



دانشگاه آزاد اسلامی

واحد تهران جنوب

دانشکده تحصیلات تکمیلی

سمینار برای دریافت درجه کارشناسی ارشد “*M.Sc*”

مهندسی نساجی - شیمی نساجی و علوم الیاف

عنوان :

بررسی رفتار حرارتی پشم و ضد آتش کردن آن

استاد راهنما :

نگارش:

## فهرست مطالب

| صفحه  | عنوان  |
|---|--|
| ۱   | چکیده  |
| ۲   | مقدمه  |
| <b>فصل اول: کلیات</b>   |  |
| ۴   | ۱-۱- هدف                                     |
| ۴   | ۲-۱- پیشینه تحقیق                            |
| <b>فصل دوم: ساختار شیمیایی و فیزیکی الیاف پشم</b>                 |  |
| ۷   | ۱-۲- ساختار شیمیایی پشم                      |
| ۱۱  | ۱-۱-۲- شکل ملکولی و فشردگی و تراکمشان در پشم |
| ۱۳  | ۲-۲- ساختار فیزیکی پشم                       |
| <b>فصل سوم: بررسی رفتار حرارتی پشم اصلی و پشم اصلاح شده</b>       |  |
| ۲۰  | ۱-۳- رفتار حرارتی پشم                        |
| ۲۰  | ۲-۳- آنالیز ترمومکانیکی نخهای پشمی مرینوس    |
| ۲۲  | ۱-۲-۳- عملیات سایشی                          |
| ۲۲  | ۲-۲-۳- TMA                                   |
| ۲۳  | ۳-۲-۳- TGA                                   |
| ۲۳  | ۴-۲-۳- DSC                                   |
| ۲۳  | ۳-۳- نتایج نخهای پشمی اصلی                   |
| ۲۸  | ۴-۳- نتایج الیاف ساییده شده                  |
| ۲۹  | ۵-۳- نتایج                                   |
| <b>فصل چهارم: مشخص کردن آنالیز حرارتی الیاف کراتینی اصلاح شده</b> |  |
| ۳۱  | ۱-۴- مقدمه                                   |
| ۳۳  | ۲-۴- مواد و روشهای بکار رفته                 |
| ۳۴  | ۳-۴- نتایج حاصله                             |
| <b>فصل پنجم: تکمیل مقاومت در برابر آتش</b>                        |  |
| ۴۲  | ۱-۵- مقدمه                                   |
| ۴۳  | ۲-۵- تئوری سوختن                             |
| ۴۵  | ۳-۵- مقاوم کننده در برابر شعله               |
| ۴۵  | ۱-۳-۵- مکانیزم Feedback                      |
| ۴۷  | ۲-۳-۵- شکل گیری خاکستر                       |
| ۴۷  | ۱-۲-۳-۵- واکنشهای منجر به شکل گیری خاکستر    |

- ۴۷.....۵-۳-۲-۱-۱-واکنش کلی
- ۴۸.....۵-۳-۲-۱-۲-مکانیسم
- ۴۸.....۵-۳-۳-چگونگی عملکرد عناصر معین
- ۴۸.....۵-۳-۳-۱-بور
- ۴۹.....۵-۳-۳-۲-فسفر و نیتروژن
- ۴۹.....۵-۳-۳-۳-هالوژنها

### فصل ششم: مقاومت در برابر شعله لیف پشم

- ۵۲.....۶-۱-مقدمه
- ۵۷.....۶-۲-حمام تکمیل‌های رمق کشی
- ۵۷.....۶-۲-۱-کلرندیک اسید و تترا بروموفتالیک انیدرید
- ۵۷.....۶-۲-۲-ترکیبات تیتانیوم
- ۵۷.....۶-۲-۳-هگزا فلئوروزیرکونات

### فصل هفتم: ضد آتش کردن پشم و مطالعه رفتار حرارتی آن

- ۶۰.....۷-۱-ضد آتش کردن پشم با مشتقات فسفر
- ۶۰.....۷-۲-مواد
- ۶۱.....۷-۳-آنالیز حرارتی
- ۶۱.....۷-۴-اسپکترومتری مادون قرمز
- ۶۱.....۷-۵-نتایج حاصله

### فصل هشتم: ضد آتش کردن پشم با عملیاتی Zirpro

- ۶۶.....۸-۱-مقدمه
- ۶۶.....۸-۲-مواد
- ۶۷.....۸-۳-آماده سازی مواد ضد آتش کننده
- ۶۷.....۸-۴-ضد آتش کردن پشم
- ۶۷.....۸-۵-اسپکترومتری مادون قرمز
- ۶۷.....۸-۶-شاخص اکسیژن معین (LOI)
- ۶۸.....۸-۶-۱-محاسبه
- ۶۸.....۸-۷-آنالیز حرارتی
- ۶۸.....۸-۸-نتایج حاصله

### فصل نهم: خصوصیات ضد آتش و سوختن سیستم‌های لیف مخلوط

- ۷۵.....۹-۱-مقدمه
- ۷۵.....۹-۲-مواد ضد آتش کننده و تاثیرات آنها

## فصل دهم: مواد خود پف کننده مقاوم کننده در برابر شعله

- ۱۰-۱- مروری بر مواد intumescence ..... ۸۲
- ۱۰-۲- عملکرد مواد خود پف کننده ..... ۸۳
- ۱۰-۳- نتایج ..... ۸۵

## فصل یازدهم: نتیجه گیری و پیشنهادات

- نتیجه گیری ..... ۸۷
- پیشنهادات ..... ۸۸
- فهرست منابع فارسی ..... ۸۹
- فهرست منابع انگلیسی ..... ۹۰
- چکیده انگلیسی ..... ۹۱

## فهرست جداول

| عنوان   | صفحه |
|---|------|
| <b>فصل دوم:</b>   |      |
| جدول ۱-۲- گروه‌های جانبی در الیاف پروتئینی.....   | ۸    |
| <b>فصل سوم:</b>   |      |
| جدول ۱-۳- انتقال حرارتی پشم مرینوس اصلی اندازه‌گیری شده بوسیله TMA و DSC.....   | ۲۵   |
| جدول ۲-۳- جدول ذخیره و ضریب انبساط آبی قبل از اولین و دومین انتقال در نخهای پشمی.....   | ۲۶   |
| <b>فصل چهارم:</b>   |      |
| جدول ۱-۴- باندهای جذبی آمید (I) پشم عمل شده و عمل نشده.....   | ۳۹   |
| <b>فصل پنجم:</b>  |      |
| جدول ۱-۵- پارامترهای شعله‌وری برای الیاف.....   | ۴۴   |
| <b>فصل ششم:</b>   |      |
| جدول ۱-۶- نتایج مربوط به خواص شعله‌وری بعضی الیاف.....  | ۵۵   |
| <b>فصل هفتم:</b>  |      |
| جدول ۱-۷- خواص حرارتی پشم با و بدون عملیات کند کنندگی آتش.....  | ۶۲   |
| <b>فصل هشتم:</b>  |      |
| جدول ۱-۸- خواص حرارتی دومین پروسه پیرولیز پشم عمل شده و عمل نشده.....   | ۷۰   |
| جدول ۲-۸- خواص حرارتی پشم عمل شده و عمل نشده.....   | ۷۱   |
| <b>فصل نهم:</b>   |      |
| جدول ۱-۹- تأثیرات مواد محتوی تنگستن و تیتانیوم بر روی خصوصیات ضد آتش کنندگی مواد تشکیل‌دهنده از لیف مخلوط پشم و اسپاندکس..... | ۷۷   |
| جدول ۲-۹- مقایسه درجه تاثیر محتوای فلزی ضد آتش کننده بر روی پارچه بافته شده از لیف مخلوط پشم و فنیلون.....                    | ۷۷   |
| جدول ۳-۹- نتایج TGA پارچه و الیاف ضد آتش شده.....   | ۷۸   |
| جدول ۴-۹- نتایج SPGC پارچه ضد آتش شده تشکیل شده از لیف مخلوط پشم و اسپاندکس.....  | ۷۸   |
| <b>فصل دهم:</b>   |      |
| جدول ۱-۱۰- مقایسه تغییرات مورفولوژیکی وابسته به دما.....  | ۸۵   |

**فصل دوم:**

- شکل ۱-۲- ساختار کلی آمینو اسید ..... ۷
- شکل ۲-۲- شکل‌گیری پلی پپتید بوسیله برهم کنش آمینو اسیدها ..... ۹
- شکل ۳-۲- پیوندهای موجود در پشم ..... ۹
- شکل ۴-۲- رفتار آمفوتری پشم ..... ۱۰
- شکل ۵-۲- اتصال عرضی در کراتین ..... ۱۱
- شکل ۶-۲- ساختار مارپیچی  $\alpha$  کراتین ..... ۱۳
- شکل ۷-۲- شمایی از لیف پشم ..... ۱۴
- شکل ۸-۲- تصویر SEM از لیف پشم ..... ۱۵
- شکل ۹-۲- شمایی از لیف پشم که سلولهای کوتیکل و کراتیکال را نشان می‌دهد ..... ۱۶
- شکل ۱۰-۲- تصویر SEM نشان دهنده فیبریلی شدن لیف در امتداد سلولهای کراتیکال در اثر سایش ..... ۱۷
- شکل ۱۱-۲- دیاگرام نشان دهنده نسبت بین بخشهای ارتو و پارا و تجعد در لیف مرینوس ..... ۱۷

**فصل سوم:**

- شکل ۱-۳- پیرولیز پشم ..... ۲۰
- شکل ۲-۳- (a) منحنیهای TMA نخهای تار پشم اصلی در  $0/3$  و  $6$  مگا پاسکال. (b) منحنی میانگین انبساط در  $0/3$  مگا پاسکال و نمودار مشتق اول مرتبط با ضریب انبساط فوری  $\alpha$  ..... ۲۴
- شکل ۳-۳- منحنی TG لیف پشم مرینوس و لیف پشم ساییده شده ..... ۲۶
- شکل ۴-۳- منحنی DSC لیف پشم مرینوس و لیف پشم ساییده شده ..... ۲۷
- شکل ۵-۳- تصویر SEM (a) لیف اصلی (b) لیف پشم مرینوس ساییده شده ..... ۲۷

**فصل چهارم:**

- شکل ۱-۴- پشم عمل نشده، دید طولی (SEM $\times$ 1000) ..... ۳۴
- شکل ۲-۴- پشم عمل شده، دید طولی (SEM $\times$ 1000) ..... ۳۵
- شکل ۳-۴- دید طولی موهر (SEM $\times$ 1000) ..... ۳۵
- شکل ۴-۴- مقطع عرضی پشم عمل شده (TEM $\times$ 5000) ..... ۳۵
- شکل ۵-۴- مقطع عرضی پشم عمل شده ..... ۳۶
- شکل ۶-۴- رفتار تنشی پشم عمل شده و پشم عمل نشده ..... ۳۶
- شکل ۷-۴- منحنی قالب منطقه امید (I) پشم عمل نشده ..... ۳۸
- شکل ۸-۴- منحنی قالب منطقه امید (I) پشم عمل شده ..... ۳۹
- شکل ۹-۴- DSC موهر، پشم عمل نشده و پشم عمل شده ..... ۳۹
- شکل ۱۰-۴- DSC و مشتق مرتبه دوم ..... ۴۰

## فصل پنجم:

شکل ۵-۱- مکانیزم Feedback سوختن ..... ۴۶

## فصل ششم:

شکل ۶-۱- مثلث آتش ..... ۵۲

شکل ۶-۲- شکل سخت‌سوزی پشم ..... ۵۳

شکل ۶-۳- پف کردن و اسفنجی شدن پشم بیشتر از سوختن ..... ۵۶

## فصل هفتم:

شکل ۷-۱- آنالیز حرارتی پشم، نرخ گرمایی  $10 \text{ min}^{-1}$  ..... ۶۲

شکل ۷-۲- FTIR پشم عمل نشده ..... ۶۳

شکل ۷-۳- FTIR پشم عمل شده ..... ۶۴

## فصل هشتم:

شکل ۸-۱- نمونه ثبت شده منحنی DTA-TG در هوا ..... ۶۹

شکل ۸-۲- مقایسه منحنی DTA پشم خالص و عمل شده (نمونه III) ..... ۶۹

شکل ۸-۳- مقایسه منحنی TG پشم خالص و پشم عمل شده (نمونه III) ..... ۷۰

شکل ۸-۴- تغییرات حرارتی در طیف FTIR لیف پشم خالص ..... ۷۱

شکل ۸-۵- تغییرات حرارتی در طیف FTIR لیف پشم عمل شده با ۰/۰۶٪،  $\text{K}_2\text{TiF}_6$  و محلول اسید

مالوئیک ..... ۷۲

## فصل نهم:

شکل ۹-۱- نمودار جدا شدن آب در تجزیه حرارتی پشم ..... ۷۹

شکل ۹-۲- نرخ تجزیه اکسایش حرارتی مواد و الیاف بررسی شده ..... ۷۹

## فصل دهم:

شکل ۱۰-۱- نمایش شماتیک نمودار درصد متفاوت جرم باقیمانده پشم ترکیب شده با ماده خود پف

کننده ..... ۸۳

شکل ۱۰-۲- نتیجه پروسه تشکیل خاکستر پشم عمل شده با ماده خود پف کننده ..... ۸۴

شکل ۱۰-۳- نمایش شماتیک تغییرات مورفولوژیکی رخ داده در طی حرارت دادن ..... ۸۴

## چکیده:

پشم یک لیف پروتئینی می باشد که از آمینو اسیدهای مختلفی که توسط گروه پیتیدی به هم متصل شده اند تشکیل شده است .

بطور عادی در مواجهه شدن با الیاف نساجی ، پشم مقاومترین لیف در برابر شعله است . خاصیت مقاومت بالای پشم در برابر شعله مربوط به محتوای نیتروژن نسبتا بالا ی پشم (16٪) ، دمای احتراق بالا (۶۰۰-۵۷۰ درجه سانتیگراد) ، حرارت سوختن پایین (۲۰/۵Kj/g) ، دمای شعله پایین (۶۸۰ درجه سانتیگراد) ، LOI بالا (۲۸-۲۵٪) ، محتوای رطوبت بالا (۱۴-۱۰٪) و شکل گیری خاکستر خود عایقی که از انتشار شعله جلوگیری می کند ، می باشد. با توسعه علم و تکنولوژی و بهبود و ترقی استانداردهای زندگی ، بهبود و توسعه مقاومت در برابر شعله طبیعی پشم مورد توجه محققین قرار گرفت . استفاده از ترکیبات زیرکونیوم بعلت خواص منحصر بفرد آنها برای افزایش مقاومت در برابر آتش لیف پشم ، برای پوشش دادن استانداردها توسعه یافته است .

عملیاتهای Zirpro بر پایه رمل کشتی نمکهای زیرکونیوم یا تیتانیوم شارژ منفی شده ، در شرایط اسیدی، بوسیله شارژ مثبت پشم جذب می شوند . این نتایج فقط با رسوب ۳٪ از ماده مقاوم کننده در برابر شعله داخل لیف با تاثیر جزئی بر خواصی همچون زبردست حاصل می شود. این پروسهها ثابت و بیشتر پیوند عرضی با ساختار پروتئینی دارند. مزیت این پروسه بی رنگی، عوض نکردن خواص طبیعی پشم، همچون زبردست، جذب آب و تمایل به رسوب (قرار گرفتن) نزدیک سطح لیف است. این پروسهها همچنین تمایل به افزایش و قوی کردن تولید فوم عایق هنگام تجزیه حرارتی پشم دارند. پشم عمل شده با Zirpro دارای ثبات شستشویی و خشکشویی خوب است.