دانشکده مهندسی چوب و کاغذ

پایان‌نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته
حفاظت و اصلاح چوب

بررسی مقایسه‌ای اسیدبوریک (H_3BO_3) و بوراکس ($Na_2B_4O_7,10H_2O$) بر خاصیت آتش‌گیری چوب ممرز مورد استفاده در فضاهای سرپوشیده

پژوهش و نگارش:
حسنیه زابلی

استاد راهنما:
دکتر سید ضیاالدین حسینی

استاد مشاور:
دکتر ابوالقاسم خزاعیان

تابستان ۱۳۹۲

تعهدنامه پژوهشی

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه‌های تحصیلی دانشجویان دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان مبین بخشی از فعالیت‌های علمی- پژوهشی بوده و همچنین با استفاده از اعتبارات دانشگاه انجام می‌شود؛ بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

۱- قبل از چاپ پایان نامه خود، مراتب را قبلا به طور کتبی به مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه اطلاع داده و کسب اجازه نمایند.
۲- قبل از چاپ پایان نامه در قالب مقاله، همایش، اختراع و اکتشاف و سایر موارد، ذکر نام دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان الزامی است.
۳- انتشار نتایج پایان نامه باید با اطلاع و کسب اجازه از استاد راهنما صورت گیرد.

اینجانب **حسنیه زابلی** دانشجوی رشته **مهندسی صنایع چوب و کاغذ** مقطع **کارشناسی ارشد** تعهدات فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده و به آن ملتزم می‌شوم.

نام و نام خانوادگی و امضاء

تقدیم به

پدر و مادر عزیز و مهربانم

که در سختی‌ها و دشواری‌های زندگی، همواره یاوری دلسوز و فداکار

و پشتیبانی محکم و مطمئن برایم بوده‌اند.

تشکر و قدردانی

شکر و سپاس خدا را که بزرگترین امید و یاور در لحظه لحظه زندگیست.

تقدیر و سپاس نثار استاد راهنمایم آقای دکتر سید ضیاالدین حسینی که مصاحبت و مشورت با ایشان را مایه فخر خویش می دانم و شاگردی در مکتب‌شان افتخاری است که به آن می بالم. از استاد گرانقدر دکتر ابوالقاسم خزاعیان که در سمت استاد مشاور مرهون کمک های بی دریغ و راهنمایی های ارزشمندشان می باشم، صمیمانه تشکر می نمایم. از جناب دکتر تقی طبرسا که زحمت داوری این پایان نامه را بر عهده داشتند و با حضورشان بر کار من ارزش نهادند تشکر و قدردانی می نمایم.

از خانواده عزیزم به خاطر همه ی تلاشهای محبت آمیزی که در دوران مختلف زندگی ام انجام داده اند و با مهربانی چگونه زیستن را به من آموخته اند سپاسگزارم.

از تلاش و زحمات بی دریغ آقایان ملک شاهی و مقدس زاده کمال تشکر و امتنان را دارم.

از آقای نوروزی که در ساخت دستگاه هاریسون ما را یاری نمودند صمیمانه سپاسگزارم.

در پایان از همکلاسی های خوبم و دوستان عزیزم و تمامی کسانی که در طول انجام این تحقیق مرا یاری نمودند، نهایت تشکر و قدردانی را دارم.

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی مقایسه ای اثر اسیدبوریک و بوراکس بر خاصیت کندسوزکنندگی چوب ممرز انجام گرفت. اهداف اصلی این تحقیق بررسی اثر زمان تیمار و نوع ماده کندسوزکننده بر میزان جذب و درصد کاهش وزن، پس از آزمایش کندسوزکنندگی در چوب ممرز بود. به منظور دستیابی به اهداف فوق تعداد ٤٠ عدد نمونه به ابعاد ۱×۲×۱۰۰ سانتی‌متر را به رطوبت ۷ درصد رسانده و وزن شدند. سپس ۲۰ عدد نمونه چوب با اسیدبوریک و ۲۰ عدد نمونه با بوراکس در زمان‌های ٦٠، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ دقیقه به طور جداگانه با استفاده از روش غوطه‌وری آغشته شدند. در جه حرارت محلول در تمامی تیمارها یکسان و ۸۰ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شد. پس از آغشتگی، نمونه‌ها به مدت ٤ دقیقه تحت آزمایش کندسوز شدن توسط دستگاه هاریسون قرار گرفتند و کاهش وزن هر ۳۰ ثانیه یکبار از روی دستگاه یادداشت شد و مشاهده شد که کدامیک از نمونه‌ها در مدت ۳۰ ثانیه کمتر از یک درصد وزن خود را از دست دادند. با تفاضل دو وزن قبل از آغشتگی و بعد از آغشتگی، مقدار نمک جذب شده مشخص شد. نتایج نشان داد که به طور کلی با افزایش زمان تیمار میزان جذب اسید بوریک و بوراکس افزایش یافت و همچنین نوع ماده تاثیری بر میزان جذب نداشت. نتایج مربوط به کاهش وزن نشان داد که با افزایش زمان تیمار، درصد کاهش وزن کاهش یافت. کمترین میزان کاهش وزن در نمونه‌های تیمار شده با بوراکس به‌دست آمد. سرانجام نمونه‌های تیمارشده با بوراکس در زمان ۱۵۰ دقیقه تیمار برتر شناخته شد.

کلمات کلیدی: ممرز، اسیدبوریک، بوراکس، کندسوز کردن

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه ۲

فرضیه ٤

اهداف تحقیق ٤

۱-۲- کلیات ٥

۱-۲-۱- خاصیت آتش‌گیری چوب ٥

۱-۲-۲- آستانه آتش‌گیری چوب ٥

۱-۲-۳- حرارت سوخت چوب ٦

۱-۲-٤- اکسیژن لازم جهت سوخت چوب ٦

۱-۲-٥- تصعید انواع گازها و بخارات ۷

۱-۲-٦- خاکستر چوب ۷

۱-۲-۷- کندسوزکردن. ۸

۱-۲-۸- کندسوزکننده‌ها ۸

۱-۲-۹- ضرورت کندسوزنمودن چوب و محصولات چوبی ۸

۱-۲-۱۰- روش‌های کندسوزکردن ۹

۱-۲-۱۰-۱- تیمارهای غیر اشباعی ۹

۱-۲-۱۰-۲- روش غوطه‌وری ۱۰

۱-۲-۱۱- مکانیسم کندسوزکننده‌ها ۱۱

۱-۲-۱۲- کاربردهای چوب کندسوزکندسوزشده ۱۲

۱-۲-۱۳- ویژگی‌هایی که تحت تاثیر کندسوزکننده‌ها قرار می‌گیرند ۱۲

۱-۲-۱۳-۱- مقاومت ۱۳

۱-۲-۱۳-۲- هم‌کشیدگی و واکشیدگی ۱۳

۱-۲-۱۳-۳- آبشویی ۱۳

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۱-۲-۱۳-٤- خوردگی ١٤
۱-۲-۱۳-٥- چسب‌زنی ١٤
۱-۲-۱۳-٦- رنگ‌آمیزی. ١٤
۱-۲-١٤- موادکندسوزکننده ١٥
۱-۲-١٥- ترکیبات بور..... ١٥
۱-۲-١٥-۱- مزایای بورات‌ها..... ١٧
۱-۲-١٥-۲- معایب بورات‌ها..... ١٧
۱-۲-١٦- محلول‌های حفاظتی مورد مصرف..... ١٨
۱-۲-١٦-۱- اسیدبوریک ١٨
۱-۲-١٦-۲- مکانیسم کندسوزکنندگی اسیدبوریک ١٩
۱-۲-١٦-۳- موارد استفاده اسیدبوریک ١٩
۱-۲-١٦-٤- بوراکس ٢٠
۱-۲-١٦-٥- مکانیسم کندسوزکنندگی بوراکس..... ٢٠
۱-۲-١٦-٦- موارد مصرف بوراکس ٢٠
۱-۲-١٧- گونه مورد تحقیق..... ٢٠
۱-۲-١٧-۱- نام‌های مختلف ممرز ٢١
۱-۲-١٧-۲- پایگاه و حوزه انتشار ٢١
۱-۲-١٧-۳- خواص ماکروسکوپی چوب ممرز ٢١
۱-۲-١٧-٤- خصوصیات میکروسکوپی گونه ممرز در مقاطع مختلف ٢٢
۱-۲-١٧-٤-۱- مقطع عرضی..... ٢٢
۱-۲-١٧-٤-۲- مقطع مماسی..... ٢٢
۱-۲-١٧-٤-۳- مقطع شعاعی ٢٢
۱-۲-١٧-٥- مشخصات و خصوصیات عمومی..... ٢٢
۱-۲-١٧-٦- مصارف و موارد استعمال ممرز ٢٣

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل دوم: بررسی منابع

۲- مرور منابع ۲۶

فصل سوم: مواد و روش‌ها

۳-۱- تهیه نمونه‌های آزمونی ۳۸

۳-۲- وزن کردن نمونه‌ها ۳۹

۳-۳- تیمار آغشتگی ۳۹

۳-٤- محاسبه مقدار ماده خشک رسوب داده شده ٤۰

۳-۵- تست مقاومت به آتش ٤۱

۳-۵-۱- تجهیزات دستگاه هاریسون ٤۱

۳-۵-۲- شرایط محیط آزمایش ٤۲

۳-۵-۳- قراردادن نمونه در دستگاه ٤۲

۳-۵-٤- تنظیم نمودن شعله آتش ٤۳

۳-۵-۵- نحوه انجام تست ٤۳

۳-٦- شاخص مقاومت به آتش ٤۳

۳-۷- تجزیه و تحلیل داده‌ها ٤۳

فصل چهارم: نتایج

٤-۱- مقایسه اسیدبوریک و بوراکس از نظر میزان جذب ٤٦

٤-۲- بررسی میزان کاهش وزن نمونه‌های تیمارشده پس از آزمایش کندسوزکنندگی در دستگاه هاریسون ٤۷

٤-۳- روند کاهش وزن نمونه‌های تیمار شده با اسیدبوریک و بوراکس ۵۰

٤-۳-۱- روند کاهش وزن نمونه‌های تیمارشده با اسیدبوریک ۵۰

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

٤-٣-٢- روندکاهش‌وزن نمونه‌های تیمارشده با بوراکس ٥٢
٤-٣-٣- مقایسه روندکاهش‌وزن نمونه‌های تیمارشده با اسیدبوریک وبوراکس ٥٣
٤-٤- محاسبه شاخص مقاومت در برابر آتش ٥٥
٤-٥- رابطه مقادیرمیزان جذب و کاهش‌وزن اسیدبوریک وبوراکس ٥٥

فصل پنجم: بحث و نتیجه‌گیری

٥-١- بحث ٥٨
٥-٢- نتیجه‌گیری کلی ٦٠
پیشنهادات ٦١

منابع ٦٤

پیوست‌ها ٦٩

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۳-۱- کپی سازی دستگاه هاریسون. ساخته شده در گرگان ۱۳۹۲ ..... ٤٢
شکل ٤-۱- نمودار ستونی اثر متقابل نوع ماده و زمان تیمار بر میزان جذب نمونه‌های تیمار شده با اسیدبوریک و بوراکس..... ٤٦
شکل ٤-۲- نمودار خطی اثر متقابل نوع ماده و زمان تیمار بر درصد کاهش وزن ٤٨
شکل ٤-۳- نمودار ستونی اثر مستقل نوع ماده بر درصد کاهش وزن ٤٩
شکل ٤-٤- نمودار ستونی اثرمستقل زمان تیمار بر کاهش وزن نمونه‌های تیمارشده با اسیدبوریک بوراکس ٥٠
شکل ٤-٥- نمودار خطی روند کاهش وزن نمونه‌های تیمار شده با اسیدبوریک در سطوح زمانی آزمایش ٥١
شکل٤-٦- نمودار خطی روند کاهش وزن نمونه‌های تیمارشده با بوراکس در سطوح زمانی آزمایش. ٥٢
شکل ٤-۷- مقایسه روند کاهش وزن نمونه‌های تیمارشده با اسیدبوریک و بوراکس در سطوح زمانی آزمایش..... ٥٤
شکل ٤-۸- رابطه مقادیر میزان جذب و کاهش‌وزن اسیدبوریک وبوراکس..... ٥٦

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ٤-١- تجزیه واریانس مقایسه اسیدبوریک و بوراکس از نظر میزان جذب ٤٧
جدول ٤-٢- آزمون دانکن اثر زمان تیمار ر میزان جذب اسیدبوریک و بوراکس ٤٧
جدول ٤-٣- آزمون دانکن اثر نوع ماده برمیزان جذب..... ٤٧
جدول ٤-٤- تجزیه واریانس مقایسه کاهش وزن نمونه‌های تیمار شده با اسید بوریک و بوراکس ٤٨
جدول ٤-٥- آزمون دانکن اثر نوع ماده بر میزان کاهش وزن ٤٩
جدول ٤-٦- آزمون دانکن اثر زمان تیمار بر کاهش وزن نمونه‌های تیمارشده با اسیدبوریک و بوراکس. ٥٠
جدول ٤-٧- آزمون دانکن اثر زمان آزمایش بر درصد کاهش وزن نمونه‌های آغشته شده با اسیدبورریک ٥١
جدول ٤-٨- آزمون دانکن اثر زمان آزمایش بر کاهش وزن نمونه‌های تیمارشده با بوراکس..... ٥٣
جدول ٤-٩- آزمون دانکن مقایسه اثر زمان آزمایش بر کاهش وزن نمونه‌های تیمارشده با اسیدبوریک و بوراکس ٥٤
جدول ٤-١٠- شاخص مقاومت به آتش اسیدبوریک و بوراکس ٥٥

فهرست ضمائم

عنوان **صفحه**

جدول الف-۱- مقادیر کاهش وزن و میزان جذب نمونه‌های تیمارشده با اسیدبوریک در زمان ٦٠ دقیقه ۷۰
جدول الف-۲- مقادیر کاهش وزن و میزان جذب نمونه‌های تیمارشده با اسیدبوریک در زمان ۹۰ دقیقه ۷۰
جدول الف-۳- مقادیر کاهش وزن و میزان جذب نمونه‌های تیمارشده با اسیدبوریک در زمان ۱۲۰ دقیقه ۷۱
جدول الف-٤- مقادیر کاهش وزن و میزان جذب نمونه‌های تیمارشده با اسیدبوریک در زمان ۱۵۰ دقیقه ۷۱
جدول ب-۱- مقادیر کاهش وزن و میزان جذب نمونه‌های تیمارشده با بوراکس در زمان ٦٠ دقیقه.....۷۲
جدول ب-۲- مقادیر کاهش وزن و میزان جذب نمونه‌های تیمارشده با بوراکس در زمان ۹۰ دقیقه.....۷۲
جدول ب-۳- مقادیر کاهش وزن و میزان جذب نمونه‌های تیمارشده با بوراکس در زمان ۱۲۰ دقیقه ۷۳
جدول ب-٤- مقادیر کاهش وزن و میزان جذب نمونه‌های تیمارشده با بوراکس در زمان ۱۵۰ دقیقه ۷۳

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه

چوب همواره به دلایل زیادی مثل حداقل آلودگی محیط زیست و قابلیت اجرایی بالا، در میان انسان‌ها به عنوان مصالح ساختمانی مدنظر بوده است (لونوا[1] و همکاران ۲۰۰۷). به دلیل فراوانی زیاد چوب و تجدیدپذیر بودن آن، از ابتدا برای بقای بشر یک ماده ضروری بوده است، که با پیشرفت تکنولوژی به عنوان سرپناه و مواد مهندسی مورد استفاده قرار گرفته است. ساختار سلولی ویژه چوب مقاومت بالایی نسبت به وزنش به آن بخشیده است، به همین دلیل برخی از چوب آلات با کیفیت عالی به عنوان مواد ساختمانی مورد استفاده قرار می‌گیرند.چوب تنها منبع طبیعی تجدیدپذیر است (لی[2]، ۲۰۱۱). چوب جایگاه برجسته‌ای در اقتصاد جهانی دارد. تولید سالانه چوب در جهان ۲۵۰۰ میلیون متر مکعب است. خواص فیزیکی و شیمیایی و نیز مکانیکی چوب آن را در حال حاضر بی جانشین کرده است. (استارک[3] و همکاران، ۲۰۱۰). ویژگی‌های منحصر به فرد چوب از جمله: قابلیت شکل‌پذیری، ظرفیت حرارتی بالا، مقاومت حرارتی، وزن مخصوص کم، رنگ و بافت، تجدیدپذیری و سازگار بودن با محیط زیست، آن را به ماده‌ای بدون جایگزین برای استفاده در ساختمان‌سازی تبدیل کرده است (رفسنجانی مقدم، ۱۳۷۸).

چوب یکی از قدیمی ترین و ابتدایی ترین مصالح ساختمانی موجود در طبیعت است که بشر در طول تاریخ از آن بهره برده است، و تنها مصالح ساختمانی است که از منبع قابل تجدید بدست می آید و از مصالح خوبی برای مناطق زلزله خیز می باشد.

از جمله مهم‌ترین کاربردهای چوب، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

استفاده از چوب در ساخت مصنوعات چوبی

استفاده از چوب برای اعضای باربر

استفاده از چوب برای نماسازی و تزئین

استفاده از چوب برای کارهای کمکی در ساخت و ساز، مانند قالب‌سازی، چوب بست و... .

امروزه چوب در صنعت، ساختمان‌سازی، هنرهای تزئینی، مبلمان و ... کاربرد فراوان دارد.

1- Luneva
2- Li
3- Stark

استفاده از چوب و محصولات چوبی در ایران و سایر کشورهای جهان با افزایش جمعیت روز به روز افزایش می‌یابد و از تنوع و گستردگی بیشتری برخوردار می‌شود و با افزایش کاربرد این محصولات ایمنی و دوام این محصولات نیز برای مصرف کنندگان اهمیت می‌یابد (رفسنجانی مقدم، ۱۳۷۸).

یکی از مهم‌ترین نقایص چوب آتش‌گرفتن آن است. یکی از تمهیدات مهم در شرایطی که چوب به عنوان ماده خام به کار می رود، مسئله حفاظت آن در برابر عوامل مخرب (آتش) می باشد (اختری و همکاران، ۱۳۸۵). مواد تشکیل دهنده چوب در دمایی حدود ۲٤۰ درجه سانتی‌گراد مشتعل می‌شوند واگر اکسیژن و حرارت در کنار چوب مهیا باشد این فرآیند تا خاکستر شدن چوب ادامه خواهد یافت (پارساپژوه و همکاران، ۱۳۷۵). چوب در حرارت بالا می‌سوزد، چون پلیمرهایی‌که دیواره سلولی را تشکیل می‌دهند در اثر حرارت تجزیه می‌شوند. به دنبال این تجزیه، گازهای اشتعال‌زا تولید می‌گردد. با افزایش حرارت، همی سلولزها زودتر از همه تجزیه می‌شوند. بعد سلولز و لیگنین هم نهایتا به ذغال تبدیل می‌شوند. ذغال همچون عایقی عمل کرده و انتشار حرارت را به تاخیر می‌اندازد، در نتیجه از تخریب بیشتر جلوگیری می‌کند (امیدوار، ۱۳۸۸).

در ایران به دلایل مختلف جنگل‌های شمال کشور روز به روز توانایی خود را جهت رفع نیازهای چوبی از دست می‌دهند؛ و رشد بی رویه جمعیت و افزایش کاربرد محصولات چوبی بر شدت این کمبود افزوده است. بنابراین حفاظت چوب و افزایش دوام و عمر مفید محصولات چوبی نقش بر جسته‌ای ایفا خواهد کرد (حجازی و همکاران، ۱۳۷۸).

آتش سوزی سالیانه هزاران هکتار جنگل و مطالعه روی کندسوز کننده‌ها برای مدیریت جنگل مهم است. اگرچه چوب استفاده وسیعی دارد اما یک اشکال اساسی که دارد قابلیت احتراق بالای چوب است. حفاظت چوب در برابر آتش از یکسری استانداردهای اروپایی پیروی میکند:

- باید ویژگی‌های حفاظتی بالایی در برابر آتش داشته باشد.
- نباید به خصوصیات مکانیکی چوب آسیب برساند.
- نباید روی کاربرد رنگ زدن و لاک و الکل تأثیر بگذارد.
- نباید مضر باشد ودر طول سوختن ترکیبات سمی تولید نکند (دابل[1] و همکاران ۲۰۰۷).

1- Dobele

سال‌هاست که انسان به دنبال روشی جهت افزایش مقاومت چوب در برابر آتش است. احتراق چوب عمدتاً شامل تجزیه حرارتی سلولز و واکنش آن با اکسیژن است. تیمار با کندسوزکننده[1]ها احتراق یک ماده را به طور قابل توجهی کاهش می‌دهد یا به تأخیر می‌اندازد. بسیاری از تکنیک‌های که در حال حاضر برای کندسوز کردن استفاده می‌شوند عبارتنداز تیمار سطح با کندسوزکننده‌های شیمیایی مانند پوشش‌های ضدآتش یا اشباع تحت فشار چوب با محلولهای شیمیایی (پابلینا[2] و همکاران، ۲۰۱۰).

فرضیه‌های این تحقیق عبارتند از:

۱- اثر اسید بوریک[3] و بوراکس[4] بر خاصیت آتش‌گیری چوب ممرز[5] در زمان‌های مساوی متفاوت است.

۲- میزان ماده خشک رسوب داده شده بر m^2 در چوب ممرز، برای هر یک ازمواد شیمیایی اسیدبوریک و بوراکس متفاوت است.

اهداف این تحقیق عبارتند از:

۱- مقایسه اثر اسید بوریک و بوراکس به‌عنوان ماده کندسوز کننده در خاصیت کندسوز کنندگی چوب ممرز.

۲- تقلیل درصد کاهش وزن بعد از آتش‌گیری چوب‌های تیمارشده.

۳- دسترسی به مناسب‌ترین میزان مواد کندسوز کننده و شرایط مناسب تیمار.

1- Fire retardant
2- Pabelina
3- Boric acid
4- Borax
5- Carpinus betulus L

۱-۲- کلیات

حریق در ساختمان‌ها امری ناخواسته بوده که از آتش بسیار کوچک مانند جرقه یا کبریت شروع شده و گاهی یک شهر در آتش می سوزد. این آتش سوزی‌های سالانه خسارات جانی و مالی فراوانی به بار می آورند . مقاومت ساختمان‌ها در برابرآتش یکسان نیست و بستگی به جنس مصالح و چگونگی ترکیب آنها و رفتارشان در برابر آتش دارد (اختری و همکاران، ۱۳۸۵). مواد چوبی برای اینکه بدون یک منبع احتراق بسوزند نیاز به حرارت حداقل ۲۷۲ درجه سانتی‌گراد دارند. در احتراق مواد چوبی، برای انتقال حرارت در سطح داخلی، هدایت حرارتی نیاز است. هدایت حرارتی کم باعث می‌شود که شروع آتش‌سوزی طولانی‌ترین باشد (کارت[1] و همکاران، ۲۰۰۹).

۱-۲-۱- خاصیت آتش‌گیری چوب

یکی از خواص حرارتی چوب چگونگی واکنش آن در حرارت‌های بالای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد است. چنانچه چوب در چنین حرارت‌هایی قرار گیرد تجزیه و یا تخریب حرارتی آن که تحت عنوان پیرولیز نامیده می‌شود، شروع می‌گردد (رفسنجانی مقدم، ۱۳۷۸).

۱-۲-۲- آستانه آتش‌گیری چوب

آستانه آتش‌گیری چوب بر حسب گونه، ابعاد نمونه، مقدار رطوبت آن و حرارت هوای مجاور آن متفاوت است. به طور معمول تا حرارت ۱۰۰ الی ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد چوب تدریجاً آب آغشتگی را از دست داده، هم‌کشیده شده، ترک خورده و تغییر شکل می‌دهد. از حرات مذکور به بعد تا ۱۵۰ و ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد چوب شروع به تغییر رنگ کرده و بوی مخصوص می‌دهد. تجزیه حرارتی چوب یا پیرولیز عملاً از این حرات (حدود ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد) شروع می‌شود. از حرارت ۱۷۰ درجه به بالا گازهای مونوکسیدکربن و دی‌اکسیدکربن به‌همراه بخارآب و نیز اسید استیک، الکل متیلیک و قطران متصاعد می‌شود، در انتهای این مرحله چنانچه به مقدار کافی اکسیژن موجود باشد و یک شعله خارجی در اختیار باشد، گازهای متصاعد شده از چوب در حرارتی حدود ۲۳۰ درجه شروع به سوختن کرده که آن را نقطه شعله‌وری می‌نامند. از این مرحله به بعد و در حرارتی برابر با حدوداً

1- Kurt

۲٦۰ درجه چوب خود به خود و بدون شعله خارجی جهت انتقال حرارت به سوختن خود ادامه می‌دهد. به‌عبارتی چوب از خود حرارت ساطع می‌کند که آن را نقطه سوختن و یا آستانه آتش‌گیری می‌نامند. از این مرحله به بعد که خود چوب حرات ایجاد کرده تصعید گازهای مونوکسیدکربن و دی‌اکسید کربن کاهش یافته و مقدار گازهای اسیدی، الکل‌ها و قطران به حداکثر می‌رسد و از حرارتی برابر با ٤۰۰ درجه این گازها بدون شعله و حرارت خارجی خود به خود آتش می‌گیرد که به آن نقطه اشتعال می‌گویند (پارساپژوه، ۱۳۸٦).

۱-۲-۳- حرارت سوخت چوب

در صورت وجود حرارت لازم برای سوختن چوب عمل سوختن ادامه پیدا می‌کند تا اینکه قسمت‌های عمیق‌تر چوب تجزیه می‌شود و چنانچه چوب خشک باشد حرارتش به ۱۸۰۰ درجه می‌رسد و در چوب‌های مرطوب با رطوبت حدود ۲۵ درصد این مقدار به ۱۳۰۰ درجه کاهش می‌یابد. چنانچه چوب مدت زیادی در حرارت‌های حدود ۱۰۰ درجه قرار گرفته باشد و یا اینکه به شکل الیاف یا پودر باشد مرزهای حرارتی فوق قدری پایین‌تر قرار می‌گیرد (پارساپژوه، ۱۳۸٦).

۱-۲-٤- اکسیژن لازم جهت سوخت چوب

قسمت اعظم ماده سوختی چوب را کربن تشکیل می‌دهد و در چوب خشک حدود ۵۰ درصد کربن، ٦ درصد هیدروژن، ٤۲ درصد اکسیژن و تقریباً ۱ درصد مواد معدنی (خاکستر) موجود است. به طور متوسط برای سوختن یک کیلوگرم چوب حدود ۱/۳۳ کیلوگرم اکسیژن (تقریبا معادل ٤/٦ مترمکعب هوا) لازم است که البته این مقدار تئوری بوده و عملاً به علت وجود برخی گازهای قابل اشتعال حاصل از چوب، هوای لازم جهت سوختن یک کیلوگرم چوب تقریباً برابر ۷ مترمکعب می‌باشد (پارساپژوه، ۱۳۸٦). میزان انرژی لازم برای سوخن چوب نیز در هر گونه متفاوت است که به ساختار، ترکیب و میزان عناصر متشکله چوب بستگی دارد. انرژی لازم برای سوختن چوب‌های پهن‌برگ بین ۷۵ تا ۱٦٤ کیلوژول بر مول و برای چوب‌های سوزنی برگ بین ۱۳ تا ٤۳ کیلوژول بر مول است (حیدری گرجی، ۱۳۸۷).

۱-۲-۵- تصعید انواع گازها و بخارات

در حرارت‌های کم (تا ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد) منحصراً بخار آب از چوب خارج می‌شود که به شکل دود سفیدی در فضا پراکنده می‌شود. پس از این مرحله گاز کربنیک و اکسید کربن از چوب خارج شده و کمی قطران که گازهای اسیدی نیز در آن‌ها موجود است. در این هنگام گازهای مونوکسیدکربن و دی‌اکسیدکربن حداکثر خود را دارا هستند (تا ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد). از مقدار گازهای مذکور حدود ۳۰ درصد آن گاز قابل اشتعال مونوکسید کربن و بقیه دی‌اکسیدکربن است. از این حد به بعد مقدار دی‌اکسیدکربن کاهش یافته و مونوکسیدکربن زیادتر شده و مقادیری متان و استیلن نیز متصاعد می‌شوند. از حرارت ۳۵۰ درجه به بعد تقریباً کلیه گازهای حاصل از چوب آتش‌گیر بوده و تدریجاً هیدروژن نیز متصاعد می‌شود و از حرارت ٤٥٠ درجه به بعد (تا ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد) گاز اخیر به حداکثر می‌رسد (پارساپژوه، ١٣٨٦).

۱-۲-٦- خاکستر چوب

چوب پس از سوختن مقداری خاکستر از خود باقی می‌گذارد که تقریباً مقدارش به ۱ درصد می‌رسد و در مقایسه با انواع ذغال سنگ‌ها که دارای ۵ تا ۱۵ درصد خاکستر هستند، قابل اغماض است (پارساپژوه، ١٣٨٦).

انتشار گرما، گسترش شعله، تولید دود و محصولات سمی و خورنده، اغلب در شروع آتش‌سوزی وجود دارند که این خصوصیات، برای ارزیابی خطر آتش سوزی و سهولت کنترل آتش و خاموش کردن باید به دقت کنترل شوند. هیچ راهی برای جلوگیری از عواملی که رخ می‌دهد وجود ندارد، تنها راهی که می‌توان انجام داد این است که توسعه آتش را به تأخیر انداخت و کاهش داد به طوری که مصرف کنندگان قبل از اینکه آتش غیر قابل کنترل شود، زمان کافی برای فرار داشته شوند. تیمار چوب و فرآورده‌های آن با کندسوزکننده‌ها یکی از موثرترین راه‌ها برای جلوگیری از وقوع چنین حوادثی است. تیمار چوب و مواد مرکب چوب با کندسوزکننده‌ها ثابت کرده‌اند که در کاهش اشتعال موثر بوده‌اند (ایزران[1] و همکاران، ۲۰۱۱).

1- Izran