش



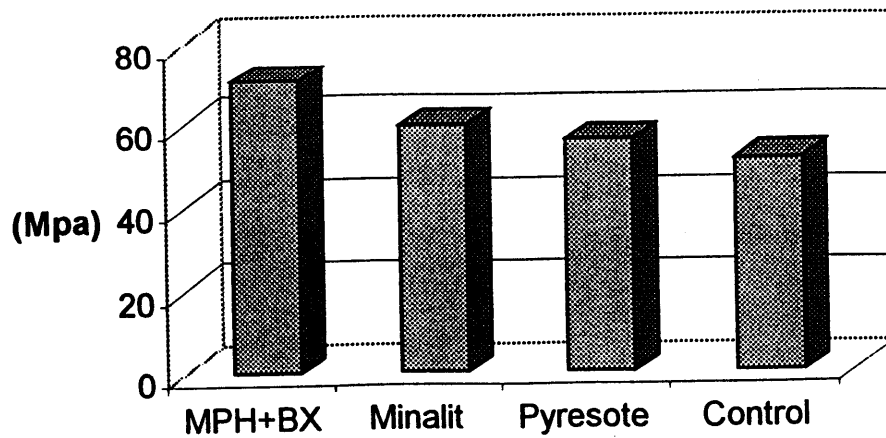
شکل ۸- اثر متقابل نوع ماده کندسوزکننده و قطر سوراخ نازل آتش بر زمان گدازش بعد از برداشتن نازل آتش



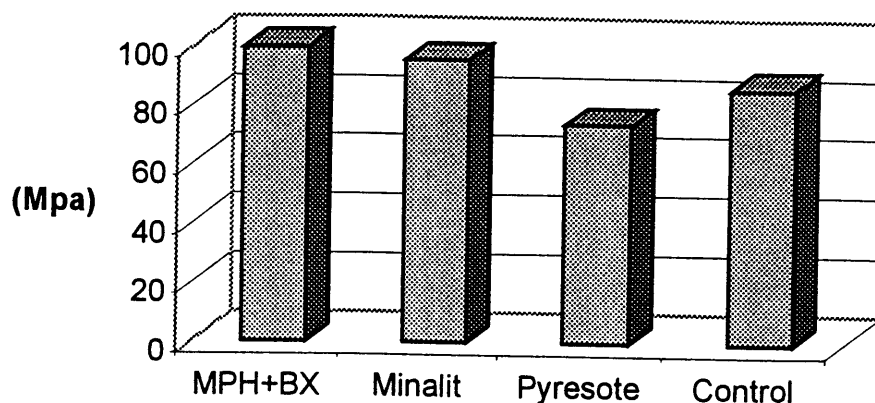
شکل ۹- اثر مستقل نوع ماده کندسوزکننده بر روی درصد سطح کربونیزه شده



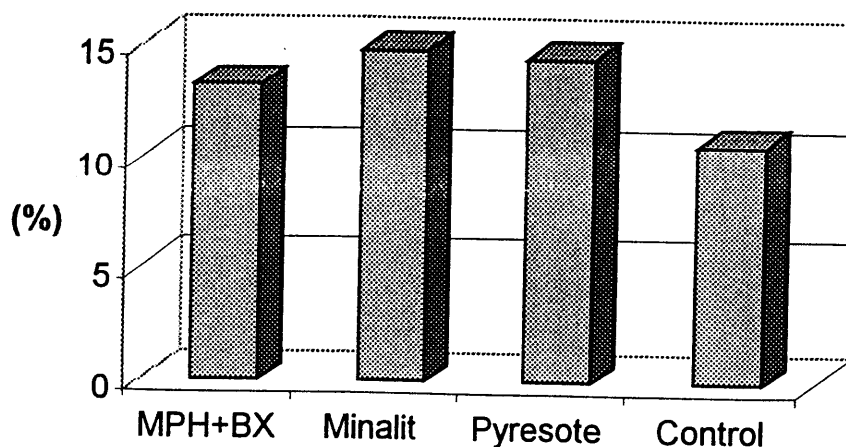
شکل ۱۰- اثر مستقل غلظت ماده کندسوزکننده بر درصد سطح کربونیزه شده



شکل ۱۱- اثر مستقل نوع ماده کندسوزکننده بر مقاومت در برابر فشار موازی با الیاف



شکل ۱۲- اثر مستقل نوع ماده کندسوزکننده بر مقاومت خمشی



شکل ۱۳- مقادیر متوسط درصد هم‌کشیدگی حجمی (کلی) بین نمونه‌های اشباع شده و خام

منابع

- ۱- پارسا پزوه داود، ۱۳۷۵. تکنولوژی چوب، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ چهارم.
- ۲- پارسا پزوه داود و همکاران، ۱۳۷۵. حفاظت صنعتی چوب (ترجمه)، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۳- پارسا پزوه داود، شواین گروبر، ف.ح، ۱۳۷۸. اطلس چوب‌های شمال ایران، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ سوم.
- ۴- پارسا پزوه، داود، ۱۳۸۰. جزوه حفاظت دوره کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
- ۵- نیلوفری پرویز، ۱۳۷۴. چوبشناسی، چوب‌های ایران، انتشارات دهخدا.
- 6-Darrel, D.N., 1973. Wood deterioration and its prevention by preservative treatments, V.I. Part 9, Goldstein, I.S. Degration and protection of wood from thernl attack.
- 7-Kosik, M., 1978. Anorganic salts as fire-retardants for wood, part 111, Behaviour of some chlorides and their relative effectiveness.
- 8-Lin, S.H. and Warg, S.Y., 1989. Studies on the efficiency of fire resistance of plantation forest wood (Q-J-EXP. Forest. NTV) 3(2): 53-64.
- 9-Winandy, J.E., 1990. Fire retardant treated wood : Effects of elevated temperature and guideline for design (Wood Design focus).

The Effects of Fire Retardants (Monoammonium Phosphate and Borax, Minalitha, Pyresot) on Iranian Maple Wood (*Acer insigne* Boiss)

D. Parsapajouh¹ S. Hedjazi² A. N. Karimi³ K. Doost Hosseini⁴ M. Akhtari⁵

Abstract

In this study, the possibilities of using three different chemical substances as fire retardants for Iranian maple wood (*Acer insigne* Boiss) was reviewed and fire resistance properties as well as mechanical and physical properties of samples impregnated with these chemicals were tested. These results were finally compared with the control samples.

Independent variables and their levels are as follows:

- Fire retardants: 1) mixture of mono ammonium phosphate and borax (MPH+BX), 2) minalith, and 3) pyresot.
- The concentration of fire retardants: 5.8 and 12%.
- The diameter of burner: 2.3 and 5 mm.

Preparation of samples and measurement of fire resistance properties were done according to JISA-1322 and BS 476 Standard, respectively. The percent of weight loss, flame point, duration of flame after removing the burner, time of glowing after taking the burner off, and the percent of carbonization. On mechanical and physical properties, compression parallel to the grain, static bending and the percent of total shrinkage were tested.

Considering the weigh loss, the result shows that samples impregnated with minalith and pyresot had respectively the least and the most weight loss while treatment with MPH+BX mixture had a weight loss close to minalith-treated samples. On other fire resistance properties, it was found that among the three different chemicals, MPH+BX mixture provided the best results.

In all measurements, it was observed that the samples impregnated with MPH+BX mixture had the highest mechanical resistance in comparison with the untreated (control) samples. As expected, treated samples had more total shrinkage in comparison with control samples.

Keywords: Fire retardant chemicals, Maple wood, Fire resistance properties, Physical and mechanical properties.

¹ -Professor, Univ. of Tehran

² -P.h.D. student, Univ. of Tehran

³ -Assoc. Prof., Univ. of Tehran

⁴ - Professor, Univ. of Tehran

⁵ -M.Sc. student, Univ. of Tehran