

سُبْحَانَكَ يَا عَزِيزُ



دانشکده فیزیک و مهندسی هسته ای

پایان نامه کارشناسی ارشد فیزیک پلاسما

بررسی تاثیر پارامترهای پلاسمای سرد بر روی خواص سطحی و شیمیایی چرم

نگارنده

مهسا بابائی

استاد راهنما

دکتر سید ایمان حسینی

مهر ۱۳۹۹

تقدیم بہ

مقدس ترین واژه ہا در لغت نامہ دلم، مادر مہربانم کہ زندگیم را بدیون مہر و عطوفت آن می دانم

پدر مہربانی مشفق، بردبار و حامی

ہمسرم کہ نشانہ لطف الہی در زندگی من است

خواہرانم ہمراہان، ہمیشگی و پشتوانہ ہی زندگیم

پاس خدای بزرگ را که مریاری رساند تا بتوانم این مقطع تحصیلی را به پایان رسانده و کامی در راستای اعتلای علم بردارم. از
استاد راهنمای که تقدرم جناب آقای دکتر سید ایمان حسینی که وجودشان همیشه قوتی برای انجام کارهایم بوده است و بدون شک
انجام این پایان نامه بدون کمک و راهنمایی های ارزنده ایشان امکان پذیر نبوده است، کمال تشکر را دارم.

از دوستان عزیزم که همراهم همیشه من بوده اند و اوقات خوشی را در کنار هم سپری کرده ایم، تقدیر و تشکر دارم.

از پدر و مادر عزیز و مهربانم به خاطر زحمتی که در طول زندگی همواره برای پیروزی و شادکامی من به جان خریدند تشکر می کنم. از
همسر عزیزم به خاطر بخاری ها و دلگرمی هایش تشکر می کنم.

تهدنامه

اینجانب مهسا بابائی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته فیزیک پلاسما دانشکده فیزیک و مهندسی

هسته‌ای دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان‌نامه بررسی تاثیر پارامترهای پلاسمای سرد بر روی

خواص سطحی و شیمیایی چرم تحت راهنمایی جناب دکتر سید ایمان حسینی متعهد می‌شوم.

- تحقیقات در این پایان‌نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهش‌های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان‌نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان‌نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان‌نامه رعایت می‌گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافت‌های آن‌ها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم‌افزارها و تجهیزات ساخته شده‌است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود. استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان‌نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

در این پایان‌نامه از پلاسمای قوس لغزان و پلاسمای DBD برای پردازش سطح چرم طبیعی به منظور افزایش آب‌دوستی استفاده شده است. پلاسمای قوس لغزان و پلاسمای DBD در فشار اتمسفری کار می‌کنند و نیاز به تجهیزات گران قیمت خلا را ندارند. همچنین دارای امکان پردازش مستمر و یکنواخت سطح را نیز دارند. نمونه‌ها با پلاسمای هوا و پلاسمای بخار آب پردازش شدند. خواص سطح چرم‌های تحت پردازش با میکروسکوپ الکترونی روبشی مشخص شد. آب‌دوستی سطح با زاویه تماس آب، زمان جذب و ظرفیت جذب تجزیه و تحلیل شد. نتایج زاویه تماس نشان داد که پس از پردازش، زاویه تماس نمونه‌ها کاهش پیدا کرده و سطح چرم آب‌دوست شده است. اثر پردازش پلاسما بر خواص مکانیکی چرم با استفاده از روش اندازه‌گیری استحکام کششی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد که تکنولوژی پلاسما می‌تواند نیازهای صنعت چرم از جمله توانایی بالا، سادگی فنی و اقتصاد مورد نیاز را فراهم کند.

کلمات کلیدی: چرم طبیعی، پلاسمای قوس لغزان، پلاسمای DBD، آب‌دوستی، پردازش، سطح اصلاح شده

فهرست مطالب

فصل اول: معرفی انواع چرم، انواع پلاستیک و کاربرد آن بر روی سطح چرم

۱-۱ مقدمه	۲
۲-۱ مراحل تولید و پردازش چرم	۲
۳-۱ انواع چرم	۴
۱-۳-۱ انواع چرم از پوست خام حیوانات مختلف	۶
۴-۱ پلاستیک	۸
۵-۱ تعریف پلاستیک	۹
۶-۱ طبقه‌بندی پلاستیک	۹
۱-۶-۱ طبقه‌بندی با دما	۹
۱-۱-۶-۱ پلاستیک با تعادل ترمودینامیکی کلی	۱۰
۲-۱-۶-۱ پلاستیک که در تعادل ترمودینامیکی موضعی نیست	۱۰
۳-۱-۶-۱ پلاستیک که در تعادل ترمودینامیکی موضعی است	۱۱
۲-۶-۱ طبقه‌بندی با فشار	۱۱
۱-۲-۶-۱ پلاستیک‌های خلا	۱۱
۲-۲-۶-۱ پلاستیک‌های فشار متوسط	۱۱
۳-۲-۶-۱ پلاستیک‌های فشار اتمسفری	۱۱
۳-۶-۱ طبقه‌بندی بر اساس روش تولید	۱۲

۱-۳-۶-۱	تخلیه تابان	۱۲
۱-۳-۶-۲	تخلیه سد دی الکتریک (DBD)	۱۴
۱-۳-۶-۳	تخلیه ی کرونا	۱۴
۱-۳-۶-۴	قوس لغزان	۱۵
۱-۷-۷	اصلاح سطوح مختلف با پلاسما	۱۶
۱-۷-۱	فعال سازی سطح	۱۷
۱-۷-۲	تمیز کردن	۱۷
۱-۷-۳	حکاکی	۱۷
۱-۷-۴	پیوندزنی	۱۷
۱-۷-۵	اتصال عرضی	۱۸
۱-۷-۶	پلیمریزاسیون	۱۸
۱-۷-۸	مزایای پلاسما	۱۸
۱-۹-۹	اثرات کاربرد پلاسما بر روی سطح چرم	۲۰
۱-۹-۱	کاربرد پلاسما برای بهبود در آب دوستی	۲۱
۱-۹-۲	کاربرد پلاسما برای بهبود در آبگریزی	۲۲
۱-۹-۳	کاربرد پلاسما برای افزایش جذب رنگ	۲۳
۱-۹-۴	کاربرد پلاسما برای اثر ضد باکتری	۲۴

فصل دوم: مروری بر برخی از روش های تشخیصی با بی بی

۲-۱ مقدمه	۲۶
۲-۲ آنالیز تنش- کرنش	۲۶
۲-۳ آنالیز SEM	۲۸
۲-۴ آنالیز FTIR-ATR	۳۰
۲-۵ آنالیز رنگ سنجی	۳۲
۲-۶ طیف سنجی گسیل اپتیکی	۳۴

فصل سوم: جزئیات مراحل و چیدمان آزمایشگاهی

۳-۱ مقدمه	۴۰
۳-۲ تجهیزات مورد استفاده	۴۰
۳-۲-۱ دستگاه قوس لغزان	۴۰
۳-۲-۲ دستگاه DBD	۴۳
۳-۲-۳ نبولایزر	۴۴
۳-۳ آماده سازی نمونه ها	۴۵
۳-۴ روش کار	۴۵
۳-۵ اندازه گیری زاویه تماس	۴۶
۳-۶ زمان جذب	۴۷

۷-۳ ظرفیت جذب ۴۷

۸-۳ آنالیز تنش-کرنش ۴۸

۹-۳ میکروسکوپ الکترونی روبشی ۴۹

۱۰-۳ طیف‌سنجی FTIR-ATR ۴۹

۱۱-۳ آنالیز رنگ ۴۹

۱۲-۳ طیف‌سنجی گسیل اپتیکی ۴۹

۱۳-۳ محاسبه‌ی دما ۵۰

۱۴-۳ محاسبه‌ی چگالی ۵۰

فصل چهارم: بحث و نتایج مربوط به پروازش جرم

۱-۴ مقدمه ۵۴

۲-۴ آب‌دوستی سطح ۵۴

۳-۴ زمان جذب ۵۹

۴-۴ ظرفیت جذب ۶۲

۵-۴ آنالیز تنش-کرنش ۶۴

۶-۴ میکروسکوپ الکترونی روبشی ۶۶

۷-۴ طیف‌سنجی FTIR-ATR ۶۹

۸-۴ آنالیز رنگ ۷۲

۹-۴ طیف‌سنجی گسیل ایتیکی ۷۶

۱۰-۴ محاسبه‌ی دما ۸۰

۱۱-۴ محاسبه‌ی چگالی ۸۵

فصل پنجم: جمع‌بندی، نتیجه‌گیری و پیشنهادات برای پژوهش‌های آینده

۱-۵ نتیجه‌گیری ۸۸

۲-۵ پیشنهادات برای پژوهش‌های آینده ۸۹

مراجع ۹۰

فهرست شکل‌ها

شکل ۱-۱: قسمت‌های مختلف پوست خام ۵

شکل ۲-۱: تولید پلاسما ۹

شکل ۳-۱: نواحی مختلف تخلیه تابان ۱۳

شکل ۴-۱: تخلیه سد دی الکتریک ۱۴

شکل ۵-۱: تخلیه‌ی کرونا ۱۵

شکل ۶-۱: گلایدینگ آرک ۱۶

شکل ۱-۲: دستگاه تست کشش موسسه اندیشه برتر میران ۲۸

شکل ۲-۲: دستگاه SEM دانشگاه شهید بهشتی ۳۰

شکل ۳-۲: دستگاه FTIR-ATR دانشگاه تهران ۳۲

- شکل ۴-۲: دستگاه هانتربل دانشگاه تربیت مدرس ۳۴
- شکل ۵-۲: طیف سنج گسیل اپتیکی دانشگاه صنعتی شاهرود ۳۷
- شکل ۱-۳: نمایی از دستگاه قوس لغزان ۴۲
- شکل ۲-۳: شعله‌ی قوس لغزان ۴۲
- شکل ۳-۳: نمایی از دستگاه DBD ۴۳
- شکل ۴-۳: شعله‌ی DBD ۴۴
- شکل ۵-۳: نبولایزر ۴۵
- شکل ۶-۳: کمپرسور هوا ۴۶
- شکل ۷-۳: سرنگ هامیلتون ۴۷
- شکل ۸-۳: ترازوی دیجیتال ۴۸
- شکل ۱-۴: قطرات آب برای نمونه پردازش شده با پلاسمای قوس لغزان هوا برای (الف) ۵ ثانیه، (ب) ۳۰ ثانیه و (ج) ۵ دقیقه ۵۵
- شکل ۲-۴: قطرات آب برای نمونه پردازش شده با پلاسمای قوس لغزان بخار آب برای (الف) ۵ ثانیه، (ب) ۳۰ ثانیه و (ج) ۵ دقیقه ۵۵
- شکل ۳-۴: قطرات آب برای نمونه پردازش شده با پلاسمای DBD هوا برای (الف) ۵ ثانیه، (ب) ۳۰ ثانیه و (ج) ۵ دقیقه ۵۵
- شکل ۴-۴: قطرات آب برای نمونه پردازش شده با پلاسمای DBD بخار آب برای (الف) ۵ ثانیه، (ب) ۳۰ ثانیه و (ج) ۵ دقیقه ۵۶
- شکل ۵-۴: اندازه‌گیری زاویه تماس ۵۶
- شکل ۶-۴: زاویه تماس آب برای نمونه‌های پردازش شده با پلاسمای قوس لغزان (الف) هوا (ب) بخار آب ۵۶

۵۷	
۵۸	شکل ۷-۴: زاویه تماس آب برای نمونه‌های پردازش شده با پلاسمای DBD (الف) هوا (ب) بخار آب.....
۶۰	شکل ۸-۴: زمان جذب آب برای نمونه‌های پردازش شده با پلاسمای قوس لغزان (الف) هوا (ب) بخار آب.....
۶۱	شکل ۹-۴: زمان جذب آب برای نمونه‌های پردازش شده با پلاسمای DBD (الف) هوا (ب) بخار آب.....
۶۳	شکل ۱۰-۴: ظرفیت جذب برای نمونه پردازش نشده، نمونه‌های پردازش شده با پلاسمای قوس لغزان هوا و بخار آب.....
۶۳	شکل ۱۱-۴: ظرفیت جذب برای نمونه پردازش نشده، نمونه‌های پردازش شده با پلاسمای DBD هوا و بخار آب.....
۶۵	شکل ۱۲-۴: نمودار تنش-کرنش چرم طبیعی برای نمونه پردازش نشده، نمونه‌های پردازش شده با پلاسمای قوس لغزان هوا و بخار آب.....
۶۵	شکل ۱۳-۴: نمودار تنش-کرنش چرم طبیعی برای نمونه پردازش نشده، نمونه‌های پردازش شده با پلاسمای DBD هوا و بخار آب.....
۶۷	شکل ۱۴-۴: ریخت‌شناسی سطح چرم طبیعی (الف) نمونه پردازش نشده، پردازش شده با پلاسمای قوس لغزان (ب) هوا (ج) بخار آب.....
۶۸	شکل ۱۵-۴: ریخت‌شناسی سطح چرم طبیعی (الف) نمونه پردازش نشده، پردازش شده با پلاسمای DBD (ب) هوا (ج) بخار آب.....
۷۱	شکل ۱۶-۴: طیف FTIR-ATR چرم طبیعی برای نمونه پردازش نشده، نمونه‌های پردازش شده با پلاسمای قوس لغزان هوا و بخار آب.....
۷۱	شکل ۱۷-۴: طیف FTIR-ATR چرم طبیعی برای نمونه پردازش نشده، نمونه‌های پردازش شده با

پلاسمای DBD هوا و بخار آب ۷۱

شکل ۴-۱۸: مقادیر اختلاف رنگی نمونه‌های پردازش نشده و پردازش شده با پلاسمای قوس لغزان هوا ۷۴

شکل ۴-۱۹: مقادیر اختلاف رنگی نمونه‌های پردازش نشده و پردازش شده با پلاسمای قوس لغزان بخار آب ۷۴

شکل ۴-۲۰: مقادیر اختلاف رنگی نمونه‌های پردازش نشده و پردازش شده با پلاسمای DBD هوا ۷۵

شکل ۴-۲۱: مقادیر اختلاف رنگی نمونه‌های پردازش نشده و پردازش شده با پلاسمای DBD بخار آب ۷۵

شکل ۴-۲۲: نمودار طیف گسیل اپتیکی پلاسما برای پلاسمای قوس لغزان (الف) هوا (ب) بخار آب ۷۸

شکل ۴-۲۳: نمودار طیف گسیل اپتیکی پلاسما برای پلاسمای DBD (الف) هوا (ب) بخار آب ۷۹

شکل ۴-۲۴: نمودار بولتزمن پلاسمای قوس لغزان هوا ۸۳

شکل ۴-۲۵: نمودار بولتزمن پلاسمای قوس لغزان بخار آب ۸۳

شکل ۴-۲۶: نمودار بولتزمن پلاسمای DBD هوا ۸۴

شکل ۴-۲۷: نمودار بولتزمن پلاسمای DBD بخار آب ۸۴

فهرست جدول‌ها

جدول ۱-۱: مزایای پلاسما نسبت به روش‌های مرسوم صنعت چرم ۲۰

جدول ۴-۱: مقادیر مختصات رنگی CIELAB نمونه‌های پردازش نشده، پردازش شده با پلاسمای هوا و بخار آب چرم طبیعی ۷۲

جدول ۴-۲: مقادیر اختلاف رنگی نمونه‌های پردازش نشده، پردازش شده با پلاسمای هوا و بخار آب چرم طبیعی ۷۳

جدول ۴-۳: قله‌های نمونه‌های شناخته شده در پلاسمای قوس لغزان هوا و بخار آب ۷۷

جدول ۴-۴: قله‌های نمونه‌های شناخته شده در پلاسمای DBD هوا و بخار آب ۷۷

جدول ۴-۵: اطلاعات گونه‌های نیتروژن جهت اندازه‌گیری دمای پلاسمای قوس لغزان هوا ۸۰

جدول ۴-۶: اطلاعات گونه‌های نیتروژن جهت اندازه‌گیری دمای پلاسمای قوس لغزان بخار آب ۸۰

جدول ۴-۷: اطلاعات گونه‌های نیتروژن جهت اندازه‌گیری دمای پلاسمای DBD هوا ۸۱

جدول ۴-۸: اطلاعات گونه‌های نیتروژن جهت اندازه‌گیری دمای پلاسمای DBD بخار آب ۸۲

فصل اول

معرفی انواع چرم، انواع پلاستیک و کاربرد آن بر روی سطح چرم

۱-۱ مقدمه

از روزگاران قدیم تا به امروز، استفاده از چرم برای تولید لباس، کفش، کیف و ... مرسوم بوده است. از زمانی که بشر زندگی خود را روی کره خاکی شروع کرد، همواره به دنبال پیدا کردن روشی برای حفظ خود از سرما و گرما و سایر عوامل طبیعی بوده است. یکی از راههایی که انسان‌های اولیه برای گرم نگه داشتن خود به کار می‌بردند، استفاده از پوست حیوانات بود.

۱-۲ مراحل تولید و پردازش چرم^۱

دباغی پوست خام جانوران به ویژه گاو در صنعت تولید چرم منجر به تولید محصولی به نام چرم می‌شود. فرایند دباغی، پوست فسادپذیر را به یک ماده طبیعی پایدار، دائمی و انعطاف‌پذیر برای کاربردهای گوناگون تبدیل می‌کند. پوست از نظر شیمیایی پلیمری است از اسیدهای آمینه که آن‌ها را اصطلاحاً پروتئین می‌نامند. اسیدهای آمینه از طریق پیوندهای پپتیدی به راحتی می‌توانند تحت تأثیر میکروارگانیسم و عوامل بیرونی دیگر قرار گیرند. در این صورت زنجیر پروتئین گسسته شده و پوست کیفیت طبیعی خود را از دست خواهد داد. از این رو برای جلوگیری از هجوم و نفوذ میکروارگانیسم‌ها و عوامل مؤثر بیرونی در پوست باید تغییراتی بر روی آن به وجود آورد.

از روش‌های نگهداری پوست می‌توان به خشک کردن در هوا، نگهداری با نمک، نگهداری با آب نمک و نگهداری با اسید اشاره کرد. بعد از مرحله نگهداری چرم، فرآیند تر آغاز می‌شود که مرحله‌ای از دباغی است که پوست از انبار خام بیرون آورده شده و آماده دباغی می‌گردد. این مرحله پوست را برای مراحل بعدی آماده می‌کند و در حوضچه‌های چوبی یا سیمانی انجام می‌شود. در مرحله موزدایی تلاش بر آن است که پیاز مو و باقی‌مانده مو زدوده شده و سطح پوست صاف گردد، پوست متورم شود تا پروتئین‌های کروی

^۱ Leather

آن حل شده و از لابلای الیاف پوست خارج شود. همچنین محصول نهایی به واسطه اثر آهک دارای لطافت مناسبی باشد.

مرحله لَش‌زدایی تمامی بافت‌های غیرضروری پوست حذف می‌شود که در سطح درونی و گوشتی پوست وجود دارد و به طور معمول پس از مرحله آهک‌دهی انجام می‌گردد. هنگام لَش‌زدایی پوست با کارد باید کاملاً توجه داشت که به پوست آسیبی وارد نشود و سطح گوشتی پوست به قدری تراشیده نشود که ریشه‌های مو نمایان شود. به منظور دباغی با مواد گیاهی از قسمت‌های مختلف گیاه یعنی پوست، تنه، برگ، شاخه، میوه و ریشه گیاهان می‌توان استفاده کرد. از جمله آن‌ها می‌توان پوست درخت صنوبر، کاج، بلوط، اقاقای استرالیایی، بادام هندی، سماق، فندق و کائوچو را نام برد. برای تهیه عصاره یا جوهر دباغی، مواد مذکور را با روش‌های ویژه در آب خیس می‌دهند. در این عمل مواد جامد و مواد محلول برای دباغی به دست می‌آید. به مواد جامد نیز مقداری بی‌سولفیت سدیم اضافه می‌کنند تا این مواد را حل کند.

این تغییرات که شامل محدود شدن جذب آب، جلوگیری از تورم، باز و حل شدن و مقاومت در برابر مواد شیمیایی است، نباید ماهیت اصلی پوست را تغییر دهد و در عین حال آن را به یک فرآورده پردازش شده و ارزشمند تبدیل می‌کند. به مجموعه این عملیات در صنعت تولید چرم، دباغی پوست می‌گویند. چرم سازی یا دباغی فرآیند آماده‌سازی و پرداخت پوست حیوانات برای تبدیل آن به چرم است.

در روش‌های دباغی با مواد شیمیایی، دباغی با نمک‌های کروم منشا معدنی داشته و برای پوست‌های سبک کارایی دارد. برای تهیه مواد دباغی با کروم از سنگ معدن کرومیت (متشکل از ۶۸٪ اکسید کروم (III) و ۳۲٪ اکسید آهن (II)) استفاده می‌شود. دوام پوست دباغی شده با نمک کروم حدود سه برابر دوام پوست دباغی شده با مواد گیاهی است.

از آنجا که چرم از مواد پروتئینی تشکیل شده است، ماهیت شیمیایی الیاف آن به مقدار زیادی بر اثر

عمل دباغی تغییر می‌کند. از این رو بعد از خشک کردن آب موجود در چرم که ناشی از فرآیندهای دباغی است، فرآیندهایی مانند رنگرزی و روغن دهی چرم و پرداخت آن به عنوان مرحله نهایی انجام می‌شود.

برای این منظور، کارخانه‌های چرمی از مقادیر زیادی آب و مواد شیمیایی استفاده می‌کنند و مقادیر زیادی از فاضلاب و آلاینده‌ها را تولید می‌کنند. در چند سال اخیر به طور خاص، این مشکلات توسط فناوری‌های جدید مورد توجه بوده است. بنابراین، صنعت چرم نیاز به توسعه روش‌های جدیدی دارد که به محیط زیست آسیب نمی‌رساند [۱].

۳-۱ انواع چرم

انواع چرم را می‌توان به چند دسته مختلف مانند انواع برش، کیفیت چرم، درجه چرم، لایه‌های چرمی، انواع چرم حیوانات، انواع چرم با خز، حتی انواع چرم مصنوعی تقسیم کرد که تفاوت‌های عمده‌ای بین آن‌ها وجود دارد. آنچه به طور کلی به آن‌ها اشاره می‌شود حجم و لایه‌هایی از پوست خام اصلی است که هنوز در محصول نهایی وجود دارد. دانه‌های کامل، دانه‌های برتر، اصلی، چرم اشبالت و چرم با ترکیب جدید (چرم خشکی که رطوبت به آن افزوده شود و متعاقباً ذخیره گردد، تا بدین وسیله قابلیت آن بهبود یابد) است. چرم خام، پوستی است که از یک حیوان برداشته می‌شود. از آن جایی که این ماده طبیعی است، از خصوصیات منحصر به فردی برخوردار است.

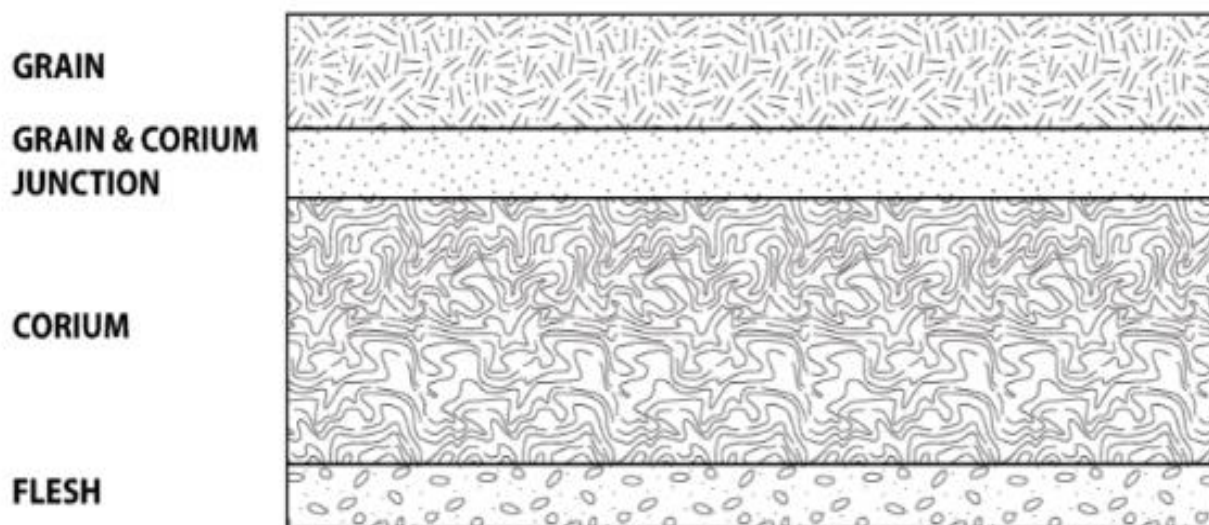
چرم خام از چند لایه تشکیل شده است: (شکل ۱-۱)

- دانه^۱: دانه بیرونی‌ترین سطح پوست چرم است. از الیاف محکم و متراکم تشکیل شده است. دانه لایه‌ای است که در معرض عناصر (هوا، باران، خورشید و ...) قرار دارد و معمولاً پس از برداشتن

^۱ Grain

موها بسیار قوی و صاف است.

- دانه و اتصال کوریم^۱: محل اتصال دانه و کوریم (لایه میانی پوست) در جایی است که لایه بیرونی و محکم چرم در الیاف شل شده کوریم مخلوط می شود.
- کوریم^۲: کوریم لایه‌ای در پوست‌های خام حیوانات است که عمدتاً از الیاف کلاژن تشکیل شده است. این‌ها سست‌تر از لایه دانه هستند؛ با این حال، این لایه برای تولید چرم بسیار قابل استفاده است. کوریم معمولاً ضخیم‌ترین لایه در پوست خام حیوانات است.
- گوشت حیوان^۳: گوشت، لایه‌ای از پوست است که عمدتاً از ماهیچه‌ها و بافت‌های چربی تشکیل شده است و برای مصارف نهایی چرم خیلی ارزشمند نیست.



شکل ۱-۱: قسمت‌های مختلف پوست خام [۱]

^۱ Grain and Corium junction

^۲ Corium

^۳ Flesh

۱-۳-۱ انواع چرم از پوست خام حیوانات مختلف

از پوست هر حیوان می‌توان چرم تولید کرد. در طول تاریخ، بسیاری از چرم‌ها در همه زمان‌ها، مناطق و با روش‌های مختلف ساخته شده‌اند. متداول‌ترین آن‌ها امروزه گاو، گوسفند، بز و خوک است که چرم گاو حدود ۶۷٪ از کل تولید سالانه چرم در سراسر جهان را تشکیل می‌دهد.

- گاوهای نر: گاوهای نر سطح بالاتری از تستوسترون و به طور کلی، پوست‌های خام ضخیم و سنگین دارند. چرم گاو نر برای مصارف چرمی ضخیم‌تر از قبیل کمربندهای سنگین و کفی‌های مخصوص نمایش و بوت مفید است. برای تولید مثل نژاد تعداد کمی گاو نر به عنوان گاو نگهداری می‌شوند، بنابراین مقادیر بسیار کمتری از چرم گاو نر معمولاً نسبت به انواع دیگر موجود است.
- گاوهای ماده: گاوهای ماده بسیار رایج و محبوب هستند. چرم گاو ماده یک چرم نرم و ضخیم است که برای بیشتر نیازهای چرمی مناسب است.
- گاوهای شیری: گاوهای شیری گاوهای ماده هستند که در درجه اول برای تولید شیر پرورش می‌یابند. پوست آن‌ها عموماً نرم و نازک است. این باعث می‌شود چرم برای کمربندهای سبک‌تر، کیف پول، لباس، اثاثیه یا لوازم داخلی عالی باشد.
- گوساله: گوساله‌ها، گاوهای جوان و نر هستند. پوست آن‌ها عموماً بسیار نازک و نرم است. این امر باعث می‌شود برای مصارف بهتر چرم مانند کیف پول، ساعت بند و لوازم جانبی چرمی کوچک‌تر از جمله کیف‌های دستی مفید باشد.
- خوک: چرم خوک بیشتر در چین تولید می‌شود. به دلیل سبک بودن پوست، در درجه اول در لباس مورد استفاده قرار می‌گیرد. چرم خوک حدود ۱۰٪ از کل تولید چرم در سراسر جهان را تشکیل می‌دهد.
- گوسفند: چرم گوسفند، که به آن پوست گوسفند نیز گفته می‌شود، محبوب است زیرا اغلب یک

طرف آن را به عنوان چرم و طرف دیگر آن را با پشم پوشانده است. پشم به طور طبیعی تعریق را از لباس پوشنده دور می‌کند. این باعث می‌شود در تمام طول سال آن را به عنوان یک چرم ایده‌آل برای استفاده در اثاثیه یا لوازم داخلی صندلی، کفش، دمپایی و چکمه استفاده شود. چرم گوسفند، حدود ۱۲٪ از کل تولید چرم در سراسر جهان را تشکیل می‌دهد.

- بز: چرم بز یک چرم بسیار نرم، قوی و بادوام است. اغلب در تولید کفش، چکمه، دستکش، فرش و کیف استفاده می‌شود. پوست‌ها انعطاف پذیر هستند و باعث ایجاد احساس راحتی می‌شوند. چرم بز و بچه (بز جوان) حدود ۱۱٪ از کل تولید چرم در سراسر جهان را تشکیل می‌دهد.
- اسب: چرم اسب معمولاً از قسمت باسن اسب ساخته شده است. چرم اسب بسیار ضخیم، صاف و متراکم است. برای کفش و دستکش بسیار عالی است. همچنین، در مقایسه با پوست خام گاوها، پوست باسن اسب یک مساحت نسبتاً کوچک را پوشش می‌دهند. به همین دلیل است که محصولات چرمی اسب معمولاً کالاهای کوچکی از جمله کفش، دستکش و لوازم جانبی کوچک هستند.
- چرم حیوانات غیر مرسوم: از آنجایی که چرم را می‌توان از هر حیوانی تهیه کرد، اغلب انواع مختلفی از چرم موجود است. آن‌ها معمولاً به عنوان چرم‌های غیر مرسوم شناخته می‌شوند، زیرا تهیه آن‌ها، پیدا کردن و یافتن آن‌ها بسیار متداول نیست و دشوار است. چرم غیر مرسوم عبارت است از: تمساح، بزکوهی، خرس، سگ، قورباغه، زرافه، اسب آبی، گوزن، قاطر، شترمرغ، خرگوش، کوسه، مار، کانگورو، گراز دریایی، گورخر.
- انواع چرم مورد استفاده برای خز: بعضی از حیوانات به عنوان بخشی از پوست خود از خز مطلوبی برخوردار هستند. از آن‌ها برای ساختن لباس و لوازم جانبی استفاده شده از موهای باقی مانده در پوست، در نوع دو بعدی چرمی استفاده می‌شود. چرم‌های غیر مرسوم مورد استفاده برای خز عبارت است از: سگ آبی، روباه، خرگوش، راکون، گرگ.

۴-۱ پلاسما

یکی از تکنیک‌های جدید در صنعت چرم، تکنولوژی پلاسما است. این تکنولوژی دارای مزیت‌های فراوانی نسبت به روش‌های پردازش قدیمی دارد. این مزیت‌ها عبارتند از: بدون نیاز به آب، در فاز گاز انجام می‌شود، مقدار مواد شیمیایی مورد استفاده کم است، باعث تولید زباله‌های صنعتی نمی‌شود، فرآیند تنها بر روی سطح چرم تاثیر می‌گذارد و باعث صرفه‌جویی در انرژی است.

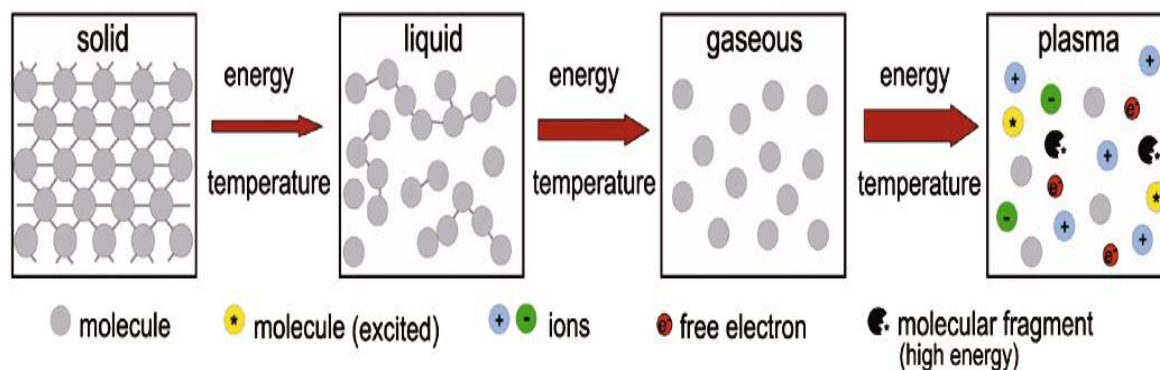
خصوصیات سطحی الیاف و مواد پلیمری نقش مهمی در قابلیت ریسندگی، تر شدن، چسبندگی، خواص رنگرزی و اصطکاکی آن‌ها دارند. در دهه‌های اخیر تحولات عظیمی در روش‌های مختلف بهبود و تغییر خواص سطح الیاف ایجاد شده است. ویژگی مهم و اساسی این روش‌ها، امکان تغییر سطح الیاف بدون تغییر در خواص توده ماده است [۲]. روش‌های اصلاح سطح توسط پلاسما بدون استفاده از آب و مواد شیمیایی، سطح الیاف را به صورت فیزیکی و بدون تغییر خواص توده‌ای تحت تاثیر قرار می‌دهند [۳]. از آنجا که صنعت نساجی با مشکلاتی از جمله محیط زیست مواجه می‌باشد سعی بر آن است روش‌هایی جایگزین گردند که با محیط زیست سازگار باشند، لذا استفاده از پلاسما به شدت مورد توجه قرار گرفته است.

الیاف پلی استر و نایلون با دارا بودن خواص مکانیکی، حرارتی و شیمیایی مناسب، بخش اعظمی از الیاف مورد استفاده در صنعت نساجی را تشکیل می‌دهند. مزایایی چون استحکام بالا، مقاومت عالی در برابر مواد شیمیایی و عوامل بیولوژیکی، هزینه کم تولید و تنوع کاربرد در صنایع مختلف، این الیاف را جز پرکاربردترین الیاف مورد استفاده در منسوجات صنعتی و پوشاک قرار داده است. با این وجود الیاف پلی استر به دلیل کریستال بودن بالا و وجود گروه‌های آب‌گریز در زنجیر پلیمری دارای جذب رطوبت بسیار کم، تمایل زیاد به تشکیل الکتریسیته ساکن و پرز می‌باشند. همچنین الیاف نایلون نیز به دلیل کشش سطحی پایین دارای جذب رطوبت کم و خواص آنتی استاتیکی ضعیفی می‌باشند. تحقیقات انجام شده نشان

می‌دهد تکنولوژی پلاسما با توجه به حفظ محیط زیست و مقرون به صرفه بودن، به نحو مطلوبی قادر به بهبود و اصلاح خواص الیاف پلی استر و نایلون می‌باشند.

۵-۱ تعریف پلاسما

پلاسما از جامد، مایع یا گاز متفاوت است؛ می‌توان آن را به عنوان گاز شبه خنثایی که از خود رفتار دسته جمعی نشان می‌دهند، تعریف کرد و به عنوان حالت چهارم ماده تعریف می‌شود. حالت‌های ماده با دریافت انرژی از جامد به مایع و از مایع به گاز تبدیل می‌شوند. اگر انرژی کافی برای یک گاز تامین شود، آن را یونیزه می‌کند، بدین معنا که به الکترون‌ها انرژی جنبشی داده می‌شود و از پوسته‌های اتمی خارج می‌شوند. الکترون‌ها و یون‌ها تولید می‌شوند و گاز به پلاسما تبدیل می‌شود [۴]. (شکل ۲-۱)



شکل ۲-۱: تولید پلاسما [۴]

در حالت پلاسما اتم‌های ماده تجزیه می‌شوند و تبدیل به یک سیستم از یون‌ها با بار مثبت و الکترون‌ها می‌شوند. در پلاسما، الکترون‌ها، اتم‌ها یا مولکول‌های برانگیخته، رادیکال‌ها، یون‌ها و اتم‌های خنثی را می‌توان همزمان یافت [۵].

۶-۱ طبقه‌بندی پلاسما

۱-۶-۱ طبقه‌بندی با دما

ذرات باردار در یک پلاسما نه تنها با میدان الکترومغناطیسی موضعی برهم‌کنش می‌کنند بلکه حرکت این بارها می‌تواند میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی ایجاد کند. به طور کلی، پلاسما به وسیله دو عامل، چگالی تعداد الکترون (n) و دما (T) طبقه‌بندی می‌شود. تراکم تعداد الکترون‌ها به تعداد مولکول‌هایی که یونیزه شده‌اند نسبت به تعداد ذرات خنثی اشاره دارد. دمای پلاسما مرتبط با انرژی (eV) الکترون‌های آزاد است. اگر مولکول‌های ذرات خنثی به مراتب بیشتر از مولکول‌های یونیزه شده باشد، پلاسما را سرد گویند (دمای الکترون بیشتر از دمای یون و گاز است)، اما هنوز هم الکترون‌های پر انرژی و در نتیجه دمای پلاسما بسیار بالا است. جالب این است که پلاسما ممکن است درعین حال دارای چندین دما باشد که این حالت با توجه به اینکه میزان برخورد بین خود یون‌ها یا خود الکترون‌ها از میزان برخوردهای بین یک یون و یک الکترون بیشتر است می‌تواند پیش بیاید. پلاسما از نظر دمایی به دسته‌بندی زیر تقسیم می‌شود.

۱-۱-۶-۱ پلاسما با تعادل ترمودینامیکی کلی^۱

پلاسما با تعادل ترمودینامیکی کل به عنوان پلاسمایی تعریف می‌شود که در آن درجه حرارت تمام گونه‌ها یکسان است [۵].

۲-۱-۶-۱ پلاسمایی که در تعادل ترمودینامیکی موضعی نیست^۲

در فشار کم، الکترون‌ها در تعادل حرارتی با اتم‌های خنثی و یون‌ها نیستند. دمای الکترون‌ها بسیار بالاتر از سایر گونه‌ها است و به دلیل این که دما بیش از حد زیاد است، نمی‌توان آن‌ها را از نظر ترمودینامیکی متعادل کرد [۶].

^۱ Plasmas with overall thermodynamic equilibrium

^۲ Plasmas not in local thermodynamic equilibrium

۱-۶-۳ پلاسمایی که در تعادل ترمودینامیکی موضعی است^۱

در این پلاسما درجه حرارت تمام گونه‌ها به جز فوتون یکسان است و به همین ترتیب آن‌ها پلاسمای ترمودینامیکی موضعی نامیده می‌شوند. پلاسما در تعادل ترمودینامیکی موضعی می‌تواند در فشار اتمسفر تولید شود و به طور کلی پلاسما حرارتی نامیده می‌شود و یا به دلیل آنکه در فشار بالا رخ می‌دهد، پلاسما فشار بالا نیز می‌نامند [۷].

۱-۶-۲ طبقه‌بندی با فشار

در این طبقه‌بندی، پلاسما به طور کلی به سه دسته پلاسما اتمسفری، فشار متوسط و خلا تقسیم می‌شود:

۱-۶-۲-۱ پلاسماهای خلا^۲

پلاسما خلا در حالت کلی به پلاسمایی گفته می‌شود که در یک سیستم بسته با فشار کمتر از ۱ Torr تشکیل می‌شود. در پلاسما خلا، هر دو گازهای واکنش‌پذیر و غیرواکنشی را می‌توان با هم یا جداگانه استفاده کرد [۸].

۱-۶-۲-۲ پلاسماهای فشار متوسط^۳

پلاسماهای فشار متوسط، پلاسماهایی هستند که در محدوده ۱ Torr یا ۱۰۰ پاسکال تا ۷۶۰ Torr تشکیل می‌شوند.

۱-۶-۲-۳ پلاسماهای فشار اتمسفری^۴

پلاسماهای اتمسفری آن‌هایی هستند که در شرایط جو قرار دارند. این پلاسمها در فشار بیشتر از Torr

^۱ Plasmas in local thermodynamic equilibrium

^۲ Vacuum

^۳ Moderate

^۴ Atmospheric pressure

۷۶۰ یا ۱۰۰ کیلوپاسکال ایجاد می‌شود. در اینجا نیازی به سیستم بسته یا تجهیزات خلا نیست [۹].

۱-۶-۳ طبقه‌بندی بر اساس روش تولید

در این طبقه‌بندی چندین نوع دستگاه پلاسما وجود دارد که به اختصار به توصیف ۴ نوع می‌پردازیم:

۱-۳-۶-۱ تخلیه تابان^۱

تخلیه تابان تحت فشار کم و اتمسفر یا یک گاز واکنشی تولید می‌شود. این یک سیستم بسته با یک یا چند سری از الکترودها در فرکانس‌های مختلف مانند جریان مستقیم (DC)، جریان متناوب (AC)، فرکانس رادیویی (RF) یا ماکروویو (MW) است. وقتی در یک لوله تخلیه الکتریکی به وقوع می‌پیوندد در طول لوله تخلیه نواحی تاریک و روشنی دیده می‌شود که شکل ۱-۳ این نواحی تاریک و روشن را در لوله تخلیه نشان می‌دهد. نواحی تاریک و روشن به ترتیب زیر از ناحیه‌ی کاتد تا آن‌د در شرایط مناسب قابل مشاهده هستند.

- ناحیه‌ی تاریک آستون^۲: این ناحیه لایه بسیار نازکی است که روی کاتد را می‌پوشاند و به علت کم بودن سرعت الکترون‌ها در این ناحیه و جریان یون‌های مثبت، بار فضا مثبت و میدان نیز مثبت است.
- تابان کاتد^۳: در این ناحیه الکترون‌هایی که کاتد را با انرژی کم ترک کرده‌اند دوباره با یون‌هایی که به طرف قطب منفی می‌روند ترکیب می‌شوند و باعث تولید نور مرئی می‌شود.
- ناحیه‌ی تاریک کاتد^۴: در انتهای ناحیه‌ی تابان کاتد به علت کاهش جریان یون‌های مثبت، بار

^۱ Glow discharge

^۲ Aston dark space

^۳ Cathode glow

^۴ Cathode dark space

مثبت فضا کاهش می‌یابد در این ناحیه الکترون‌ها شتاب می‌گیرند ولی چون انرژی کافی ندارند نمی‌توانند اتم‌ها را یونیزه کنند و به همین دلیل این ناحیه تاریک است.

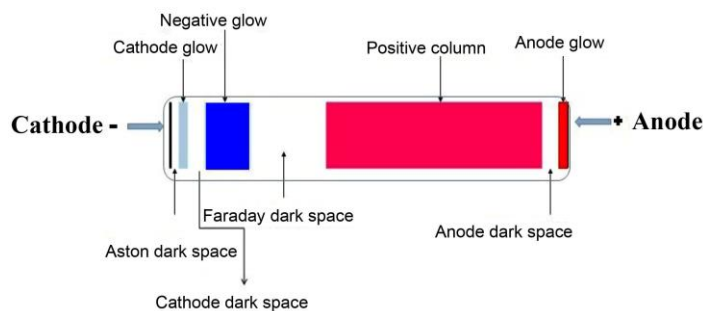
- تابان منفی^۱: در این ناحیه اتم‌ها یونیزه شده و نور مرئی ایجاد می‌کنند و بار فضا منفی و میدان نیز منفی می‌باشد.

- ناحیه‌ی تاریک فاراده^۲: بار فضا در این ناحیه صفر است چون الکترون‌ها با یون‌هایی که جذب قطب منفی می‌شوند در این ناحیه دوباره ترکیب می‌گردند.

- ستون مثبت^۳: در این ناحیه گاز یونیزه شده و پلاسما نامیده می‌شود بطوریکه میدان مثبت و بار صفر است.

- ناحیه‌ی تاریک آند^۴: در این قسمت الکترون‌هایی که انرژی خود را در برخوردهای متوالی در ستون مثبت از دست داده‌اند از این ناحیه عبور می‌کنند و به طرف آند می‌روند.

- تابان آند^۵: الکترون‌هایی که ناحیه قبلی را پشت سر گذاشته‌اند؛ انرژی مختصری که طی آن کسب کرده‌اند در نزدیکی یا روی آند ایجاد یک لایه نازک تابناک می‌کنند [۹-۱۰].



شکل ۱-۳: نواحی مختلف تخلیه تابان [۱۲]

^۱ Negative glow

^۲ Faraday dark space

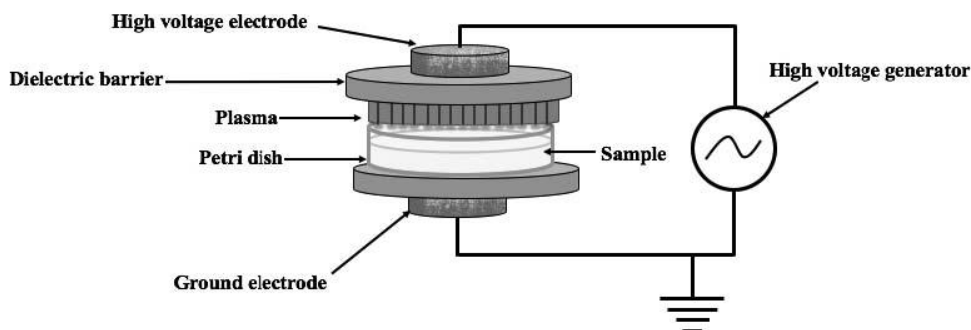
^۳ Positive column

^۴ Anode dark space

^۵ Anode glow

۱-۶-۳-۲ تخلیه سد دی الکتریک^۱ (DBD)

به صورت کلی پلاسمای DBD بین دو الکترود که حداقل یکی از آن‌ها با یک لایه‌ی عایق (دی الکتریک) پوشیده شده است، تشکیل می‌شود. با اعمال ولتاژ متناوب به الکترودها با گسیل آنی الکترون از کاتد این تخلیه ایجاد می‌شود. DBD یکنواخت نیست و شامل میکروتخلیه‌های^۲ متعددی است که در فضای تخلیه پراکنده می‌شوند. البته در برخی گازهای مخصوص به ویژه در هلیوم، DBD کاملاً یکنواخت و بدون هیچ میکروتخلیه‌ای تشکیل می‌شود. پلاسمای DBD به علت اینکه در شرایط غیر تعادلی در فشار اتمسفر گازهای مختلف از جمله هوا قابل استفاده است، کاربردهای فراوانی دارد [۱۳-۱۴]. (شکل ۴-۱)



شکل ۴-۱: تخلیه سد دی الکتریک [۱۵]

۱-۶-۳-۳ تخلیه‌ی کرونا^۳

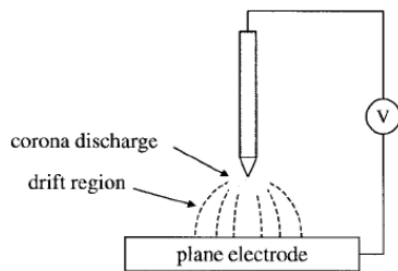
کرونا یک تخلیه‌ی نسبتاً نورانی است که در فشار اتمسفر در نزدیکی نقاط تیز، لبه‌های ورقه‌ای فلزی و سیم‌های نازک که میدان الکتریکی به میزان کافی بزرگ دارد تشکیل می‌شود. تخلیه‌های کرونا همیشه غیریکنواخت هستند: یک میدان الکتریکی، یونیزاسیون و روشنایی قوی در مجاورت یک الکترود قرار می‌گیرد. به طور مشخص کرونا شامل ولتاژهایی از ۱۰ کیلوولت تا چند ده کیلوولت و جریان‌های از ۱ تا ۱۰۰

^۱ Dielectric Barrier Discharge

^۲ Micro-discharges

^۳ Corona discharge

میلی آمپر است. کرونا در اطراف خطوط انتقال ولتاژ بالا و ستون رعد و برق قابل مشاهده است. کرونای پالسی یکی از پرکاربردترین تخلیه‌های فشار اتمسفری غیر حرارتی است. اگر جریان کرونا نسبتاً بالا باشد، کرونا از لحاظ تکنیکی می‌تواند یک "تخلیه‌ی درخشان" باشد که با چشم قابل رؤیت است. برای جریان‌های پایین تخلیه‌ی کرونا بصورت تاریک خواهد بود [۱۶]. (شکل ۵-۱)



شکل ۵-۱: تخلیه‌ی کرونا [۱۷]

۱-۶-۳-۴ قوس لغزان^۱

پلاسمای قوس لغزان یکی از پرکاربردترین پلاسماها محسوب می‌شود. این سیستم به دلیل وجود دو ناحیه حرارتی و غیرحرارتی بازدهی بالایی در پردازش مواد گوناگون دارد. این ناحیه فعال پلاسمایی در فضای بین دو الکترود چاقویی شکل ایجاد می‌شود. چگالی الکترونی بالای این سیستم در دمای پایین باعث شده تا پردازش مواد مختلفی که در معرض پلاسمای گلایدینگ آرک قرار می‌گیرند، بدون تخریب یا تغییر در سطح مواد باشد [۱۸]. (شکل ۶-۱)

^۱ Gliding Arc



شکل ۱-۶: گلایدینگ آرک [۱۹]

۷-۱ اصلاح سطوح مختلف با پلاسما

پردازش پلاسما باعث تغییرات مختلف در سطح یک ماده بدون تغییر خواص توده‌ای آن می‌شود. این تغییرات با توجه به نوع گاز مورد استفاده و مواد مورد استفاده آن، متفاوت است. هنگامی که پلاسما با ماده دیگر مواجه می‌شود، برخورد بین گونه‌های تشکیل دهنده پلاسما اتفاق می‌افتد و این گونه انرژی خود را به ماده منتقل می‌کند و برخی از پیوندها بر روی سطح را می‌شکند. با این تغییرات روی سطح، اثراتی مانند فعال‌سازی سطح^۱، رسوب‌گذاری^۲، حکاکی^۳، پیوندزنی^۴، پیوند عرضی^۵، تمیز کردن^۶ و پلیمریزاسیون^۷ را می‌توان مشاهده کرد [۱۹-۲۱].

^۱ Surface activation

^۲ Deposition

^۳ Etching

^۴ Grafting

^۵ Cross linking

^۶ Cleaning

^۷ Polymerization

۱-۷-۱ فعال سازی سطح

فعال سازی سطح به عنوان اتصال های ضعیف تعریف می شود که با گروه های کربونیل، کربوکسیل و هیدروکسیل واکنشی تغییر مکان می دهند. پس از پردازش پلاسما، سطح فوق العاده فعال می شود و با توجه به گروه های عملکردی مانند گروه های آمینو ممکن است فعال شود [۵].

۲-۷-۱ تمیز کردن

تمیز کردن به عنوان حذف باقی مانده های آلی از سطح تعریف می شود. در طی بمباران یونی، کثیفی های نامرئی روی سطح تبخیر می شوند و از نظر فیزیکی حذف می شوند. اثربخشی پردازش با توجه به آلودگی و گاز مورد استفاده متفاوت است. از آنجا که پردازش پلاسما اثر مکانیکی ندارد، ذرات یا آلودگی غیر آلی حذف نمی شوند [۲۲].

۳-۷-۱ حکاکی

در طی فرآیند، پلاسما از واکنش های شیمیایی بین عناصر تشکیل دهنده ماده حک شده و گونه های واکنشی تولید شده با پلاسما، محصولات حک شده تولید می کند. واژه Etching به معنی (حکاکی) است. همانطور که از معنی آن بر می آید برای حکاکی سطوح لایه نشانی شده است. پس از اینکه لایه نشانی انجام شد برای ایجاد الگویی خاص بر روی سطح لایه نشانی شده، عمل حکاکی بر روی آن انجام می شود. در واقع عمل حکاکی عکس لایه نشانی است و لایه ی نشانده شده بر سطح را به روش های مختلف می کند [۵].

۴-۷-۱ پیوندزنی

پیوندزنی به عنوان تشکیل یک لایه پلیمر نازک بر روی سطح به عنوان اثر پلیمریزاسیون پلاسما تعریف می شود. لایه هایی با ویژگی های مختلف مانند آبدوست بودن یا آبگریزی می توانند با توجه به انتخاب گاز

یا پارامترهای پردازش ایجاد شوند [۲۳].

۱-۷-۵ اتصال عرضی

اتصال عرضی به علت تعامل گروه‌های واکنشی پس از شکست در ساختار پلیمر در طی پردازش پلاسما اتفاق می‌افتد. پس از اتصال عرضی، زنجیرهای پلیمری پیوند پیدا می‌کنند و یک شبکه سه بعدی شکل می‌گیرد. برای این پردازش لازم است از اتم‌های تشکیل دهنده پیوند در گاز مانند کربن، سیلیکون یا گوگرد استفاده شود [۲۴].

۱-۷-۶ پلیمریزاسیون

پلیمریزاسیون پلاسما امکان قرارگیری پلیمر جامد با خواص مطلوب را بر سطح فراهم می‌کند. پلیمریزاسیون پلاسمایی به عنوان روشی با ارزش برای تشکیل مواد جدید و اصلاح سطح مواد، کاربردهای زیادی دارد. در پلیمریزاسیون پلاسمایی تبدیل مونومر به مولکول‌هایی با وزن مولکولی زیاد (پلیمر) به کمک ذرات پرانرژی پلاسما مانند الکترون‌ها، یون‌ها و رادیکال‌ها صورت می‌گیرد. در این فرایند، پلیمریزه کردن مونومرهای گازی و رسوب آن‌ها بر روی بستر انجام می‌گیرد. همچنین در روش دیگری، پلیمریزه کردن مونومرهای مایع بر روی سطح کالا انجام می‌شود. در این روش، ماده مونومر خود نقش بستر را بازی می‌کند و در معرض پلاسما غیرشیمیایی گاز خنثی، قرار می‌گیرد. با قرار گرفتن در معرض پلاسما، مونومرها بر روی سطح کالا پلیمریزه می‌شوند.

۱-۸ مزایای پلاسما

مورد اول استفاده از مواد شیمیایی است که مواد شیمیایی در پلاسما کم استفاده می‌شود. یکی از معضلاتی که امروزه وجود دارد، بحث پساب است. برای تصفیه موادی که به علت شستشوها یا خروج از فاضلاب‌های

دستگاه‌ها وارد شبکه فاضلاب می‌شوند و برگرداندن آن‌ها به طبیعت به طبع نیاز به هزینه‌های زیادی است، پس چون در پردازش با پلاسما پساب کمتری تولید می‌شود این پروسه بهتر است. مورد دوم بحث مصرف انرژی است، زمانی که از پلاسما استفاده می‌شود نیاز به پروسه‌های خیس کردن و خشک کردن متوالی نیست و همین امر باعث صرفه‌جویی در انرژی می‌شود. مورد بعدی بحث دما است که پلاسما در دمای محیط اتفاق می‌افتد، در حالی که فرآیندهای معمول چرم‌سازی از دمای ۶۰ تا ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد امکان‌پذیر هستند و پلاسما می‌تواند دمای این فرآیندها را کاهش دهد و این خودش می‌تواند مقرون به صرفه باشد. مهم‌ترین پارامتر نوع عملیات است و این نقطه عطف پلاسما است. پلاسما روی سطح عمل می‌کند و به خواص مکانیکی هیچ ضربه‌ای نمی‌زند اما عملیات شیمیایی وارد بافت‌های داخلی‌تر می‌شوند و در واقع استحکام مکانیکی و خواص دیگر را تحت تاثیر قرار می‌دهند که این خود نیاز به پروسه‌های دیگر دارد تا خواص تغییر یافته، بهبود پیدا کنند. مورد بعدی بسترها است که پلاسما می‌تواند با تجهیزات مشابه و با مواد مختلف شرایط متفاوتی را ایجاد کند. در صورتی که در روش‌های دیگر چرم‌سازی نیاز به فرآیندهای کاملاً متفاوتی داریم. مورد دیگر بحث هزینه است که عملیات پلاسما توانسته با کاهش هزینه یک فرآیند مقرون به صرفه باشد. در نتیجه پلاسما به عنوان فرآیندی خشک و دوستدار محیط زیست گونه‌ای جدی برای جایگزینی با دیگر فرآیندهای متداول مطرح می‌شود. تمامی موارد بالا به صورت خلاصه در جدول ۱-۱ نشان داده شده است.

جدول ۱-۱: مزایای پلاسما نسبت به روش‌های مرسوم صنعت چرم

پارامتر	سایر روش‌ها	پردازش پلاسما
مواد شیمیایی	مقدار زیاد	مقدار کم
مصرف انرژی	زیاد	کم
دما	دمای بالا	دمای اتاق
نوع عملیات	به علت عمق نفوذ عملیات غالباً خصوصیات حجمی تغییر می‌کند	عملیات محدود به سطح می‌باشد و خواص حجمی بدون تغییر باقی می‌ماند
بسترها	به فرآیندهای مختلفی نیاز است	تجهیزات مشابه با مواد مختلف، شرایط متفاوتی ایجاد می‌کند
هزینه	زیاد	خیلی محدود

۹-۱ اثرات کاربرد پلاسما بر روی سطح چرم

با توجه به استفاده چرم و درخواست‌ها، بشر به دنبال طراحی و کیفیت بیشتر می‌باشد. پیشرفت‌های شیمیایی و تکنولوژی پلیمری باعث شده است که سطح چرم را به روش‌های مختلفی تغییر دهند. گزارش شده است که تکنولوژی پلاسما یک روش قابل قبول، سازگار با محیط زیست و موثر برای اصلاح سطح است. به تازگی آن را برای بهبود رنگریزی^۱، رطوبت^۲، ضدآب^۳ و خواص مرطوب^۴ چرم مورد استفاده قرار داده‌اند [۲۵-۲۶]. آب‌دوستی^۵، چسبندگی^۶، پاکیزگی^۷، درجه استریلیزاسیون^۸ و انرژی سطحی^۹ مواد را می‌توان با پردازش

^۱ Dyeing

^۲ Wettability

^۳ Waterproofing

^۴ Wet rubbing

^۵ Hydrophilicity

^۶ Adhesion

^۷ Cleanliness

^۸ The degree of sterilization

^۹ Surface energy

پلازما افزایش داد. علاوه بر این، زمانی که مونومرهای مناسب مورد استفاده قرار می‌گیرند، لایه‌های نازک فیلم بر روی سطح، می‌توانند به ویژگی‌هایی مانند دفع روغن و کثیفی^۱، کاهش اشتعال‌پذیری^۲ یا داشتن اثر ضد میکروبی^۳ بر روی سطح دست یابند [۲۷].

۱-۹-۱ کاربرد پلازما برای بهبود در آب‌دوستی

کلاژن دارای فراوانی گروه‌های آب‌دوست مانند گروه آمینو ($-NH_2$)، گروه کربوکسیل ($-COOH$) و گروه هیدروکسیل ($-OH$) است [۲۸]. با این حال، آب‌دوست بودن نمونه‌های چرم تحت پردازش پلاسمای فشار اتمسفری نیز می‌تواند به علت اتم‌های اکسیژن که از پلازما جدا شده‌اند افزایش یابد و پس از جذب به سطح چرم باعث افزایش تعداد گروه‌های حاوی اکسیژن ($-OH$ ، $C=O$ ، $-COOH$) در سطح چرم شود [۲۹]. ریخت‌شناسی سطح چرم طبیعی تحت پردازش با پلازما تغییر نکرد، اما پردازش با پلازما موجب تغییر در مقدار زاویه تماس در مقایسه با چرم بدون پردازش شد. به این ترتیب، مشاهده شد که یک دوره ۱۰ روزه پردازش پلازما برای کاهش زاویه تماس آب از ۸۵ درجه به ۴۵ درجه کافی بود. مطالعه xps نشان داد که درصد پیوند حاوی اکسیژن که مسئول آب‌دوست بودن است، به وضوح با پردازش پلازما افزایش می‌یابد [۳۰].

در یک مطالعه با پلاسمای فشار پایین برای به دست آوردن اثر آب‌دوستی بر روی چرم، از یک مخلوط O_2/He استفاده شد. مشخص شد که O_2/He یک سطح چرم ناهموار را یکنواخت‌تر کرده و باعث آب‌دوستی می‌شود [۲۹].

پس از پردازش پلاسمای O_2/H_2O ، اندازه حفره‌های چرم طبیعی در هر دو قطر و عمق افزایش یافت.

¹ Oil/dirt repellency

² Flammability

³ Antimicrobial

علاوه بر این، گروه‌های آب‌دوست مانند کربوکسیل، هیدروکسیل، کربنیل و آمین با موفقیت به سطح چرم طبیعی تزریق شدند. مقدار اکسیژن نمونه اصلاح شده بعد از ده دقیقه، دو برابر نمونه اولیه چرم بود. آب دوستی سطح نیز به مقدار قابل توجهی بهبود یافت [۳۱].

۱-۹-۲ کاربرد پلاسما برای بهبود در آبگریزی^۱

گونه‌هایی که در واکنش‌های پلاسما (اتم‌های برانگیخته، رادیکال‌های آزاد و ذرات با پایداری کم، الکترون و یون) شرکت می‌کنند، می‌توانند به صورت فیزیکی یا شیمیایی با بستر به منظور تغییر سطح، تعامل داشته باشند.

درحالی که پیوندهای C-N، C-O، N-C=O/C=O و O-C=O مسئول خواص آب‌دوستی هستند، پیوندهای C-C/C-H مسئول خواص آب‌گریزی چرم است [۳۰].

به طور کلی، چرم مقاوم در برابر آب با استفاده از مواد شیمیایی انرژی سطحی کم که سطح را پوشش می‌دهند، تهیه شده است. این مواد شیمیایی معمولاً پلیمرهای حاوی سیلیکون یا فلئوئور است. بنابراین، مطالعات انجام شده نشان داد که پردازش چرم با پلاسمای موازی با فشار کم با CF_4 منجر به بهبود قابل ملاحظه‌ای در ضدآب بودن چرم طبیعی بدون تغییر رنگ می‌شود [۲۹].

در مطالعه دیگر، هلیوم به عنوان گاز حامل استفاده شد و تترامتیل سیلان^۲ (TMS) به عنوان یک پیش‌ماده در پردازش چرم با پلاسما در فشار اتمسفر استفاده شد و سطح آبگریز با زاویه تماس ۹۴ درجه به دست آمد. این نتیجه حداقل ۳۰ روز پس از پردازش پایدار بود [۳۲].

^۱ Hydrophobicity

^۲ Tetramethylsilane

هگزامتیل دی سیلوکسان^۱ (HMDSO)، گاز غیر فعال آرگون (Ar) و تولوئن به منظور افزایش آب گریزی سطح چرم طبیعی با استفاده از پلاسمایی با فشار کم مورد استفاده قرار گرفت. پلیمریزاسیون پلاسما HMDSO/تولوئن^۲ منجر به افزایش قابل ملاحظه‌ای از ترکیبات Si مسئول آب‌گریزی شد. علاوه بر این، کاهش انرژی آزاد سطح نمونه‌های چرم طبیعی پس از رسوب پلاسما نشان دهنده بهبود در سطح آب‌گریزی بود [۳۳].

۱-۹-۳ کاربرد پلاسما برای افزایش جذب رنگ^۳

مطالعات انجام شده اخیر نشان داد که پردازش پلاسما سطح چرم باعث افزایش رطوبت و واکنش‌پذیری رنگدانه‌ها و چربی‌ها می‌شود [۲۷]. ویژگی‌های فیزیکی، قابلیت رطوبت به علت آب‌دوست بودن و افزایش سطح تماس با توجه به زبری، برای تسریع انتشار مواد شیمیایی و فرآیندهای درون رابط جامد - مایع در طول پردازش چرم مهم هستند [۳۴].

چرم‌ها تحت تاثیر پلاسمای فشار اتمسفر با گاز آرگون برای مدت زمان‌های مختلف تحت فشار قرار می‌گیرند و افزایش جذب رنگ پوست با افزایش آب‌دوستی آن‌ها به دست می‌آید. علاوه بر این، متوجه شدیم که مصرف رنگ در طول مدت استفاده از پلاسما افزایش می‌یابد. همچنین، میزان تخلیه فاضلاب به محیط زیست را کاهش می‌دهد و باعث افزایش کیفیت رنگ چرم می‌شود [۲۵].

بهبود قابل ملاحظه‌ای در جذب رنگ پوست پس از پردازش با پلاسما DBD مشاهده شد. با استفاده از چندین تجزیه و تحلیل، پردازش سطح پوست چرم گاو باعث فعال شدن توسط گروه‌های عاملی و رادیکال‌ها که تاثیر قابل ملاحظه‌ای بر روی رنگ‌پذیری دارند، شد. با افزایش گروه‌های عاملی می‌توان

^۱ Hexamethyldisiloxane

^۲ Toluene

^۳ Dye Consumption

مولکول‌های رنگ را با پیوند کووالانسی به یکدیگر متصل کرد. این مطالعه نشان داد پلاسما فشار اتمسفری دارای پتانسیل تبدیل شدن به یک فرآیند خشک و سازگار با محیط زیست برای تغییر سطح چرم برای بهبود خواص جذب رنگ با رنگ طبیعی است [۳۵].

۱-۹-۴ کاربرد پلاسما برای اثر ضد باکتری

پلاسما اثر استریلیزاسیون^۱ را به روش زیر نشان می‌دهد: اشعه ماورا بنفش از پلاسما DNA میکروارگانیسم‌ها را از بین می‌برد، ترکیبات شیمیایی موجود در میکروارگانیسم‌ها جدا می‌شوند و سپس تحت تاثیر پلاسما قرار می‌گیرند. یون‌های OH- از H₂O₂ (که از بخار آب در هوا و ازن ایجاد شده توسط اثر پلاسما بر اکسیژن در هوا ایجاد شده است) یک اثر بار اکسیداتیو به نام پراکسیداسیون لیپید^۲ ایجاد می‌کند که سبب شکستگی غشاهای سلولی و دیواره سلولی (که از لیپیدها، اسیدهای چرب و پروتئین تشکیل شده است) میکروارگانیسم می‌شود [۳۴-۳۷].

یک مزیت کلیدی استریلیزاسیون پلاسما توانایی دستیابی به استریلیزاسیون در دمای کمتر از ۵۰ درجه سانتی‌گراد است. ساختارهای حساس نمی‌توانند در معرض دمای زودپز و اجاق قرار گیرند، اما در این دماها آن‌ها خواص فیزیکی خود را حفظ می‌کنند [۳۸].

تاثیر پردازش تخلیه کرونا بر روی خواص ضد باکتریایی چرم مورد بررسی قرار گرفت و هنگامی که پردازش پلاسما به چرم به صورت تخلیه کرونا اعمال شد، اثر ضد باکتریایی نشان داده شد. علاوه بر این، پردازش کرونا آب‌دوست بودن چرم را به وسیله تشکیل اجزا آب‌دوستی مانند گروه‌های کربوکسیل بهبود داد [۳۹].

¹ Sterilization

² Lipid peroxidation

فصل دوم

مروری بر برخی از روش‌های مشخصه‌یابی چرم طبیعی

۱-۲ مقدمه

در سال‌های اخیر تغییر خواص سطحی چرم مثل آب‌دوستی، آب‌گریزی و ... بسیار مورد توجه قرار گرفته است و همچنین پیشرفت قابل توجهی در این زمینه به دست آمده است. بررسی این تغییرات سطحی، ملزم به انجام آنالیزهایی بر روی نمونه است. امروزه بررسی این تغییرات با ابزار و دستگاه‌های بسیار پیشرفته و مدرن انجام می‌شود. در این فصل به بررسی مختصر برخی از آنالیزهای مورد نیاز مانند آنالیز تنش-کرنش^۱، میکروسکوپ الکترونی روبشی^۲ (SEM)، اسپکترومتری مادون قرمز تبدیل فوریه^۳ (FTIR-ATR)، آنالیز رنگ سنجی و طیف سنجی گسیل اپتیکی^۴ (OES) می‌پردازیم.

۲-۲ آنالیز تنش-کرنش

تحلیل تنش-کرنش، یکی از شاخه‌های علم مهندسی مواد است. در تحلیل تنش-کرنش، از روش‌های متعددی برای تعیین وضعیت تنش و کرنش درون مواد و سازه‌های تحت تاثیر نیرو استفاده می‌شود. در مکانیک محیط‌های پیوسته، تنش یک کمیت فیزیکی به حساب می‌آید که شرایط نیروهای داخلی اعمال شده توسط ذرات مجاور درون یک ماده پیوسته را نشان می‌دهد. کرنش نیز معیاری برای بیان تغییر شکل ماده است.

تحلیل تنش به طور خاص برای مواد جامد به کار می‌رود و مطالعه تنش در مایعات و گازها به حوزه مکانیک سیالات مربوط می‌شود. در این تحلیل، خواص مواد در حوزه مکانیک محیط‌های پیوسته (خواص همگن در مقیاس‌های کوچک) از دیدگاه ماکروسکوپی مورد بررسی قرار می‌گیرد. بنابراین، حتی کوچک‌ترین

^۱ Stress-Strain Analysis

^۲ Scanning electron microscope

^۳ Fourier transform infrared spectroscopy

^۴ Optical emission spectroscopy

ذرات مورد بررسی در تحلیل تنش نیز دارای تعداد بسیار زیادی اتم خواهند بود. در واقع، خواص این ذرات، میانگین خواص تمام اتم‌های تشکیل دهنده آن‌ها است.

طبق قوانین حرکتی نیوتن، تمام نیروهای خارجی اعمال شده به یک سیستم، یا باید توسط عکس‌العمل نیروهای داخلی خنثی شوند و یا ذرات تحت تاثیر را به حرکت درآورند. در مواد جامد، حرکت تمام ذرات باید به صورت هماهنگ و در جهت حفظ شکل کلی جسم صورت گیرد. به این ترتیب، نیروی اعمال شده به بخشی از جسم باعث افزایش نیروهای عکس‌العمل داخلی می‌شود و از ذره‌ای به ذره دیگر در محدوده بزرگ‌تری از سیستم انتشار می‌یابد. دلیل ایجاد نیروهای داخلی در اکثر موارد (به جز مواد فرومغناطیس و اجسام بزرگ در مقیاس یک سیاره)، برهم‌کنش‌های بین مولکولی در محدوده‌های بسیار کوچک است. این نیروهای داخلی خود را به صورت نیروهای بین سطوح ذرات مجاور درون ماده نشان می‌دهند و به عنوان تنش شناخته می‌شود [۴۰].

آزمون کششی^۱، یکی از آزمایش‌های اصلی در علم مواد است که در طی آن، نمونه‌ای را تحت کشش محوری قرار می‌دهند. اعمال کشش تا زمان رخ دادن شکست در نمونه ادامه می‌یابد.

برای انجام این آنالیز از دستگاه Gotech مدل Al-7000M موسسه اندیشه برتر میران استفاده شد.

^۱ Tensile Test



شکل ۱-۲: دستگاه تست کشش موسسه اندیشه برتر میران

۳-۲ آنالیز SEM

آنالیز SEM، میکروسکوپ الکترونی روبشی SEM، آنالیزی سریع و نسبتاً کم هزینه برای تصویربرداری می‌باشد. آنالیز SEM پرکاربردترین تجهیزات برای آنالیز سطح می‌باشد. میکروسکوپ SEM رایج‌ترین نوع میکروسکوپ الکترونی است. این میکروسکوپ ریزساختار مواد را با روبش سطح توسط پرتو الکترونی بررسی می‌کند و مشابه میکروسکوپ‌های نوری، ولی با قدرت تفکیک بسیار بالاتر و عمق میدان بسیار بزرگ‌تر، عمل می‌کند. در مقایسه با میکروسکوپ الکترونی عبوری، کار با میکروسکوپ الکترونی روبشی و نگهداری آن تا حدودی آسان‌تر است. به علاوه، میکروسکوپ الکترونی روبشی SEM با روش‌های مختلفی شامل تجهیز شدن با طیف‌سنجی انتشاری انرژی پرتو ایکس و طیف‌سنجی انتشاری طول موج پرتو ایکس امکان دستیابی به اطلاعات شیمیایی نمونه را فراهم می‌کند.

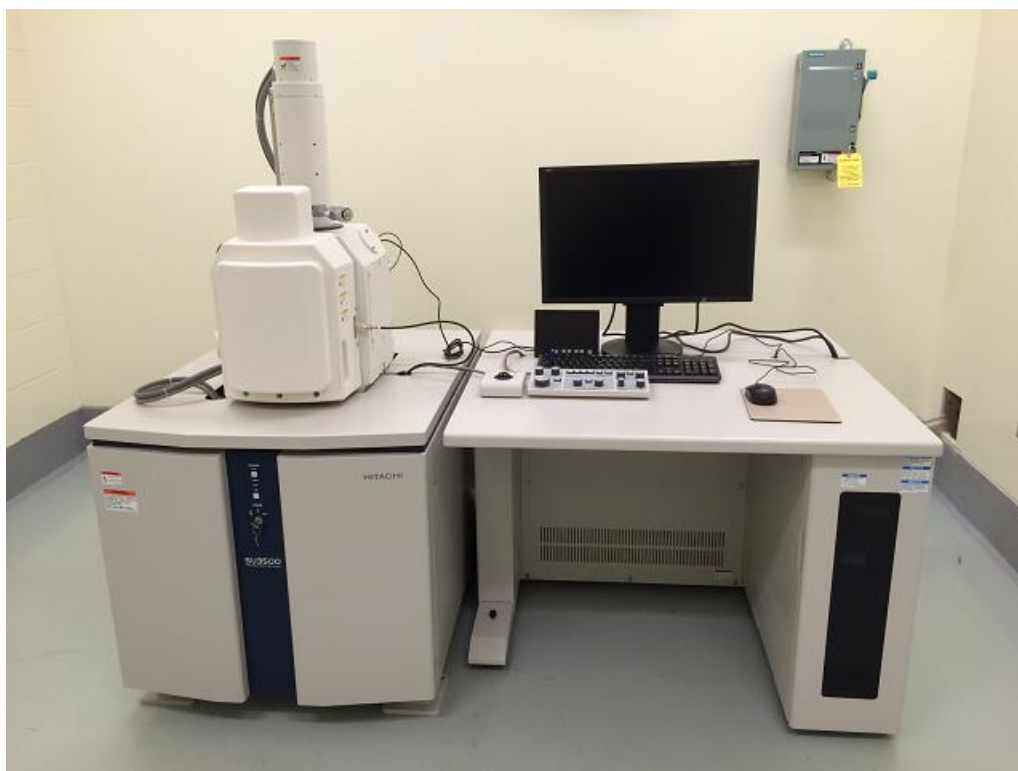
میکروسکوپ الکترونی روبشی مشابه میکروسکوپ الکترونی عبوری، از تفنگ الکترونی و مجموعه‌ای از عدسی‌ها و روزنه‌های الکترومغناطیسی تشکیل شده است. در میکروسکوپ الکترونی روبشی، پرتو الکترونی منتشر شده از تفنگ الکترونی برای روبش سطحی تا اندازه قطر یک سوزن ریز متمرکز می‌شود. روبش پرتو روی جسم توسط سیستم شکست پرتو که در ترکیب با عدسی شیئی در میکروسکوپ الکترونی روبشی است، عمل می‌کند. سیستم شکست، پرتو را بر روی سطح نمونه در امتداد یک خط حرکت می‌دهد. سپس پرتو به نقطه‌ای دیگر بر روی خط جابجا می‌شود به نحوی که محل تصویر به صورت مستطیل بر روی سطح نمونه تولید می‌شود.

بمباران نمونه توسط الکترون‌ها سبب می‌شود تا از نمونه، دو نوع الکترون برگشتی^۱ و ثانویه^۲ و همچنین امواج پرتو ایکس مشخصه ساطع شود. هر کدام از این موارد می‌تواند اطلاعات متفاوتی را برای استفاده کننده فراهم آورد. الکترون‌های ساطع شده از سطح به سمت صفحه دارای بار مثبت رها می‌شوند. حرکت پرتو بر روی نمونه مجموعه‌ای از سیگنال‌ها را فراهم می‌کند که بر این اساس میکروسکوپ می‌تواند تصویری از سطح نمونه را بر صفحه کامپیوتر نمایش دهد [۴۱].

ریخت‌شناسی سطح چرم طبیعی توسط میکروسکوپ الکترونی اسکن (Hitachi SU 3500) واقع در دانشگاه شهید بهشتی، انجام شد.

^۱ Backscattered

^۲ Secondary



شکل ۲-۲: دستگاه SEM دانشگاه شهید بهشتی

۴-۲ آنالیز FTIR-ATR

اسپکترومتری مادون قرمز تبدیل فوری به صورت مخفف آنالیز FTIR نامیده می‌شود به صورت عمده در سنتز مواد آلی، پلیمرها، علوم شیمی و مهندسی شیمی، صنعت تولید دارو، تجزیه و تحلیل مواد غذایی و... مورد استفاده قرار می‌گیرد.

آنالیز FTIR بر اساس جذب تابش و برانگیختگی در ترازهای انرژی ارتعاشی مولکول‌ها و یون‌های چند اتمی صورت می‌گیرد. امواج الکترومغناطیس مورد استفاده در طیف‌سنجی‌های ارتعاشی، به طور معمول نور مادون قرمز است. در دنیای پیرامون ما همه چیز به طور پیوسته در حال ارتعاش می‌باشد که نتیجه مستقیم ارتعاش مولکول‌های سازنده آن‌ها می‌باشند. ارتعاشات مولکولی هم به نوبه خود از نوسان پیوندهای سازنده مولکول ناشی می‌شود.

برای فهم بهتر نوسانات پیوندها، پیوند را به صورت یک فنر در نظر گرفته می‌شود که دو جرم به دو انتهای آن متصل شده باشد. در ناحیه طیفی مادون قرمز، جذب نور به وسیله یک ماده، ناشی از برهم‌کنش میان ارتعاشات پیوندهای شیمیایی نمونه و تابش ناشی از منبع نور می‌باشد. به عبارت دقیق‌تر، اگر اتم‌هایی که در دو طرف یک پیوند شیمیایی قرار دارند متفاوت باشند، یک دو قطبی الکتریکی ایجاد می‌کنند که در یک فرکانس مشخص ارتعاش نوسان می‌کند.

اگر چنین پیوند نامتقارنی به وسیله یک منبع تکفام که فرکانسی برابر فرکانس دوقطبی مربوط به پیوند دارد تحت تابش قرار گیرد، برهم‌کنشی میان پیوند و تابش ناشی از منبع رخ می‌دهد. در نتیجه این برهم‌کنش، مولفه الکتریکی تابش قادر خواهد بود تا انرژی خود را به پیوند منتقل کند که این انتقال انرژی به نوبه خود باعث ایجاد یک تغییر در ارتعاش پیوند (توجه شود که امواج مادون قرمز از انرژی کمی برخوردارند و نمی‌توانند موجب شکست پیوند یا انتقالات الکترونی شوند) خواهد شد. حال می‌توان دو شرط کلی برای جذب تابش مادون قرمز توسط یک پیوند شیمیایی متصور شد:

۱- وجود یک دوقطبی الکتریکی در اطراف پیوند.

۲- یکسان بودن فرکانس ناشی از دوقطبی الکتریکی پیوند و فرکانس تابش ناشی از منبع.

اطلاعات حاصل از جذب مادون قرمز، که با طول موج تابشی از منبع تغییر می‌کند، به صورت یک طیف نمایش گذاشته می‌شود؛ که در آن محور افقی شدت عبور تابش^۱ بر حسب درصد و محور قائم عدد موج^۲ متناظر با طول موج نور مادون قرمز تابیده شده بر حسب cm^{-1} را نشان می‌دهد. مواردی که در تحلیل طیف FTIR می‌توان به آن دست یافت این است که در طیف‌های مادون قرمز هر قله نشان دهنده میزان

^۱ Transmittance

^۲ Wavenumber

جذب در عدد موجی متناظر با آن می‌باشد و توسط یک پیوند شیمیایی مشخص ایجاد می‌شود [۴۲].

در تکنیک ATR از خواص بازتاب داخلی کلی^۱ استفاده می‌شود. تابش مادون قرمز از کریستال ATR عبور می‌کند به گونه‌ای که حداقل یک بار از سطح داخلی در تماس با نمونه منعکس شود. عمق نفوذ تابش به نمونه معمولاً بین ۰/۵ تا ۲ میکرومتر است که مقدار دقیق آن به طول موج نور، زاویه تابش و شاخص‌های بازتاب برای کریستال ATR و مشخصات نمونه بستگی دارد.

برای طیف‌سنجی FTIR-ATR از دستگاه ساخت شرکت Bruker مدل Tensor27 دانشگاه تهران استفاده شد.



شکل ۲-۳: دستگاه FTIR-ATR دانشگاه تهران

۵-۲ آنالیز رنگ‌سنجی

برای رنگ‌سنجی نمونه‌ها، دستگاه با استفاده از کاشی‌های سبز، مشکی و سفید کالیبره می‌شود. سپس نمونه درون فنجان شیشه‌ای قرار داده می‌شود و پوشش مات فنجان شیشه‌ای بر روی فنجان قرار می‌گیرد و در نهایت فنجان و پوشش آن را در محل مخصوص تعبیه شده درون دستگاه قرار می‌دهند. بدین ترتیب مقادیر L^* و a^* و b^* به دست می‌آید.

^۱ Total internal reflection

تفاوت رنگ (ΔE) CIELAB بین نمونه‌ها با استفاده از همبستگی L^* ، a^* و b^* حاصل از نمونه‌های مربوطه با استفاده از معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2} \quad (2-1)$$

که ΔE تفاوت رنگ کلی را نشان می‌دهد؛ ΔL، تفاوت روشنایی؛ Δa و Δb، تفاوت در مقدار a^* و b^* هستند، در حالی که a نشان دهنده محورهای قرمز و سبز و b نشان دهنده محورهای زرد و آبی است. مقادیر L^* ، a^* و b^* متغیرهایی در فضای رنگ CIELAB هستند و به شرح زیر توضیح داده شده است:

مقادیر L^* از ۰ تا ۱۰۰ و مقادیر a^* و b^* از ۱۲۰- تا ۱۲۰ تغییر می‌کنند که مقدار منفی بیشتری از L^* نشان دهنده سایه تیره‌تر و مقدار مثبت بیشتر L^* برای سایه نور بیشتری از رنگ است. مقدار منفی بیشتری از a^* رنگ سبز بیشتر و مقدار مثبت بیشتری از a^* رنگ قرمز بیشتر را نشان می‌دهد. مقدار منفی بیشتر b^* به معنای رنگ آبی بیشتر و مقدار مثبت بیشتر b^* رنگ زرد بیشتر است. در نتیجه، نمونه $\Delta L < 0$ تیره‌تر است، $\Delta L > 0$ روشن‌تر است، $\Delta a < 0$ نمونه بیشتر سبز است، $\Delta a > 0$ نمونه بیشتر قرمز است، $\Delta b < 0$ نمونه بیشتر آبی است، $\Delta b > 0$ نمونه بیشتر زرد است [۴۳-۴۴].

مشخصه رنگی C^* به عنوان ویژگی کمی رنگ در نظر گرفته می‌شود. مشخصه رنگی برای تعیین اختلاف یک رنگ در مقایسه با رنگ خاکستری در همان روشنایی است. هرچه مقادیر آن بیشتر باشد، شدت رنگ نمونه‌هایی که توسط انسان درک می‌شود، بیشتر است. مقدار مشخصه رنگی از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (2-2)$$

^۱ Chroma

زاویه رنگ (h^*) ویژگی کیفی رنگ در نظر گرفته می‌شود. این ویژگی مربوط به تفاوت جذب در طول موج‌های مختلف است. زاویه ۰ یا ۳۶۰ درجه نشان دهنده رنگ قرمز است، در حالی که زاویه‌های ۹۰، ۱۸۰ و ۲۷۰ درجه به ترتیب نشان دهنده رنگ‌های زرد، سبز و آبی هستند. مقدار زاویه رنگ طبق معادله زیر محاسبه می‌شود [۴۵]:

$$h^* = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \quad (2-3)$$

برای آنالیز رنگ چرم قبل و پس از پردازش پلاسما دستگاه هانتربل (DP-3000) دانشگاه تربیت مدرس مورد استفاده قرار گرفت. برای انجام این آنالیز از دستگاه هانتربل که یک اسپکتروکالریمتر است، استفاده شد که برای سنجش رنگ محصولات با اندازه بافت و رنگ متفاوت به کار می‌رود.



شکل ۲-۴: دستگاه هانتربل دانشگاه تربیت مدرس

۲-۶ طیف سنجی گسیل اپتیکی

طیف سنجی گسیل اپتیکی یا OES یک روش تحلیلی قابل اعتماد و گسترده است که برای طیف گسترده‌ای از ترکیب عناصر مورد استفاده قرار می‌گیرد. OES از بخشی از طیف الکترومغناطیسی - طیف قابل رویت و بخشی از طیف ماوراء بنفش استفاده می‌کند. محدوده طول موج آن از ۱۳۰ نانومتر تا حدود ۸۰۰ نانومتر

است.

سه مؤلفه اصلی آنالیزور OES وجود دارد: اولین منبع انرژی الکتریکی برای ایجاد اتم‌ها در یک نمونه فلزی است به طوری که آن‌ها خطوط مشخصی از نور ایجاد می‌کنند و نیاز به گرم کردن بخش کوچکی از نمونه تا هزاران درجه سانتیگراد دارند. این با استفاده از یک منبع ولتاژ بالا الکتریکی در طیف سنج از طریق الکتروود حاصل می‌شود. اختلاف پتانسیل الکتریکی بین الکتروود و نمونه باعث تخلیه الکتریکی می‌شود که وارد نمونه می‌شود و باعث گرم شدن و تبخیر مواد در سطح می‌شود. اتم‌های ماده متعاقباً برانگیخته می‌شوند و خطوط انتشار عناصر مشخصه را ساطع می‌کنند.

می‌توان به دو صورت تخلیه الکتریکی تولید کرد، یا یک قوس که مانند یک رعد و برق است، یا یک جرقه. بر اساس عنصر اندازه‌گیری شده و دقت لازم، یکی از این دو حالت کار استفاده می‌شود.

یک سیستم اپتیکی دومین مؤلفه است. نور از نمونه بخار شده به نام پلاسما وارد طیف‌سنج می‌شود. نور ورودی با درجه بندی پراش در طیف‌سنج به طول موج‌های عناصر خاص تقسیم می‌شود و شدت نور برای هر طول موج خاص عنصر توسط یک ردیاب مربوطه اندازه‌گیری می‌شود. شدت اندازه‌گیری متناسب با غلظت عنصر در نمونه است.

جز سوم سیستم رایانه‌ای است. سیستم رایانه‌ای شدت اندازه‌گیری شده را بدست می‌آورد و این داده‌ها را از طریق یک کالیبراسیون از پیش تعریف شده برای تولید غلظت‌های ابتدایی پردازش می‌شوند.

هنگامی که یک اتم با انرژی یک تخلیه الکتریکی در تعامل است، برخی از الکترون‌های موجود در پوسته‌های بیرونی اتم خارج می‌شوند. از آنجا که الکترون‌های پوسته بیرونی از هسته دورتر هستند، آن‌ها نسبت به هسته اتم دارای استحکام کمتری هستند و از این رو به انرژی ورودی کمتری احتیاج دارند. الکترون‌های خارج شده با ایجاد جای خالی، اتم را ناپایدار می‌کنند.

برای بازگرداندن ثبات، الکترون‌های مدار بالاتر که از هسته دورتر هستند، برای پر کردن جای خالی به تراز پایین می‌آیند. با حرکت الکترون‌ها بین دو سطح انرژی یا پوسته، انرژی اضافی آزاد می‌شود و این امر به صورت نور مخصوص عنصر منتشر می‌شود.

مجموعه‌ای از خطوط طیفی، که مربوط به انتقال الکترون‌های مختلف بین سطوح مختلف انرژی یا پوسته‌ها است، توسط هر عنصر ساطع می‌شود. هر انتقال یک خط نشر نوری خاص با طول موج ثابت یا انرژی تابش ایجاد می‌کند. اتم‌ها نور مشخصی را منتشر می‌کنند که در آنجا از طریق درجه‌بندی پیشرفته‌ی فناوری که حاوی حداکثر ۳۶۰۰ شیار در هر میلی‌متر است به سیستم اپتیکی منتقل می‌شود.

در مرحله بعد، حسگرها سیگنال‌های قله طیف منحصر بفرد را جمع می‌کنند و آن‌ها را پردازش می‌کنند تا طیف ایجاد کنند که قله‌های شدت نور را در مقابل طول موج آنها نشان می‌دهد. این بدان معنی است که OES اطلاعات کیفی را در مورد نمونه اندازه‌گیری شده ارائه می‌دهد، اما همچنین یک روش کمی است.

این عنصر با طول موج قله مشخص می‌شود و مقدار آن در نمونه با سطح یا شدت آن نشان داده می‌شود. این اطلاعات می‌تواند سپس توسط آنالیزور برای محاسبه ترکیب ابتدایی نمونه بر اساس کالیبراسیون با مواد مرجع مجاز استفاده شود. مدت زمان کل فرآیند، از فشار دادن دکمه شروع تا رسیدن به نتایج تجزیه و تحلیل، می‌تواند ۳ ثانیه باشد یا برای تجزیه و تحلیل کمی دقیق می‌تواند حداکثر ۳۰ ثانیه باشد. همه این‌ها به نوع آنالیزور مورد استفاده، دامنه عناصر کمی و غلظت آن عناصر وابسته است.

OES در مقایسه با سایر روش‌های تحلیلی دارای مزایای بسیاری است: استفاده از آن سریع و بسیار آسان است و طیف گسترده‌ای از عناصر و غلظت‌ها را در انواع مختلف مواد از جمله عناصر مهم مانند کربن، فسفر، گوگرد، ازت و غیره اندازه‌گیری می‌کند. هنگام اندازه‌گیری سطح عناصر کمیاب، OES در مقایسه با

سایر روش‌ها بسیار دقیق و نسبتاً کم هزینه است [۴۶-۴۷].

برای بررسی عناصر فعال تولید شده در پلاسما از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل AvaSpec-ULS3648 RS دانشگاه صنعتی شاهرود برای طیف سنجی نشری استفاده شد این دستگاه قابلیت جایگزینی slit های متفاوت دارد. این دستگاه برای پلاسما اسپکتروسکوپی در محدوده مذکور از کمپانی هلندی Avantes پیشنهاد شده است.



شکل ۲-۵: طیف سنج گسیل اپتیکی دانشگاه صنعتی شاهرود

فصل سوم

جزئیات مراحل و چیدمان آزمایشگاهی

۱-۳ مقدمه

چرم یک کالا مهم در بازار بین‌المللی است که تولید آن مستلزم پردازش‌های مختلف برای محصول نهایی است. چرم طبیعی برای حفاظت از کفش (آتش‌نشانان)، اتاق‌های کنفرانس، لوازم جانبی ماشین و هواپیما استفاده می‌شود. برای این منظور آن‌ها باید به طور خاص تحت شرایطی که مقررات مربوط به حفاظت از آتش و ایمنی را اجرا می‌کنند، تحت پردازش قرار گیرند. از این رو صنعت چرم یکی از آلوده‌ترین صنایع است که با مشکلات زیست محیطی قابل توجهی روبرو هستند. با توجه به نگرانی‌های روزافزون برای حفاظت از محیط زیست، مقرراتی در حال افزایش است که باعث تغییر در جهت توسعه فن‌آوری محیط زیست شده است. بنابراین حفاظت از محیط زیست تبدیل به یک چالش برای صنایع چرم شده است. پردازش پلاسمایی منسوجات در سراسر جهان به دلیل اثرات غیر مخرب زیست محیطی این روش در مقایسه با روش‌های شیمیایی توجه بسیاری از دانشمندان را به خود جلب کرده است. در ادامه به بررسی مراحل پردازش پلاسما به همراه توضیح در مورد چیدمان دستگاه‌های مورد استفاده در این پایان نامه می‌پردازیم.

۲-۳ تجهیزات مورد استفاده

۱-۲-۳ دستگاه قوس لغزان

در سیستم قوس لغزان مکانیزم تولید پلاسما برانگیختگی ذرات گازی است که در این سیستم وجود دارد. سیستم قوس لغزان شامل دو الکتروود چاقویی شکل است که یکی از آن‌ها به قطب مثبت منبع تغذیه و دیگری به قطب منفی متصل می‌شود. این دو الکتروود چاقویی دارای اندازه و جنس یکسانی هستند. زمانی که منبع تغذیه روشن می‌شود بارهای مثبت و منفی بر روی الکتروودها جمع می‌شود. زمانی که چگالی این بارها روی الکتروودها به حد بالایی می‌رسد، در کوچکترین فاصله بین دو الکتروود چاقویی شکل تخلیه الکتریکی صورت می‌گیرد. تجمع بارهای مثبت و منفی روی الکتروودها منجر به تشکیل جریان بین دو

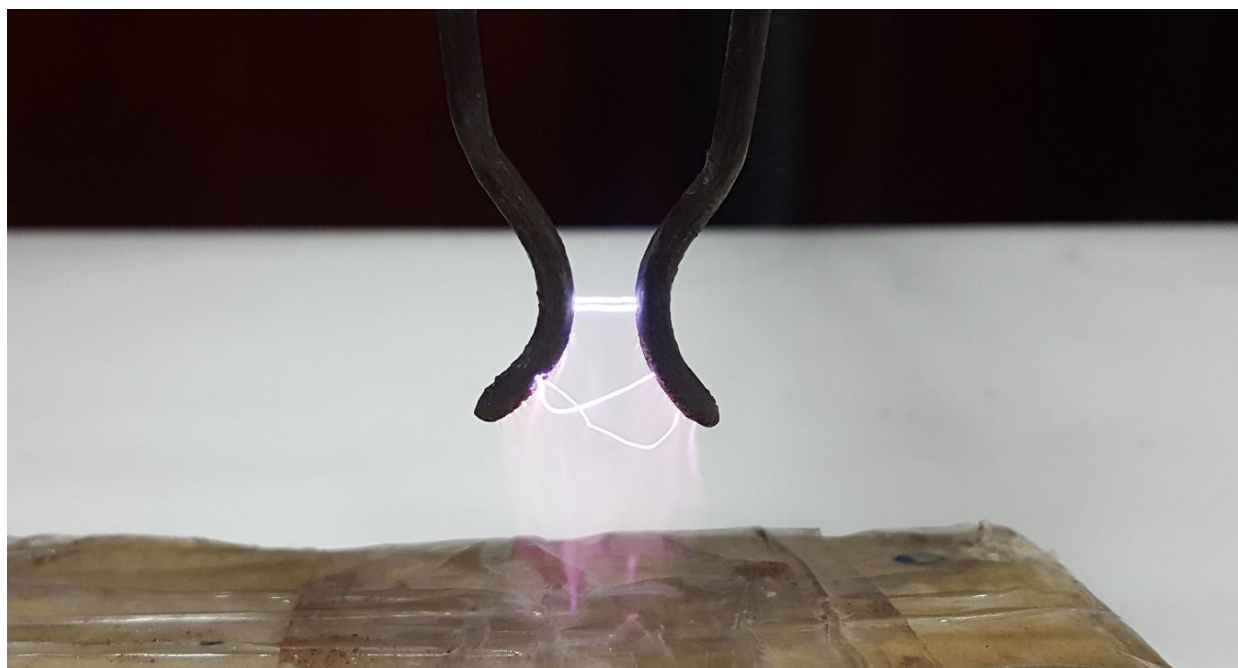
الکتروود می‌شود. عامل ایجاد این جریان تخلیه الکتریکی و برانگیختگی ذرات بین دو الکتروود است. چگالی الکترونی بالای این سیستم در دمای پایین باعث شده تا پردازش مواد مختلف که در معرض پلاسمای قوس لغزان قرار می‌گیرند، بدون تخریب یا تغییر در حجم مواد باشد.

مشخصات دستگاه استفاده شده به صورت زیر است (شکل ۳-۱):

- ولتاژ ورودی: ۲۲۰ ولت
- ولتاژ خروجی: ۱۲۵۰۰ ولت
- توان مصرفی: ۳۰۰ وات
- جریان: ۳ آمپر
- فرکانس کاری: ۲۰ کیلوهرتز
- نوع عایق: سرامیکی



شکل ۳-۱: نمایی از دستگاه قوس لغزان



شکل ۳-۲: شعله‌ی قوس لغزان

۲-۲-۳ دستگاه DBD

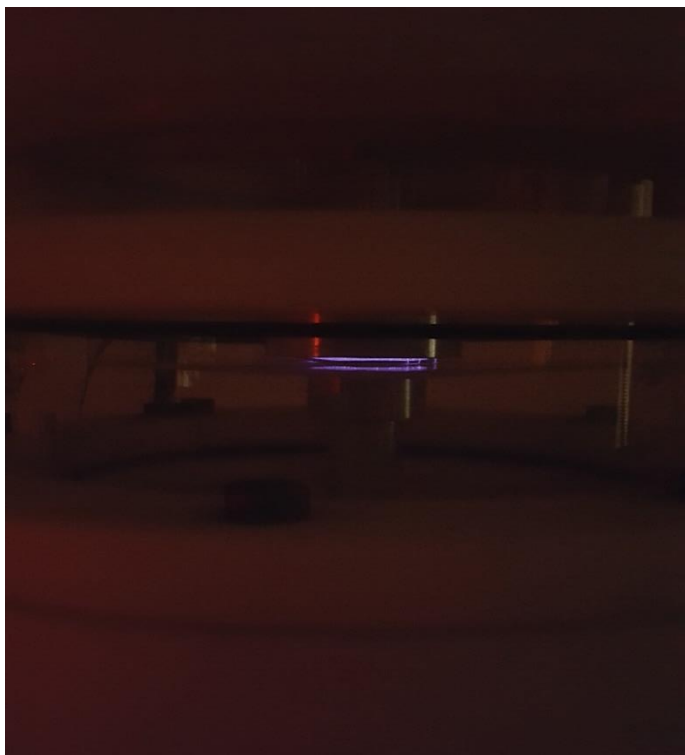
تخلیه سد دی الکتریک روشی نوین برای تولید پلاسما محسوب می‌شود. در این روش، یک یا هر دو الکترود با یک ماده دی الکتریک پوشانده می‌شود. حضور دی الکتریک در بین الکترودها از ایجاد تخلیه قوسی جلوگیری می‌کند.

مشخصات دستگاه استفاده شده به صورت زیر است (شکل ۳-۳):

- ولتاژ ورودی: ۲۲۰ ولت متناوب
- ولتاژ خروجی: ۱۲۵۰۰ ولت
- فرکانس کاری: ۲۴ کیلو هرتز
- ابعاد الکترود: دیسک‌هایی به قطر ۳ سانتی‌متر
- جنس محفظه: پیرکس
- جنس دی الکتریک: کوارتز



شکل ۳-۳: نمایی از دستگاه DBD



شکل ۳-۴: شعله‌ی DBD

۳-۲-۳ نبولایزر

پنوماتیک نبولایزر، آب را به ذرات ریز تقسیم می‌کند. این کار توسط اکسیژن فشرده و یا هوای فشرده که توسط یک پمپ هوا و یا سیلندر که برای کمپرس کردن هوا تعبیه شده، صورت می‌گیرد. حال گاز از طریق روزنه خارج شده و از بالای لوله موئین حاوی مایع عبور می‌کند. فشار منفی ایجاد شده از حرکت هوای فشرده شده، باعث می‌شود که مایع از دیواره موئین محفظه به بالا کشیده شده و از قسمت انتهایی نبولایزر خارج شود. (شکل ۳-۵)



شکل ۳-۵: نبولایزر

۳-۳ آماده‌سازی نمونه‌ها

چرم بزی رنگ نشده برای بررسی و پردازش تهیه شد. نمونه‌ها برای پردازش با دستگاه قوس لغزان به اندازه 15×15 میلی متر و برای پردازش با DBD، به اندازه دایره‌ای به قطر ۳ سانتی متر بریده شدند.

۳-۴ روش کار

در ابتدا نمونه‌های آماده شده در زمان‌های مختلف ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۶۰ و ۳۰۰ ثانیه تحت پردازش با پلاسمای هوا و پلاسمای بخار آب قرار گرفتند. به منظور ایجاد بخار آب از نبولایزر و کمپرسور هوا (شکل ۳-۶) استفاده شد.



شکل ۳-۶: کمپرسور هوا

۳-۵ اندازه‌گیری زاویه تماس

اندازه‌گیری زاویه تماس برای بررسی تغییرات زاویه تماس قبل و بعد از پردازش پلاسما انجام شد. برای انجام این کار، از سرنگ هامیلتون سر تخت ۵ میکرولیتر (شکل ۳-۷) استفاده شد و برای هر نمونه یک قطره آب مقطر (۲μl) روی نمونه گذاشته شد و از نمونه عکس گرفته شد و زاویه تماس اندازه‌گیری شد. برای هر نمونه این کار ۳ بار تکرار شد. سپس مقدار میانگین زاویه تماس گزارش شد. این اندازه‌گیری برای زمان‌های ۰، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ دقیقه و ۲۴ ساعت بعد از پردازش انجام شد.



شکل ۳-۷: سرنگ هامیلتون

۳-۶ زمان جذب

برای نمونه‌های پردازش شده در زمان‌های مختلف و نمونه پردازش نشده، زمان جذب آب اندازه‌گیری شد. برای هر نمونه بعد از پردازش، ۲۰، ۴۰، ۶۰ دقیقه و ۲۴ ساعت بعد از پردازش، اندازه‌گیری زمان جذب انجام شد. برای انجام این آنالیز بر روی هر نمونه یک قطره آب مقطر (۲μl) قرار داده و زمان جذب آب اندازه‌گیری شده است. این عملیات ۳ بار برای هر نمونه تکرار گردید و مقدار میانگین گزارش شد.

۳-۷ ظرفیت جذب

ظرفیت جذب آب برای نمونه‌های پردازش شده با پلاسما به مدت ۵ دقیقه و نمونه پردازش نشده در آب

مقطر و در دمای اتاق و به مدت زمان‌های ۵، ۳۰، ۶۰ و ۱۲۰ دقیقه انجام شد. ظرفیت جذب S از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$S = \frac{W_1 - W_0}{W_0} \quad (3-1)$$

W_0 وزن نمونه قبل از غوطه‌وری و W_1 وزن نمونه غوطه‌ور شده است.

به منظور اندازه‌گیری جرم نمونه‌ها از ترازوی دیجیتال (شکل ۳-۸) ساخت سوئیس با دقت ۴ رقم اعشار استفاده شده است.



شکل ۳-۸: ترازوی دیجیتال

۳-۸ آنالیز تنش-کرنش

این آنالیز بر روی نمونه‌های پردازش شده با پلاسما به مدت ۵ دقیقه و نمونه‌ی پردازش نشده با سرعت

کرنش ۵۰ mm/min انجام شد. اندازه نمونه‌ها برای این آنالیز ۲۵*۱۱۰ میلی‌متر بود.

۹-۳ میکروسکوپ الکترونی روبشی

ریخت‌شناسی سطح چرم طبیعی توسط میکروسکوپ الکترونی اسکن با ولتاژ ۱۵ kV انجام شد. نمونه‌هایی که با پلاسما به مدت ۵ دقیقه پردازش شده و نمونه پردازش نشده مورد آنالیز قرار گرفتند. اندازه نمونه‌ها برای این آنالیز ۱*۱ سانتی‌متر بود.

۱۰-۳ طیف‌سنجی FTIR-ATR

برای طیف‌سنجی FTIR-ATR نمونه‌ها به اندازه ۲*۲ سانتی‌متر برش داده شدند. نمونه‌هایی که با پلاسما به مدت ۵ دقیقه پردازش شده و نمونه پردازش نشده آنالیز شدند. این آنالیز برای تجزیه و تحلیل گروه‌های عامل شیمیایی سطح نمونه‌ها انجام شد.

۱۱-۳ آنالیز رنگ

برای آنالیز رنگ چرم قبل و پس از پردازش پلاسما از دستگاه هانتربل (DP-3000) استفاده شد. اندازه نمونه‌ها برای انجام این آنالیز ۴*۴ سانتی‌متر بود. نمونه‌هایی که با پلاسما به مدت ۵ دقیقه پردازش شده و نمونه پردازش نشده، آنالیز شدند.

۱۲-۳ طیف‌سنجی گسیل اپتیکی

برای بررسی عناصر فعال تولید شده در پلاسما از دستگاه اسپکتروفتومتر برای طیف‌سنجی نشری استفاده شد. این دستگاه قابلیت جایگزینی slit‌های متفاوت دارد. این دستگاه دارای پنج slit متفاوت است و این آنالیز با slit=10 میکرومتر انجام شد. رزولوشن سیستم 0.3 nm است.

۱۳-۳ محاسبه‌ی دما

برای محاسبه‌ی دما، از روش نمودار بولتزمن استفاده شد. شدت خط طیفی توسط رابطه (۳-۲) داده می‌شود:

$$I_{ij} = \frac{hcA_{ij}g_j n}{\lambda_{ij}U(T)} e^{\left(\frac{E_j}{kT}\right)} \quad (3-2)$$

که در آن I_{ij} شدت موج و λ_{ij} طول موج مربوط به انتقال از i به j ، A_{ij} احتمال انتقال بین سطح i و j ، n تراکم عددی گونه‌های گسیل شده، h ثابت پلانک، c سرعت نور، $U(T)$ تابع پارش، K ثابت بولتزمن، T دمای برانگیختگی، g_j وزن آماری سطح انرژی بالایی و E_j سطح انرژی بالایی در واحد الکترون ولت است. با اندکی تغییر در رابطه و گرفتن لگاریتم از طرفین رابطه، رابطه‌ی (۳-۳) به دست می‌آید:

$$\ln\left(\frac{\lambda_{ij}I_{ij}}{hcA_{ij}g_j}\right) = -\frac{1}{kT}(E_j) + \ln\left(\frac{n}{U(T)}\right) \quad (3-3)$$

رابطه بالا یک نمودار خطی است که با رسم $\ln\left(\frac{\lambda_{ij}I_{ij}}{hcA_{ij}g_j}\right)$ بر اساس E_j ، از طریق شیب خط می‌توان دما را محاسبه کرد [۴۸].

۱۴-۳ محاسبه‌ی چگالی

برای محاسبه‌ی چگالی از رابطه پهن‌شدگی استارک استفاده شد. پهن‌شدگی استارک ناشی از میدان الکتریکی یون‌ها و الکترون‌ها منجر به گسترش طیفی با نیم‌پهنای بیان شده در رابطه‌ی زیر می‌شود:

$$\Delta\lambda_{1/2} = 2w\left(\frac{N_e}{10^{16}}\right) + 3.5\left(\frac{N_e}{10^{16}}\right)^{\frac{1}{4}}\left(1 - 1.2N_D^{-\frac{1}{3}}\right)w\left(\frac{N_e}{10^{16}}\right) \quad (3-4)$$

که در آن $\Delta\lambda_{1/2}$ نیم‌پهنای پیک طیفی پهن‌شدگی استارک، N_e چگالی الکترون، N_D تعداد ذرات موجود در حفاظ دبابی و w ضربه الکترون است.

جملات اول و دوم معادله‌ی (۳-۴) به ترتیب به منبسط شدن الکترون و یون اشاره دارد و معمولاً می‌توان آن را با نادیده گرفتن جمله دوم ساده کرد زیرا سهم پهن‌شدگی یون در مقایسه با الکترون، ناچیز است. پس می‌توان معادله (۳-۴) را به صورت معادله (۳-۵) نوشت:

$$\Delta\lambda_{1/2} = 2w \left(\frac{N_e}{10^{16}} \right) \quad (3-5)$$

برای دانستن مقدار ضربه الکترون، مرجع [۴۹] دارای داده‌هایی برای پهنای استارک برای بیشتر عناصر و مقدار متناظر آن با پارامتر ضربه الکترون است. حال با دانستن مقدار ضربه الکترون و نیم‌پهنا، چگالی از رابطه بالا به دست می‌آید [۴۸].

فصل چهارم

بحث و نتیجه مربوط به پردازش حریم

۴-۱ مقدمه

در این پژوهش اثر پارامتر زمان بر روی خاصیت آب دوستی چرم طبیعی توسط دو دستگاه پلاسمای قوس لغزان و DBD بررسی شده است. برای بررسی اثر زمان، نمونه‌ها در زمان‌های مختلف مورد پردازش قرار گرفتند. در ابتدا برای مشاهده خاصیت آب دوستی ایجاد شده، زاویه تماس نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. هم چنین زمان جذب و ظرفیت جذب نیز مورد بررسی قرار گرفت. برای بررسی تغییر در خواص مکانیکی چرم پس از پردازش پلاسما از آنالیز تنش-کرنش، برای بررسی تغییرات سطحی نمونه از آنالیز میکروسکوپ الکترونی روبشی و برای تشخیص عناصر پلاسما از آنالیز طیف سنجی گسیل ایتیکی استفاده شد. با استفاده از آنالیز اسپکترومتری مادون قرمز تبدیل فوریه، گروه‌های عاملی روی سطح نیز مشخص شد. برای بررسی تغییر رنگ، نمونه‌ها تحت آنالیز رنگ سنجی قرار گرفتند.

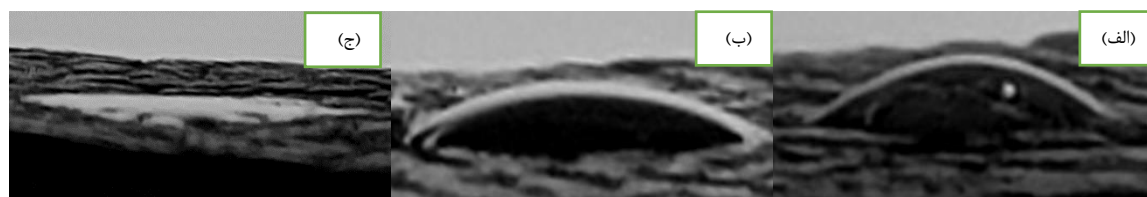
۴-۲ آب دوستی سطح

نتایج حاصل از اندازه‌گیری زاویه تماس آب در شکل ۴-۶ برای نمونه‌های پردازش شده با قوس لغزان هوا و بخار آب و شکل ۴-۷ برای نمونه‌های پردازش شده با DBD هوا و بخار آب نشان داده شده است. همان طور که در شکل‌ها مشاهده می‌شود، با افزایش مدت زمان پردازش، آب دوستی نیز افزایش می‌یابد. پس از گذشت دقایقی از زمان پردازش، زاویه تماس افزایش می‌یابد. تا یک روز بعد از پردازش نیز زاویه تماس افزایش می‌یابد ولی همچنان زاویه تماس نمونه‌های پردازش شده، پایین‌تر از زاویه تماس چرم بدون پردازش است که نشان می‌دهد نمونه پردازش شده همچنان آب دوست‌تر از نمونه بدون پردازش است.

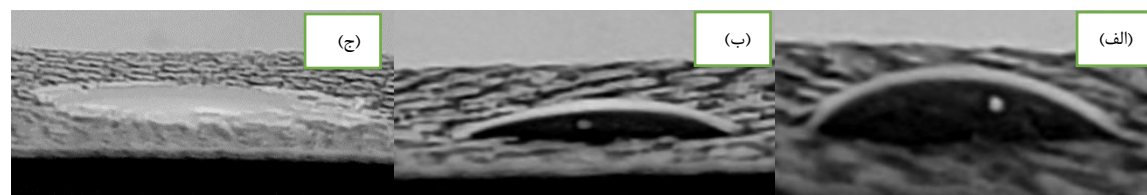
با افزایش مدت زمان فرآیند پردازش پلاسما، آب دوستی نمونه‌ها افزایش می‌یابد زیرا در نتیجه استفاده از فرآیند پلاسما گروه‌های وابسته به اکسیژن (C=O ، OH و OHH)، رادیکال‌های آزاد و گروه‌هایی نظیر کربونیل و کربوکسیل و هیدروکسیل بر روی سطح چرم تشکیل می‌شوند، که نقش عمده‌ای در خواص آب

دوستی چرم دارند.

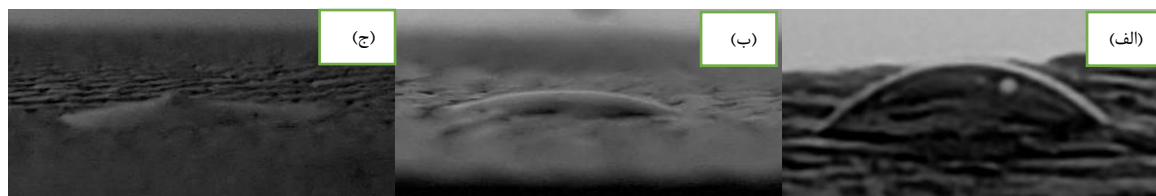
همچنین علت کاهش آب دوستی پس از گذشت ۱ روز ناشی از افزایش انرژی سطحی و فعال شدن سطح اصلاح چرم پس از پردازش پلاسما است که باعث می شود چرم با بخار آب و گرد و غبار و غیره در هوا نیز با گذشت زمان واکنش دهد. بنابراین، این نتیجه پایدار نخواهد بود و با گذشت زمان از بین می رود. با افزایش مدت زمان پردازش، نمونه های پردازش شده با پلاسمای DBD، زاویه تماس آب کمتر و در نتیجه خاصیت آب دوستی بیشتری نسبت به نمونه های پردازش شده با پلاسمای قوس لغزان دارند.



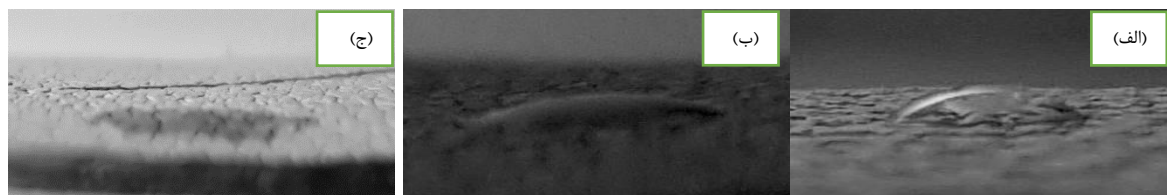
شکل ۴-۱: قطرات آب برای نمونه پردازش شده با پلاسمای قوس لغزان هوا برای (الف) ۵ ثانیه، (ب) ۳۰ ثانیه و (ج) ۵ دقیقه



شکل ۴-۲: قطرات آب برای نمونه پردازش شده با پلاسمای قوس لغزان بخار آب برای (الف) ۵ ثانیه، (ب) ۳۰ ثانیه و (ج) ۵ دقیقه



شکل ۴-۳: قطرات آب برای نمونه پردازش شده با پلاسمای DBD هوا برای (الف) ۵ ثانیه، (ب) ۳۰ ثانیه و (ج) ۵ دقیقه



شکل ۴-۴: قطرات آب برای نمونه پردازش شده با پلاسمای DBD بخار آب برای (الف) ۵ ثانیه، (ب) ۳۰ ثانیه و (ج) ۵ دقیقه

DROP PARAMETERS

Parameter	Value	Optimize
h [pixels]	500	☒
c [m-2]	1.35E5	☐
x0 [pixels]	274	☒
y0 [pixels]	49	☒
h [pixels]	52	☒
d [pixels]	117	☐

Relative approximation: 27 %

DROP PROPERTIES

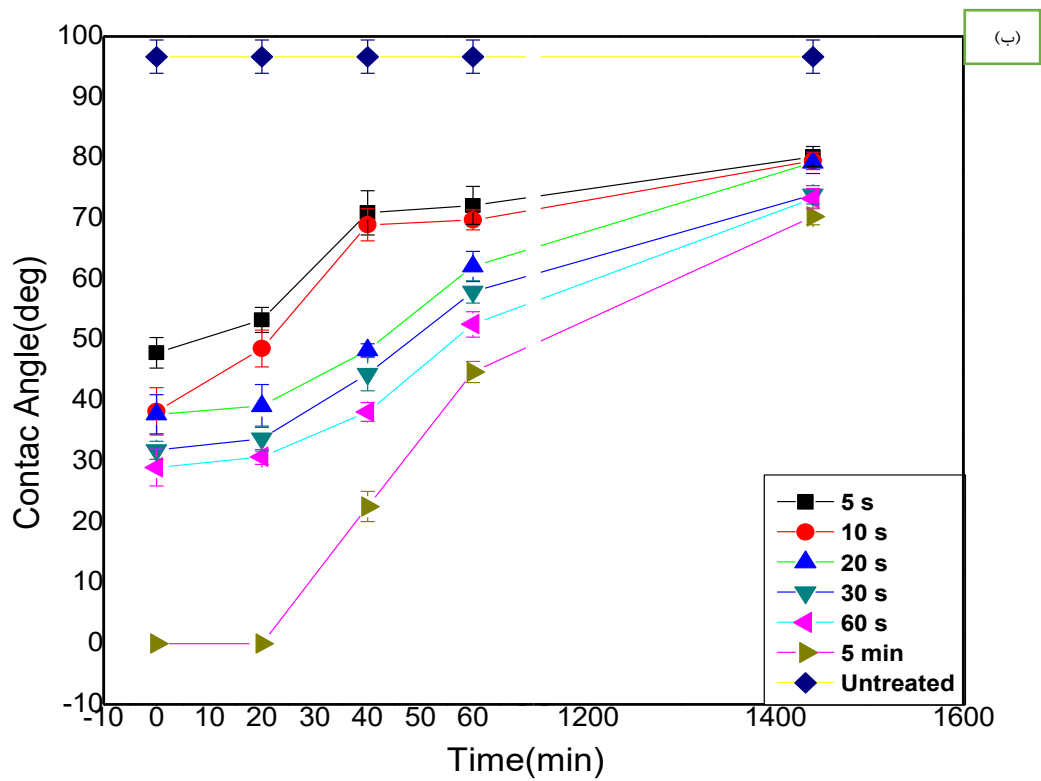
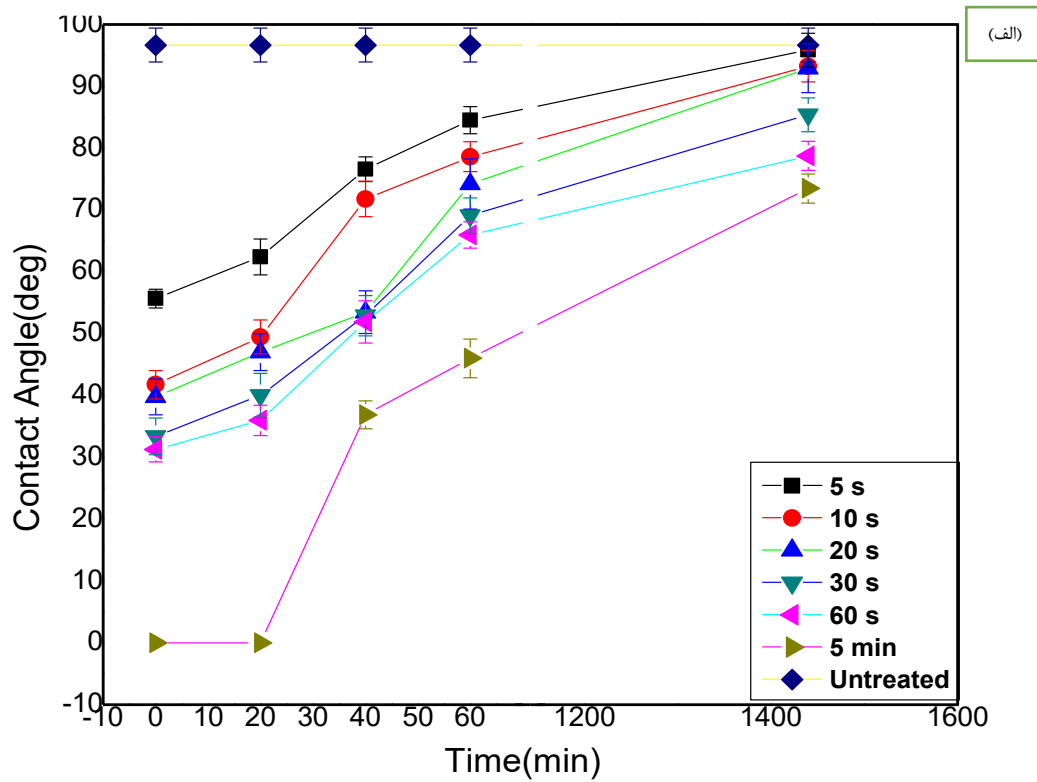
Contact angle (Carvas):	26.837
Contact angle subpixel:	
Drop Volume: 5.73E-1 mm ³	Drop Surface: 4.38E0 mm ²
Surface of contact: 4.16E0 mm ²	

OPTIMIZATION

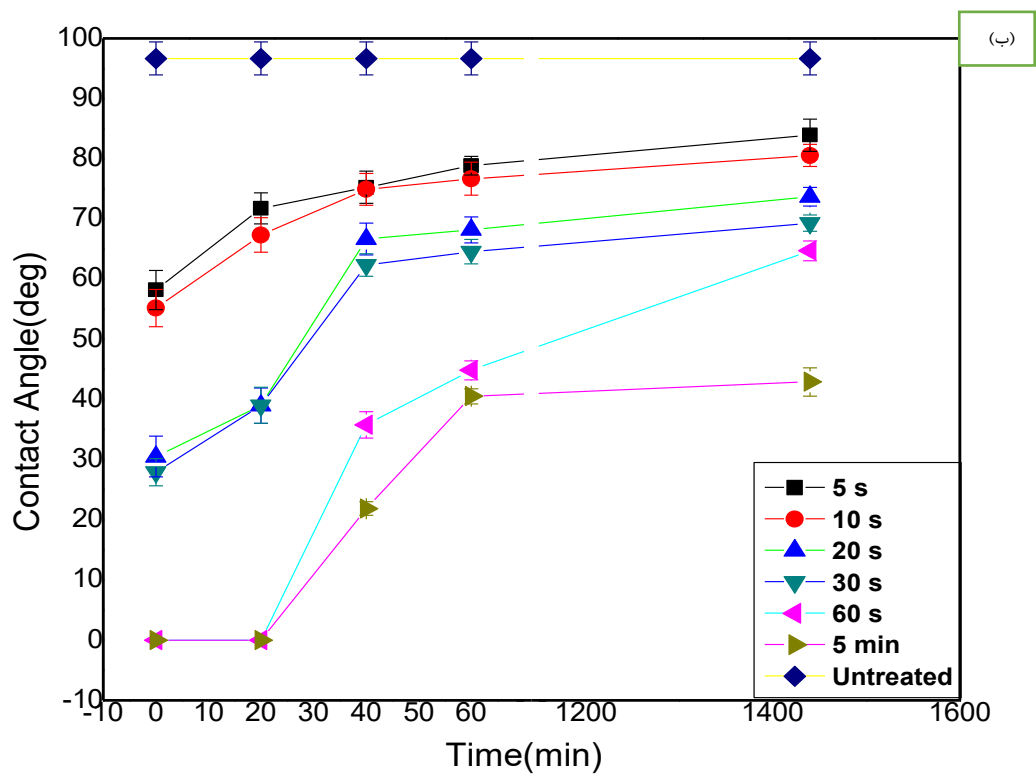
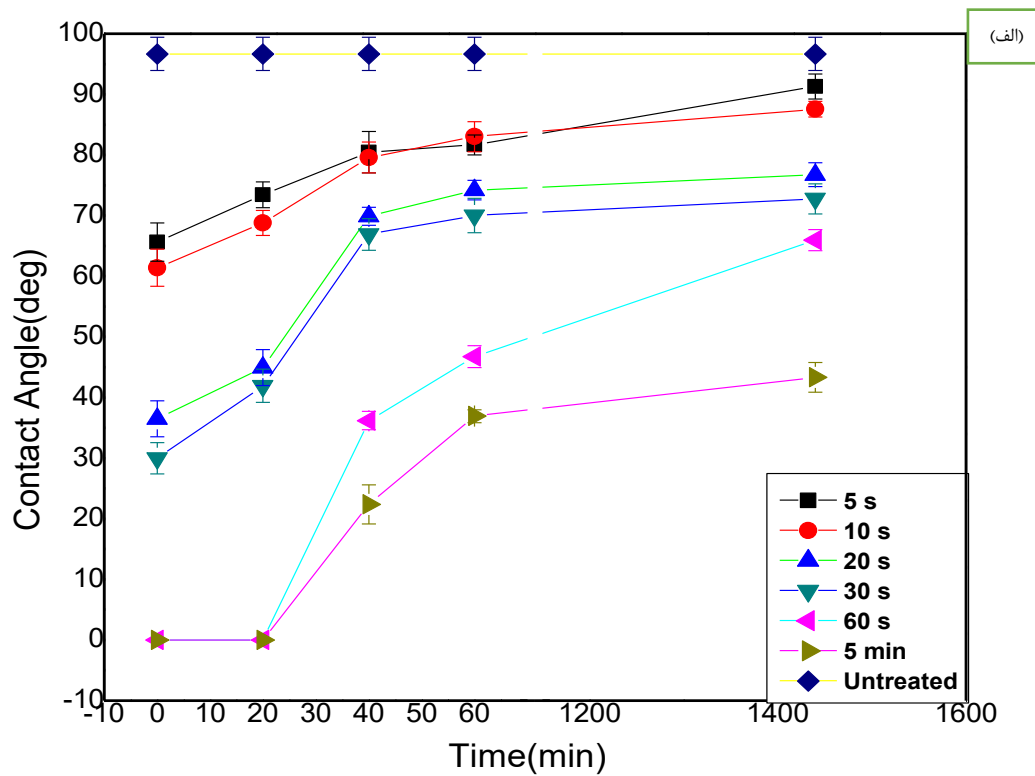
Region Energy: ☐ Unified: ☒ Gradient Energy: ☐ 50 % gradient

Buttons: Table, Settings, About, Close

شکل ۴-۵: اندازه‌گیری زاویه تماس



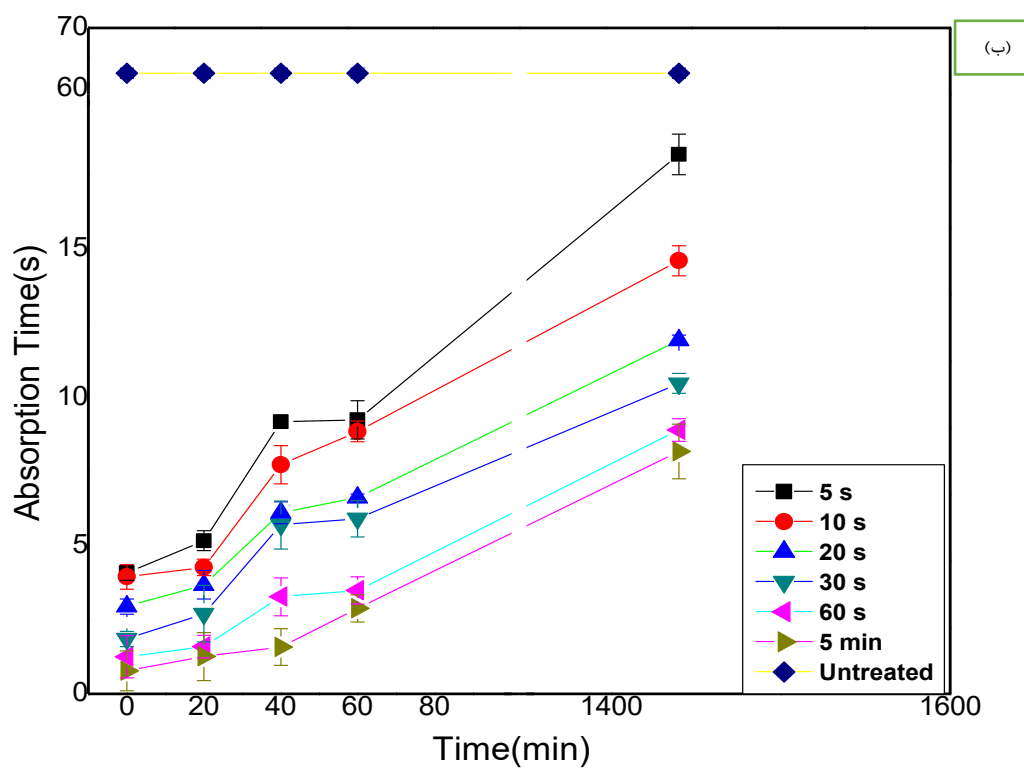
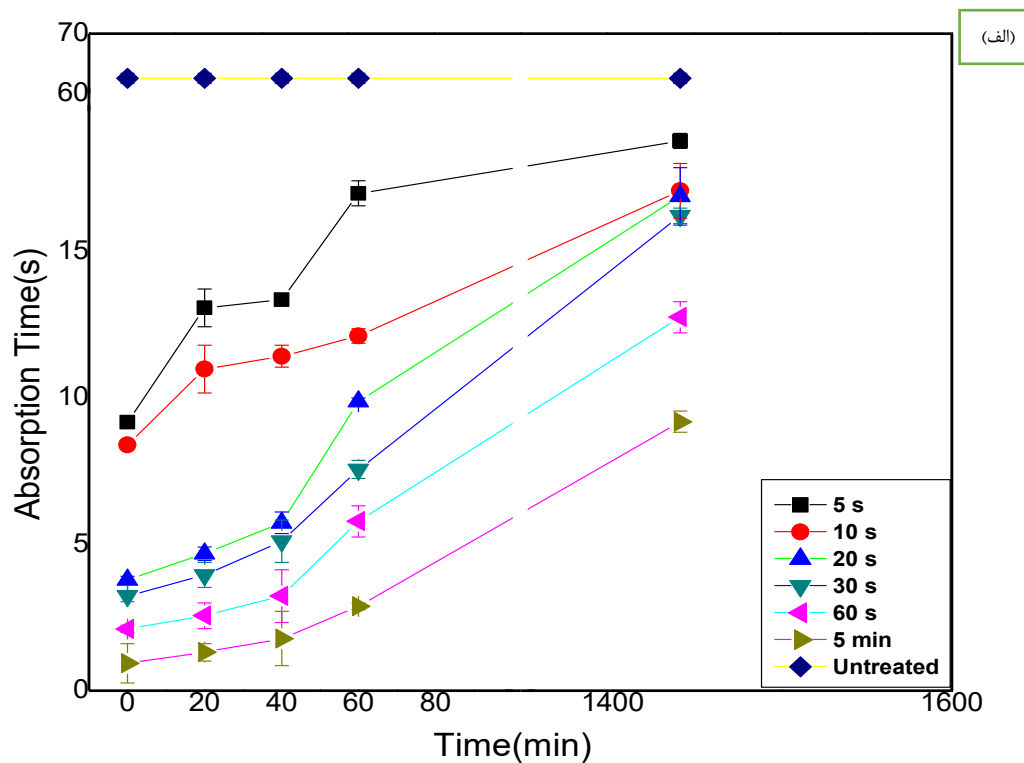
شکل ۴-۶: زاویه تماس آب برای نمونه‌های پردازش شده با پلاسمای قوس لغزان (الف) هوا (ب) بخار آب



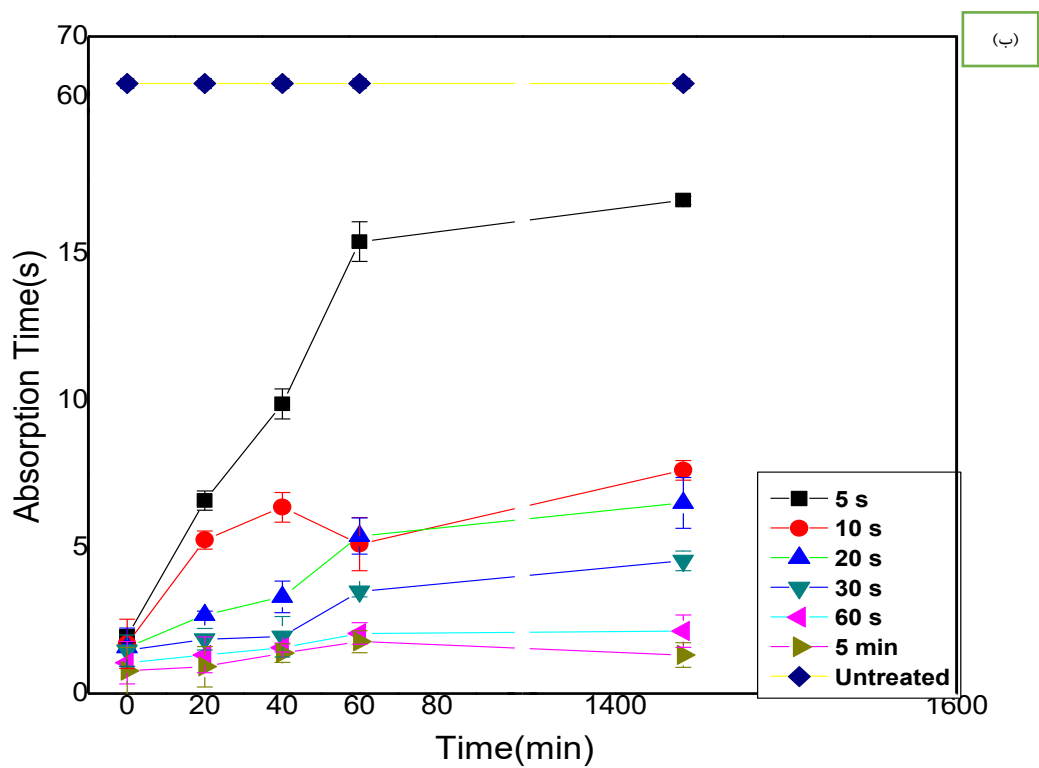
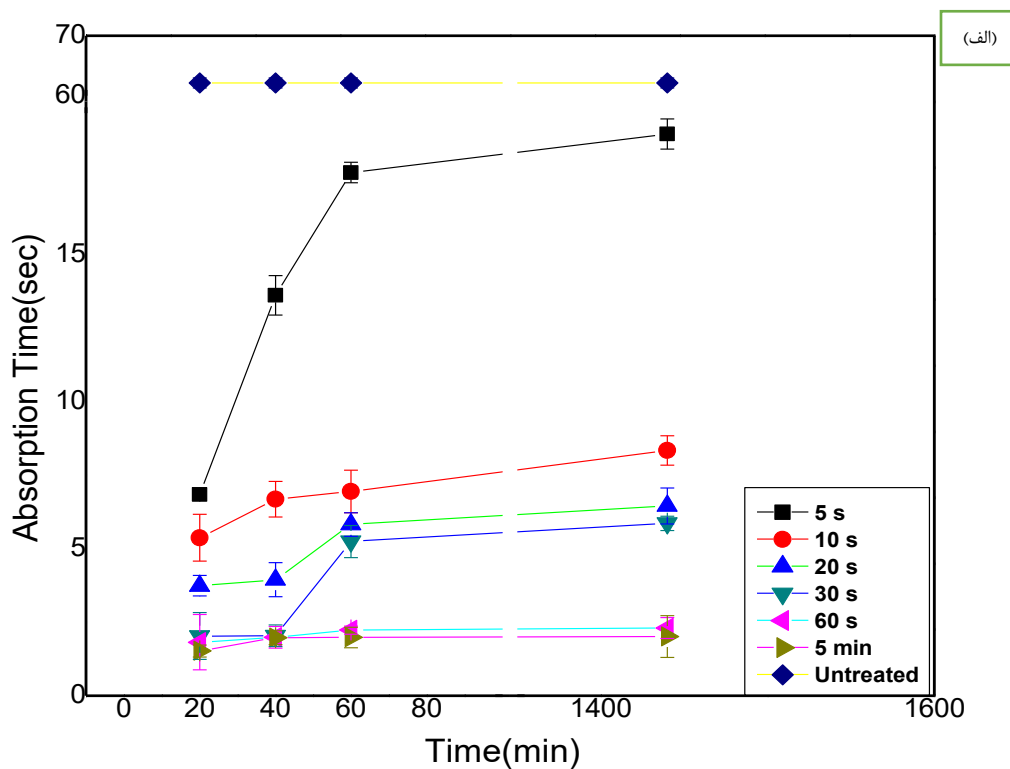
شکل ۴-۷: زاویه تماس آب برای نمونه‌های پردازش شده با پلاسمای DBD (الف) هوا (ب) بخار آب

۳-۴ زمان جذب

همانطور که در شکل‌های ۸-۴ و ۹-۴ نشان داده شده است، با افزایش زمان پردازش، زمان جذب آب کوتاه‌تر شده است همچنین برای نمونه‌های پردازش شده با DBD با افزایش مدت زمان پردازش، زمان جذب آب نسبت به نمونه‌های پردازش شده با قوس لغزان کمتر است. کوتاه‌تر شدن زمان جذب نشان دهنده آب دوستی بیشتر است. به دلیل سطح چرم آب‌دوست شده، قطره‌های آب در گذر زمان، به جای ماندن بر روی سطح، تمایل به نفوذ به ساختار نمونه پردازش شده دارند. همان طور که مشاهده می‌شود پس از ۲۴ ساعت نیز همچنان زمان جذب نمونه‌های پردازش شده نسبت به نمونه پردازش نشده بسیار کمتر است. همچنین پردازش با پلاسمای بخار آب دارای زمان جذب کوتاه‌تری نسبت به پردازش با پلاسمای هوا است که این به دلیل پیوستن گروه‌های فعال آب‌دوست بیشتری به سطح و همچنین باعث اتصال بیشتر پیوند هیدروژنی بین آب و سطح چرم است زیرا افزودن بخار آب می‌تواند باعث افزایش غلظت اکسیژن در پلاسما نسبت به اتمسفر خالص O_2 شود.



شکل ۴-۸: زمان جذب آب برای نمونه‌های پردازش شده با پلاسمای قوس لغزان (الف) هوا (ب) بخار آب

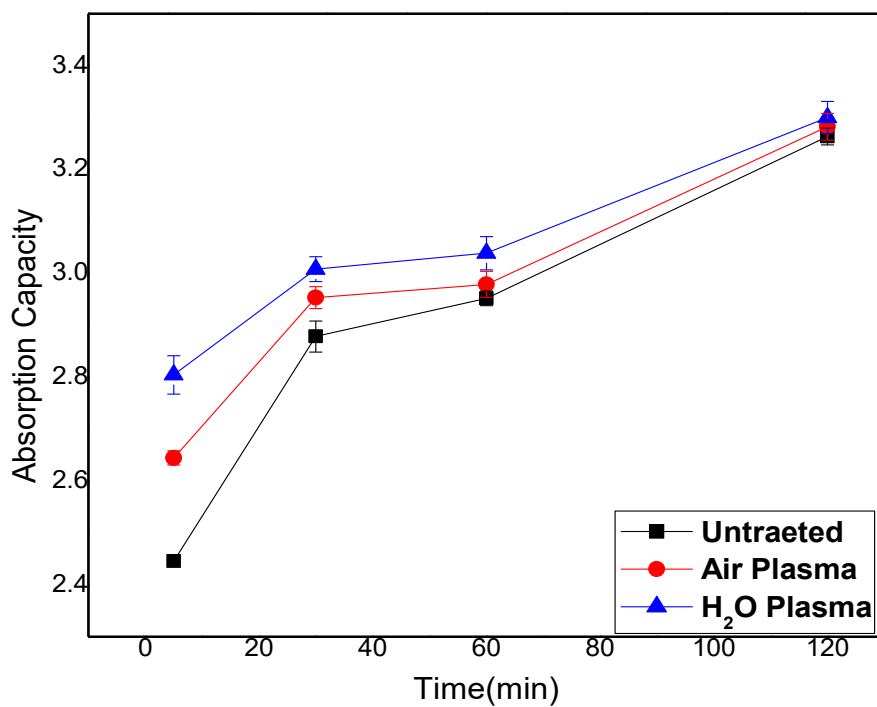


شکل ۴-۹: زمان جذب آب برای نمونه‌های پردازش شده با پلاسمای DBD (الف) هوا (ب) بخار آب

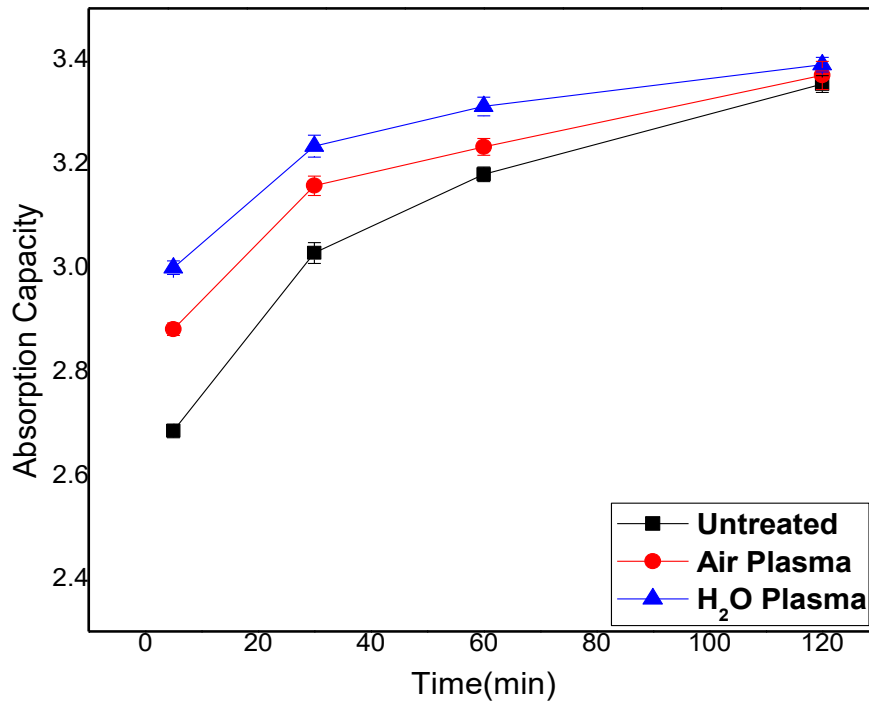
۴-۴ ظرفیت جذب

شکل‌های ۴-۱۰ و ۴-۱۱ ظرفیت جذب نمونه پردازش نشده، نمونه‌های پردازش شده با پلاسمای قوس لغزان هوا و بخار آب و پلاسمای DBD هوا و بخار آب را در زمان پردازش ۵ دقیقه نشان می‌دهد. به دلیل آبدوستی بیشتر در نمونه پردازش شده با DBD، ظرفیت جذب برای این نمونه بیشتر از نمونه پردازش شده با قوس لغزان است. به دلیل افزایش آبدوستی ایجاد شده در ابتدا افزایش قابل توجهی در میزان ظرفیت جذب مشاهده می‌شود و با گذشت زمان این افزایش به مرور کاهش می‌یابد و تفاوت بین نمونه‌های پردازش شده و نمونه پردازش نشده، کم می‌شود.

ابتدا تفاوت بین نمونه‌های پردازش شده و پردازش نشده زیاد است زیرا پس از پردازش پلاسما به دلیل افزایش گروه‌های قطبی که منجر به کاهش زاویه تماس و افزایش آبدوستی چرم شده و همچنین افزایش منافذ روی سطح، موجب انتشار سریع مولکول‌های آب می‌شود. با گذشت زمان، اختلاف بسیار کمی بین نمونه‌های پردازش شده و پردازش نشده وجود دارد زیرا هر ماده‌ای دارای ظرفیت جذب آب محدودی است و پس از مدتی از آب اشباع می‌شود و مقدار آب بیشتری را جذب نمی‌کند. این نشان می‌دهد که پردازش پلاسما فقط سطح مواد را تغییر می‌دهد و بر خواص حجمی آن تاثیری ندارد. [۲۸].



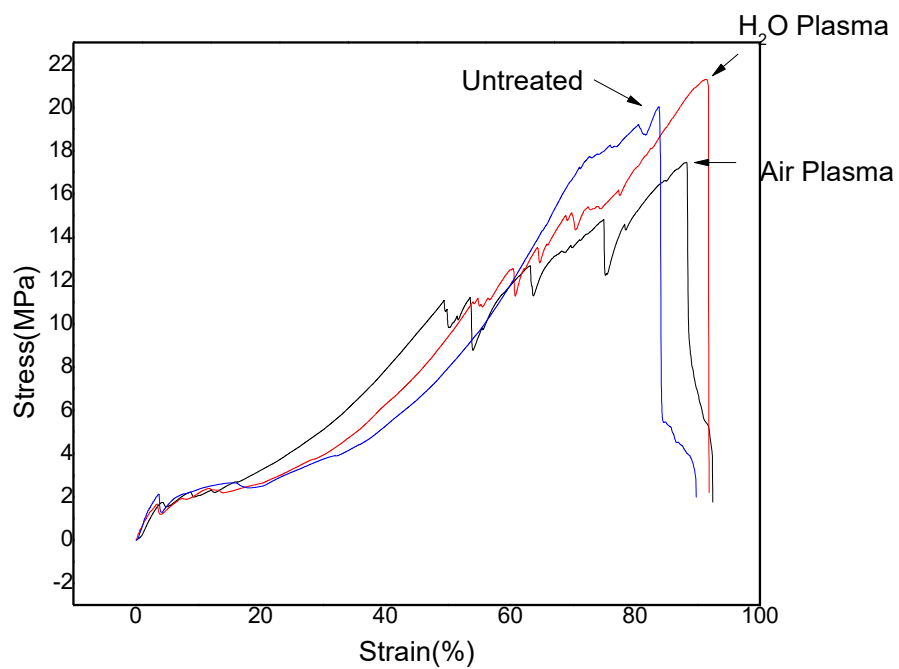
شکل ۴-۱۰: ظرفیت جذب برای نمونه پردازش نشده، نمونه‌های پردازش شده با پلاسمای قوس لغزان هوا و بخار آب



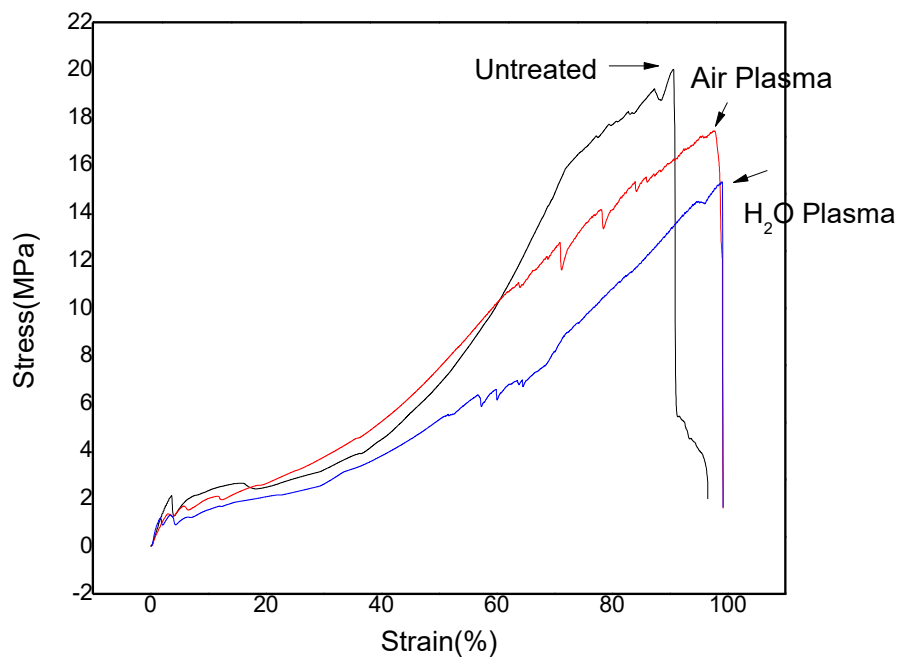
شکل ۴-۱۱: ظرفیت جذب برای نمونه پردازش نشده، نمونه‌های پردازش شده با پلاسمای DBD هوا و بخار آب

۴-۵ آنالیز تنش-کرنش

منحنی‌های تنش-کرنش برای نمونه‌های بدون پردازش، پردازش شده با پلاسمای قوس لغزان هوا و بخار آب و پلاسمای DBD هوا و بخار آب به مدت ۵ دقیقه در شکل‌های ۴-۱۲ و ۴-۱۳ نشان داده شده است. همان طور که در شکل‌ها قابل مشاهده است تنش تقریباً متناسب با کرنش و تغییر شکل الاستیک است. طول انقباض در حالت شکستگی برای نمونه‌های بدون پردازش، پردازش شده با پلاسمای قوس لغزان هوا و بخار آب، پردازش شده با DBD هوا و بخار آب به مدت ۵ دقیقه به ترتیب $۷۸/۷۴\%$ ، $۸۶/۳۸\%$ ، $۸۸/۳۳\%$ و $۹۸/۷۰\%$ و $۹۸/۸۹\%$ است. پس از پردازش پلاسما، طول عمر شکست برای نمونه‌های پردازش شده افزایش می‌یابد. همچنین مقاومت در برابر تغییر شکل چرم نیز پس از پردازش پلاسما افزایش می‌یابد. مقاومت در برابر تغییر شکل به دلیل افزایش آب‌دوستی و افزایش منافذ آن است که باعث جذب سریع بخار آب می‌شود. همچنین جذب بخار آب به هیدراسیون کلاژن کمک می‌کند که باعث سهولت الاستیسیته می‌شود. این نتایج نشان می‌دهد که پردازش پلاسما یک روش ایمن برای تغییر سطح چرم طبیعی است [۵۰].



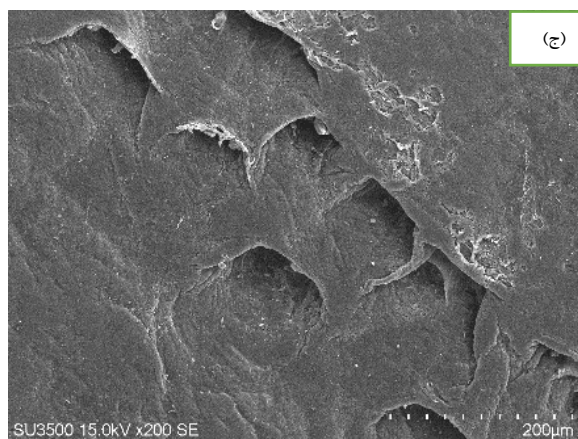
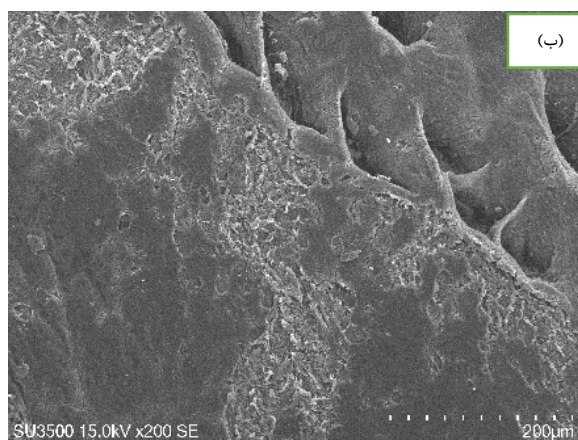
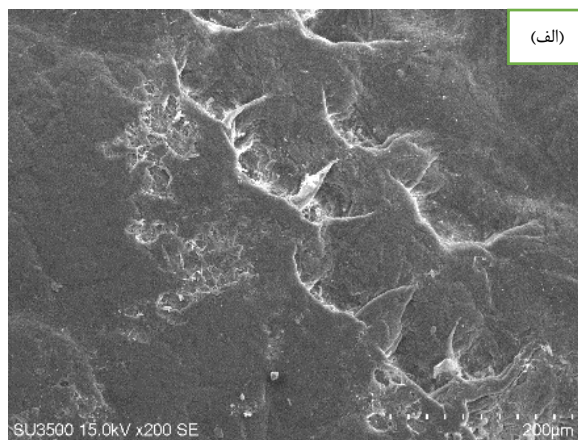
شکل ۴-۱۲: نمودار تنش-کرنش چرم طبیعی برای نمونه پردازش نشده، نمونه‌های پردازش شده با پلاسمای قوس لغزان هوا و بخار آب



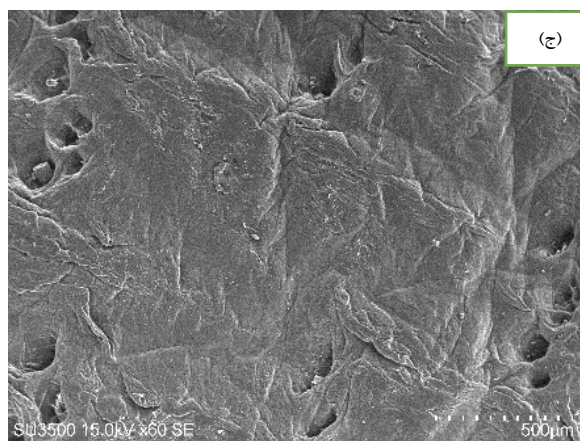
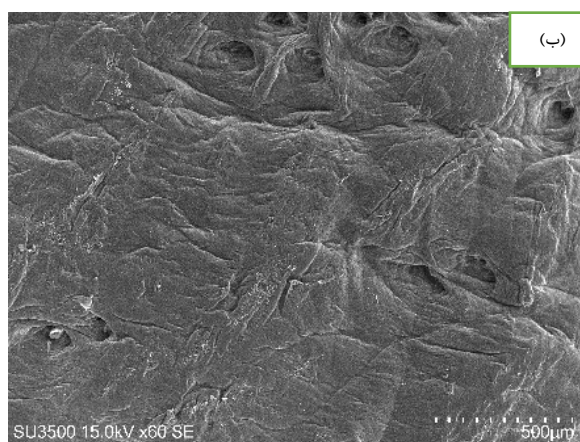
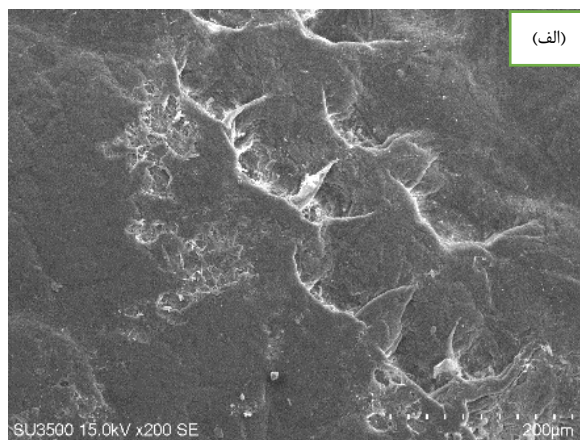
شکل ۴-۱۳: نمودار تنش-کرنش چرم طبیعی برای نمونه پردازش نشده، نمونه‌های پردازش شده با پلاسمای DBD هوا و بخار آب

۴-۶ میکروسکوپ الکترونی روبشی

ریخت‌شناسی سطح چرم طبیعی برای نمونه پردازش نشده، نمونه‌های پردازش شده با پلاسمای قوس لغزان هوا و بخار آب و پلاسمای DBD هوا و بخار آب در شکل‌های ۴-۱۴ و ۴-۱۵ نشان داده شده است. با توجه به تصاویر مشاهده می‌شود که پس از پردازش پلاسما، حفره عمیق‌تر شده و اندازه منافذ بزرگ‌تر شده است. برای نمونه پردازش نشده تصویر دارای هیچ حفره‌ای نیست ولی نمونه پردازش شده با پلاسمای قوس لغزان هوا دارای حفره‌ای به قطر ۷۶ میکرومتر، نمونه پردازش شده با پلاسمای قوس لغزان بخار آب دارای حفره‌ای به قطر ۹۲ میکرومتر، نمونه پردازش شده با پلاسمای DBD هوا دارای حفره‌ای به قطر ۹۷ میکرومتر و نمونه پردازش شده با پلاسمای DBD بخار آب دارای حفره‌ای به قطر ۱۱۰ میکرومتر است که این می‌تواند به علت تورم و اصلاح سطح همراه با رشد منافذ باشد [۳۰، ۵۱].



شکل ۴-۱۴: ریخت‌شناسی سطح چرم طبیعی (الف) نمونه پردازش نشده، پردازش شده با پلاسمای قوس لغزان (ب) هوا (ج) بخار آب



شکل ۴-۱۵: ریخت‌شناسی سطح چرم طبیعی (الف) نمونه پردازش نشده، پردازش شده با پلاسمای DBD (ب) هوا (ج) بخار آب

۷-۴ طیف‌سنجی FTIR-ATR

شکل ۱۶-۴، طیف FTIR-ATR چرم بدون پردازش، چرم پردازش شده برای ۵ دقیقه با پلاسمای قوس لغزان هوا و بخار آب و شکل ۴-۱۷ طیف FTIR-ATR چرم بدون پردازش، چرم پردازش شده برای ۵ دقیقه با پلاسمای DBD هوا و بخار آب است. همان طور که در شکل نشان داده شده است برای نمونه پردازش نشده، قله $3321/0.8 \text{ cm}^{-1}$ کشش O-H، قله $2922/92 \text{ cm}^{-1}$ مربوط به پیوند C-H است. قله جذب تیز که در $1639/99 \text{ cm}^{-1}$ قرار دارد، همراه با C=O آمید چرم طبیعی در پیوند پپتید (I) است. قله $1551/22 \text{ cm}^{-1}$ نشان دهنده N-H آمید (II) است. قله $1450/75 \text{ cm}^{-1}$ نشان دهنده ارتعاش گروه عاملی OH و RCOO است و همچنین قله $1231/22 \text{ cm}^{-1}$ ناشی از ارتعاش C-O و قله $1110/87 \text{ cm}^{-1}$ ناشی از ارتعاش آمین C-N است [۵۱-۵۳].

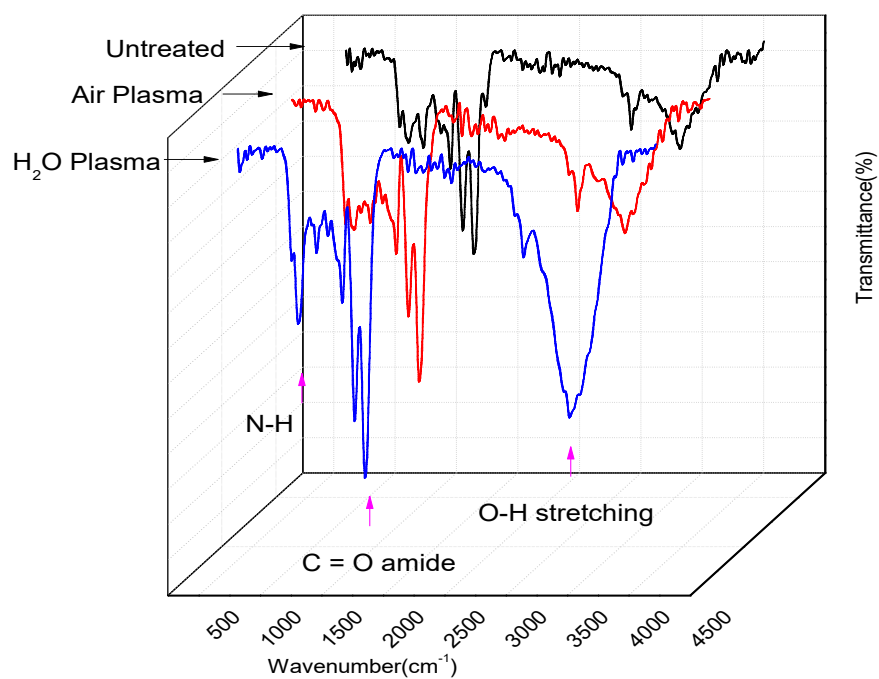
همان گونه که مشاهده می‌شود برای نمونه‌های پردازش شده با پلاسمای قوس لغزان هوا، گروه‌های عاملی مشابه با نمونه بدون پردازش بودند به جز قله $1036/63 \text{ cm}^{-1}$ که مربوط به ارتعاش C-N ناشی از پلاسما است. همچنین این تشابه برای نمونه پردازش شده با پلاسمای قوس لغزان بخار آب و نمونه پردازش نشده نیز وجود دارد به جز قله $1034/30 \text{ cm}^{-1}$ که مربوط به ارتعاش C-N ناشی از پلاسما است و قله $1334/30 \text{ cm}^{-1}$ که مربوط به C-N آمید (III) است.

همچنین برای نمونه‌های پردازش شده با DBD هوا، تمامی گروه‌های عاملی مشابه نمونه بدون پردازش بودند به جز قله $1036/44 \text{ cm}^{-1}$ که مربوط به ارتعاش C-N ناشی از پلاسما است. تفاوت نمونه پردازش شده با پلاسمای DBD بخار آب و نمونه پردازش نشده در قله $1034/30 \text{ cm}^{-1}$ است که مربوط به ارتعاش C-N ناشی از پلاسما است و قله $1334/30 \text{ cm}^{-1}$ که مربوط به C-N آمید (III) است.

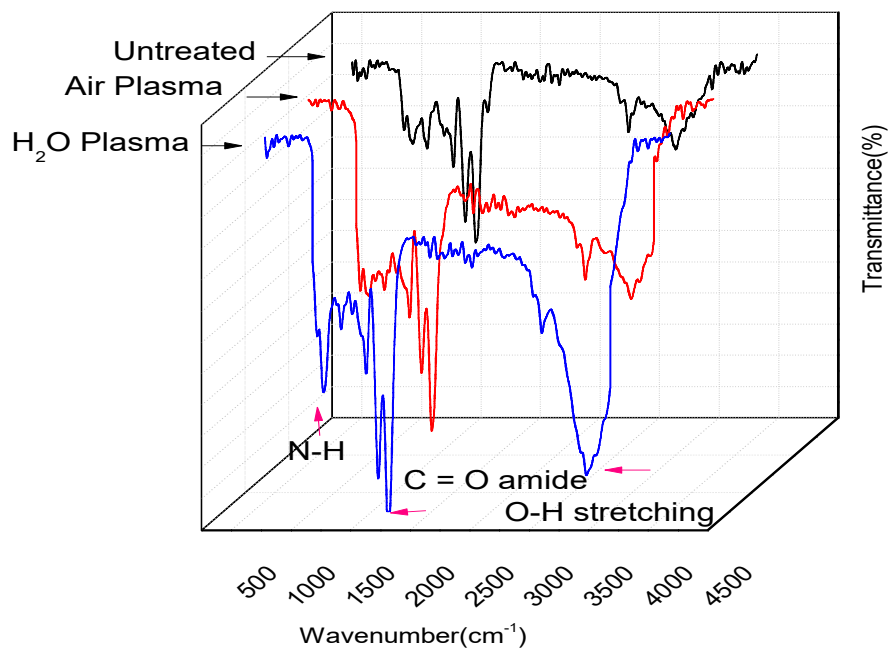
همانطور که مشاهده می‌شود طیف‌های جدید زیادی مشاهده نمی‌شود اما شدت قله‌هایی مانند C=O

آمید چرم طبیعی در باند پپتید (I)، N-H آمید (II) و کشش O-H تغییر کرده است که به علت واکنش‌های ناشی از پلاسما است. شدت پیوند در طول $1000-1200\text{ cm}^{-1}$ پس از پردازش پلاسما افزایش یافته است که این نشان می‌دهد واکنش اکسیداتیو تحریک پلاسما باعث تغییر ترکیبات شیمیایی سطح با اتصال گروه‌های عاملی جدید می‌شود. این تغییر شدت‌ها برای نمونه‌های پردازش شده با پلاسمای DBD نسبت به نمونه‌های پردازش شده با پلاسمای قوس لغزان بیشتر است [۵۴].

افزایش شدت گروه‌های عاملی حاوی اکسیژن نشان می‌دهد که گروه‌های حاوی اکسیژن روی سطح نمونه‌هایی که با پلاسما هوا و بخار آب پردازش شدند، پیوند داده شدند و مقدار اکسیژن افزایش یافته است که این افزایش شدت برای نمونه‌های پردازش شده با پلاسما بخار آب بیشتر است.



شکل ۴-۱۶: طیف FTIR-ATR چرم طبیعی برای نمونه پردازش نشده، نمونه‌های پردازش شده با پلاسمای قوس لغزان هوا و بخار آب



شکل ۴-۱۷: طیف FTIR-ATR چرم طبیعی برای نمونه پردازش نشده، نمونه‌های پردازش شده با پلاسمای DBD هوا و بخار آب

۸-۴ آنالیز رنگ

مقادیر اختلاف رنگ برای نمونه‌های تحت پردازش با پلاسمای قوس لغزان و DBD، پلاسمای قوس لغزان و بخار آب، پلاسمای DBD و بخار آب و نمونه بدون پردازش مقایسه شده است که در جدول‌های ۱-۴ و ۲-۴ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود برای نمونه‌های پردازش شده با پلاسمای قوس لغزان (شکل‌های ۱۸-۴ و ۱۹-۴) و DBD (شکل‌های ۲۰-۴ و ۲۱-۴) دارای مقدار منفی ΔL^* است که نشان دهنده سایه تیره‌تر بیشتری از رنگ است و مقدار Δa^* نیز منفی است که نشان دهنده رنگ سبز بیشتر و ارزش Δb^* نیز نشان دهنده رنگ آبی بیشتر است. میزان تفاوت ناچیز برای a^* و b^* نشان می‌دهد که رنگ نمونه‌های پردازش شده از نظر شاخص‌های کمی رنگ بسیار نزدیک به نمونه پردازش نشده است و پردازش پلاسما تاثیر چندانی بر روی این دو پارامتر نداشته است. تفاوت L^* نشان می‌دهد که پردازش پلاسما فقط باعث کمی تیره‌تر شدن نمونه شده است که این تفاوت برای نمونه‌های پردازش شده با DBD دارای مقدار بیشتری است.

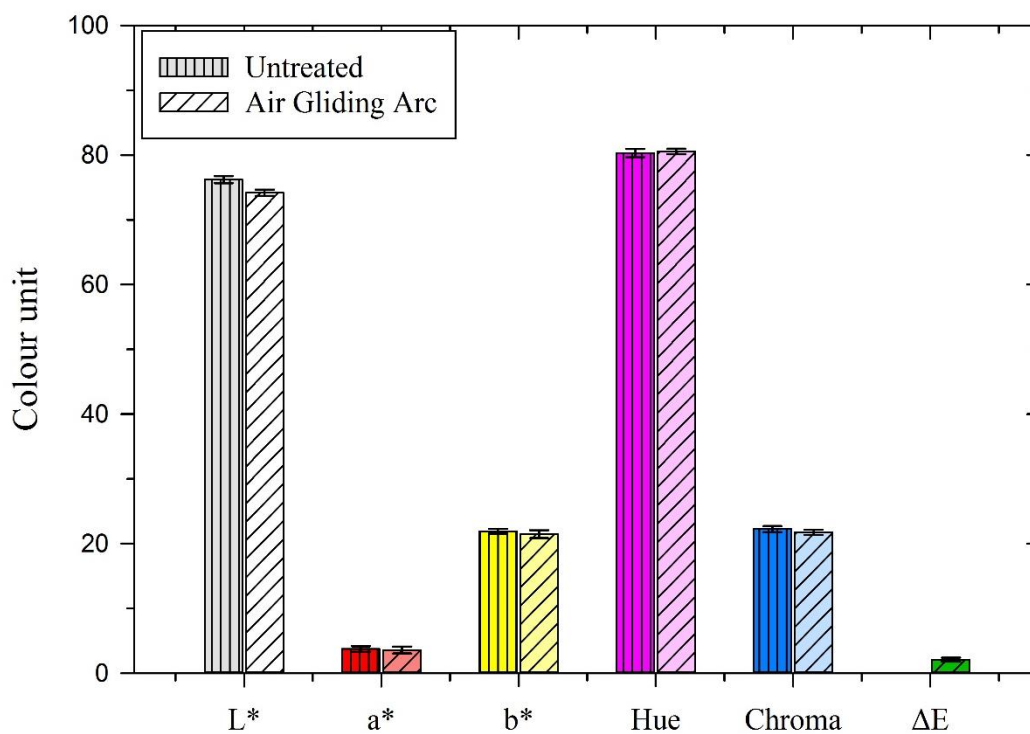
جدول ۱-۴: مقادیر مختصات رنگی CIELAB نمونه‌های پردازش نشده، پردازش شده با پلاسمای هوا و بخار آب چرم طبیعی

نمونه پردازش شده با پلاسمای قوس لغزان بخار آب		
L^*	a^*	b^*
۷۴/۸۱	۳/۴۸	۲۱/۵۵
نمونه پردازش شده با پلاسمای قوس لغزان هوا		
L^*	a^*	b^*
۷۴/۱۹	۳/۵۷	۲۱/۴۵
نمونه پردازش شده با پلاسمای DBD بخار آب		
L^*	a^*	b^*

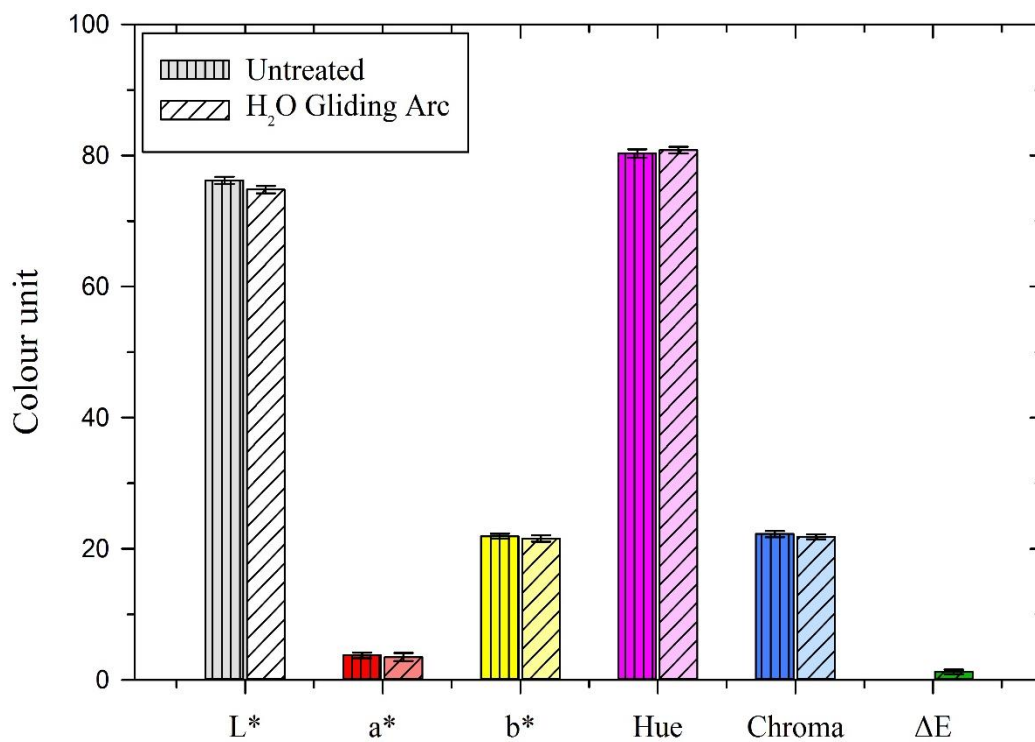
۷۳/۲۳	۲/۹۸	۲۱/۳۴
نمونه پردازش شده با پلاسمای DBD هوا		
L*	a*	b*
۷۳/۹۸	۳/۴۳	۲۱/۶۱
نمونه پردازش نشده		
L*	a*	b*
۷۶/۲۲	۳/۷۴	۲۱/۹۱

جدول ۴-۲: مقادیر اختلاف رنگی نمونه‌های پردازش نشده، پردازش شده با پلاسمای هوا و بخار آب چرم طبیعی

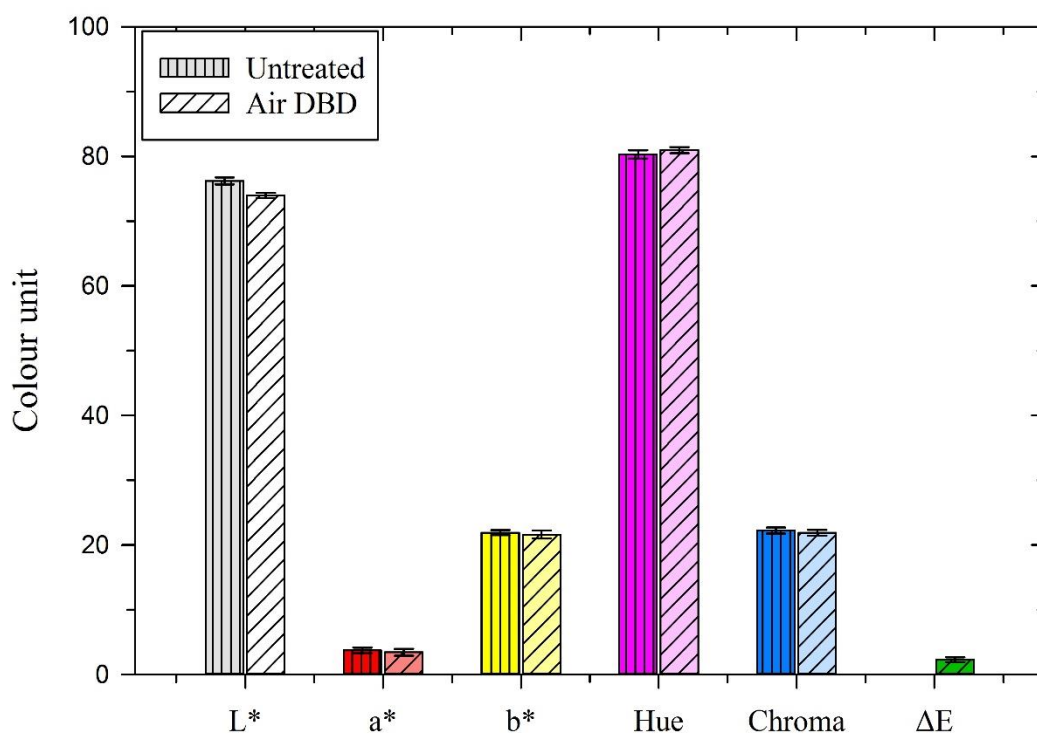
نام نمونه	Δa^*	Δb^*	ΔL^*	ΔE	hue	chroma
نمونه پردازش شده با پلاسمای قوس لغزان هوا	-۰/۱۷	-۰/۴۶	-۲/۰۳	۲/۰۸	۸۰/۵۵	۲۱/۷۷
نمونه پردازش شده با پلاسمای قوس لغزان بخار آب	-۰/۲۶	-۰/۳۶	-۱/۴۱	۱/۲۲	۸۰/۸۲	۲۱/۸۹
نمونه پردازش شده با پلاسمای DBD بخار آب	-۰/۷۶	-۰/۵۷	-۲/۹۹	۳/۱۳	۸۲/۰۵	۲۱/۵۴
نمونه پردازش شده با پلاسمای DBD هوا	-۰/۳۱	-۰/۳	-۲/۲۴	۲/۲۸	۸۰/۹۸	۲۱/۸۸



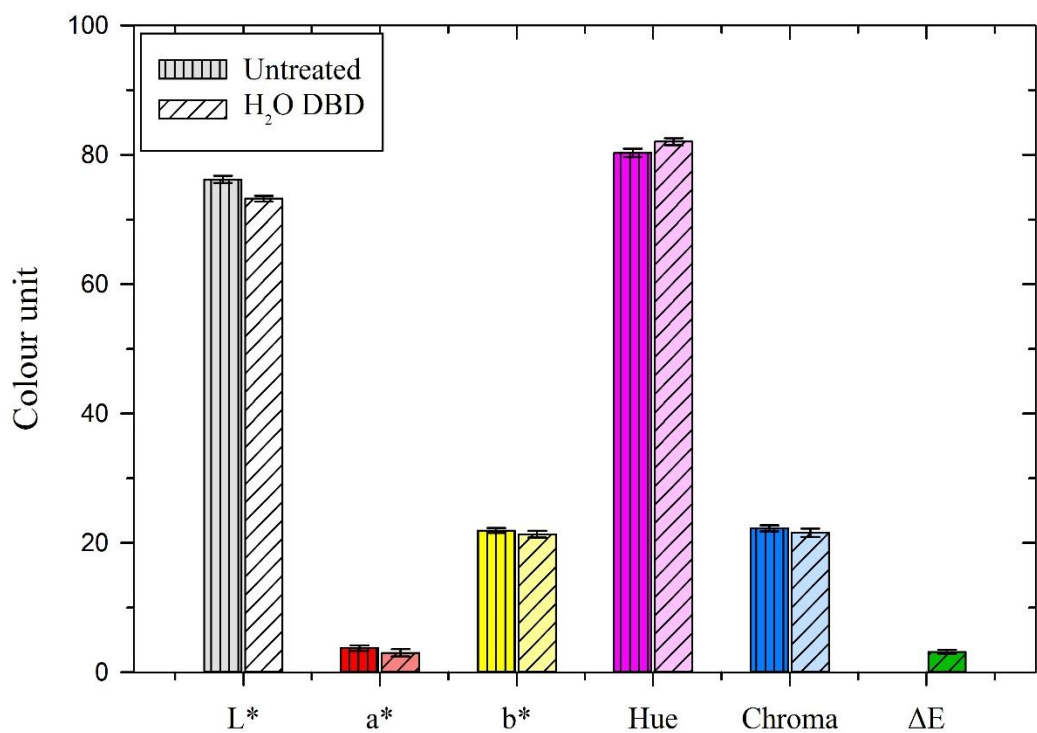
شکل ۴-۱۸: مقادیر اختلاف رنگی نمونه‌های پردازش نشده و پردازش شده با پلاسمای قوس لغزان هوا



شکل ۴-۱۹: مقادیر اختلاف رنگی نمونه‌های پردازش نشده و پردازش شده با پلاسمای قوس لغزان بخار آب



شکل ۴-۲۰: مقادیر اختلاف رنگی نمونه‌های پردازش نشده و پردازش شده با پلاسمای DBD هوا



شکل ۴-۲۱: مقادیر اختلاف رنگی نمونه‌های پردازش نشده و پردازش شده با پلاسمای DBD بخار آب

۴-۹ طیف‌سنجی گسیل اپتیکی

اندازه‌گیری طیف پلاسمای هوا و بخار آب برای دو دستگاه قوس لغزان (جدول ۴-۳) و DBD (جدول ۴-۴) انجام شد. طیف‌گیری‌های انجام شده در شکل ۴-۲۲ و شکل ۴-۲۳ نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود پیک‌های N_2 غالب هستند زیرا ۷۸٪ هوا از نیتروژن تشکیل شده است. پیک‌های N_2 که بیشتر شایع هستند دارای حالت‌های ارتعاشی مختلف از سیستم مثبت دوم از $N_2 (C^3Ilu \rightarrow B^3IIg)$ (11.1 eV → 7.39 eV) و همچنین سیستم منفی اول از $N_2^+ (B^2\Sigma_u^+ \rightarrow X^2\Sigma_u^+)$ (18.7 eV → 15.6 eV) است. جمعیت حالت بالایی $N_2 (C^3Ilu)$ باعث بسیاری از فرآیندهای فروپاشی و برانگیختگی مثل برانگیختگی ضربه‌ای الکترون از حالت پایه مولکولی ($X^1\Sigma_g^+$) و حالت شبه پایدار اول ($A^3\Sigma_u^+$)، واکنش‌های اشتراکی و برانگیختگی تجمعی می‌شود. در حالی که تولید $N_2^+ (B^2\Sigma_u^+)$ می‌تواند توسط یونش ضربه‌ای مستقیم با الکترون‌های انرژی بالا تولید شود [۵۵-۵۶].

مقدار ضریب فروپاشی از $O(^3P)$ با مولکول‌های اکسیژن $cm^3s^{-1} \times 10^{-10}$ و $7/5$ و این مقدار برای مولکول‌های نیتروژن $cm^3s^{-1} \times 10^{-10}$ و $4/2$ است و همچنین سرعت‌های فرآیندهای $^5S-^5P$ و $^3P-^3S$ به ترتیب $3/69 \times 10^7 s^{-1}$ و $3/22 \times 10^7 s^{-1}$ است و از آنجا که فروپاشی دو مرتبه سریع‌تر از تابش است هیچ اتم اکسیژنی مشاهده نمی‌شود.

غلبه سیستم مثبت دوم در طیف انتشار و نبودن انتشار اتمی و مولکولی اکسیژن، تولید ازن را ثابت می‌کند. بدین صورت که هیچ طیفی از اکسیژن به صورت واضح دیده نمی‌شود زیرا الکترون‌های پرانرژی پلاسما، مولکول‌های اکسیژن را به اتم‌ها تفکیک می‌کنند و این‌ها با مولکول اکسیژن و ذره سوم برخورد می‌کنند و اوزن را تولید می‌کنند [۵۷].





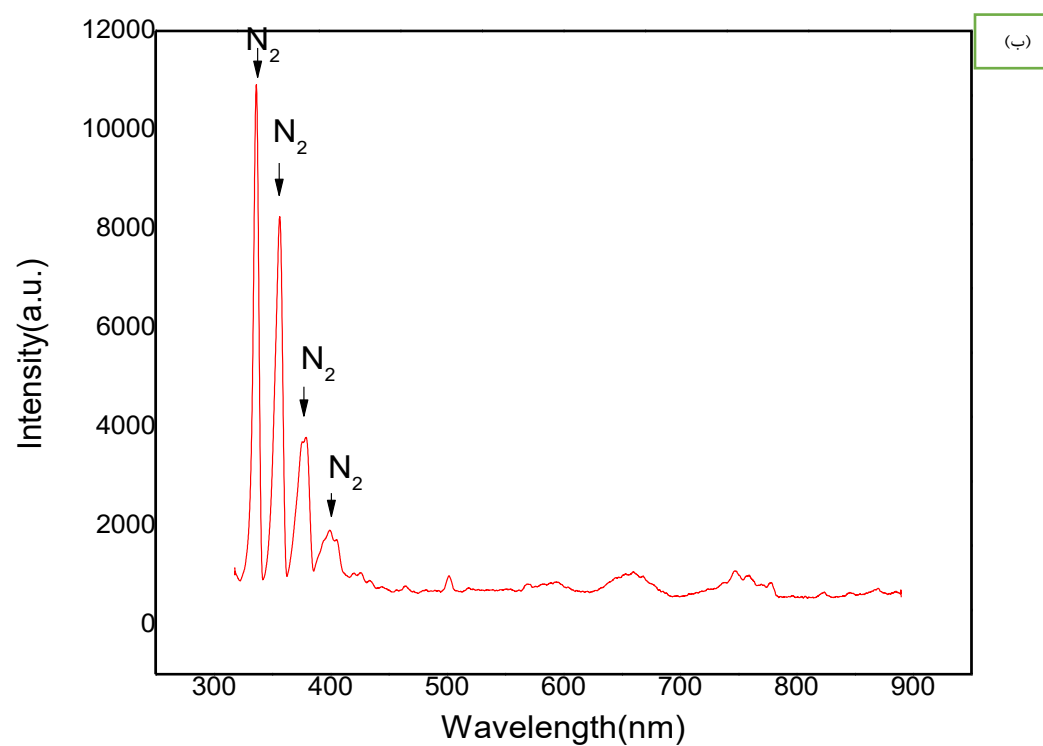
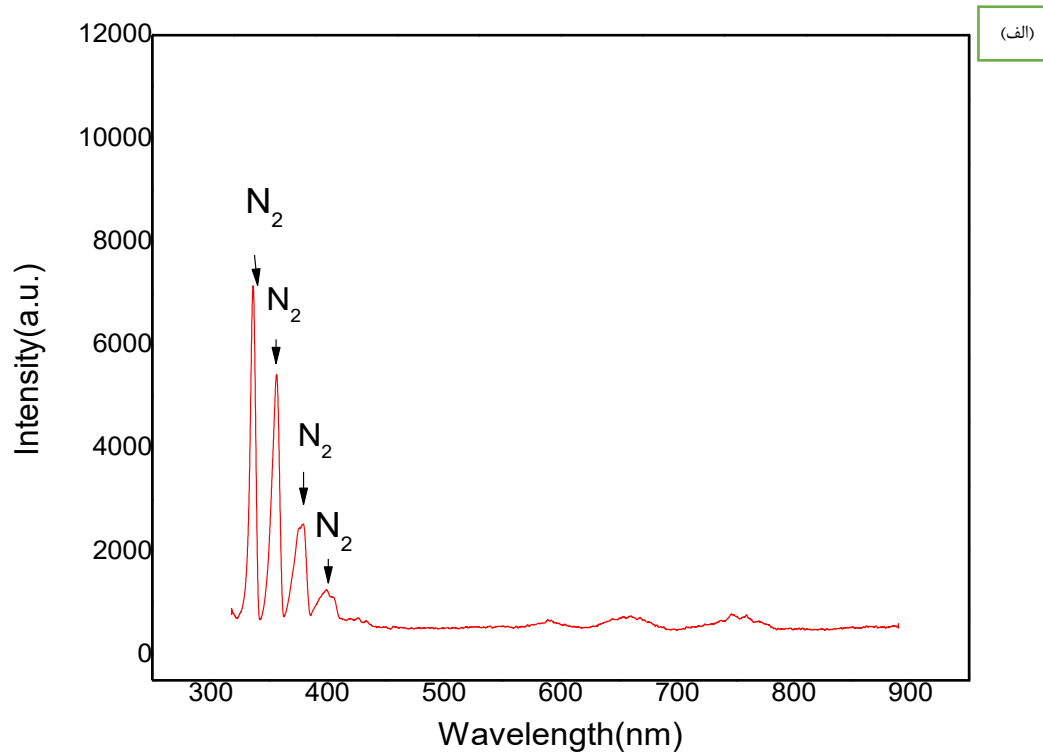
علاوه بر اوزون، انواع گونه‌های مختلف اکسید نیتروژن می‌توانند توسط واکنش اتم‌های نیتروژن با مولکول‌های اکسیژن تولید شوند [۵۸].

جدول ۴-۳: قله‌های نمونه‌های شناخته شده در پلاسمای قوس لغزان هوا و بخار آب

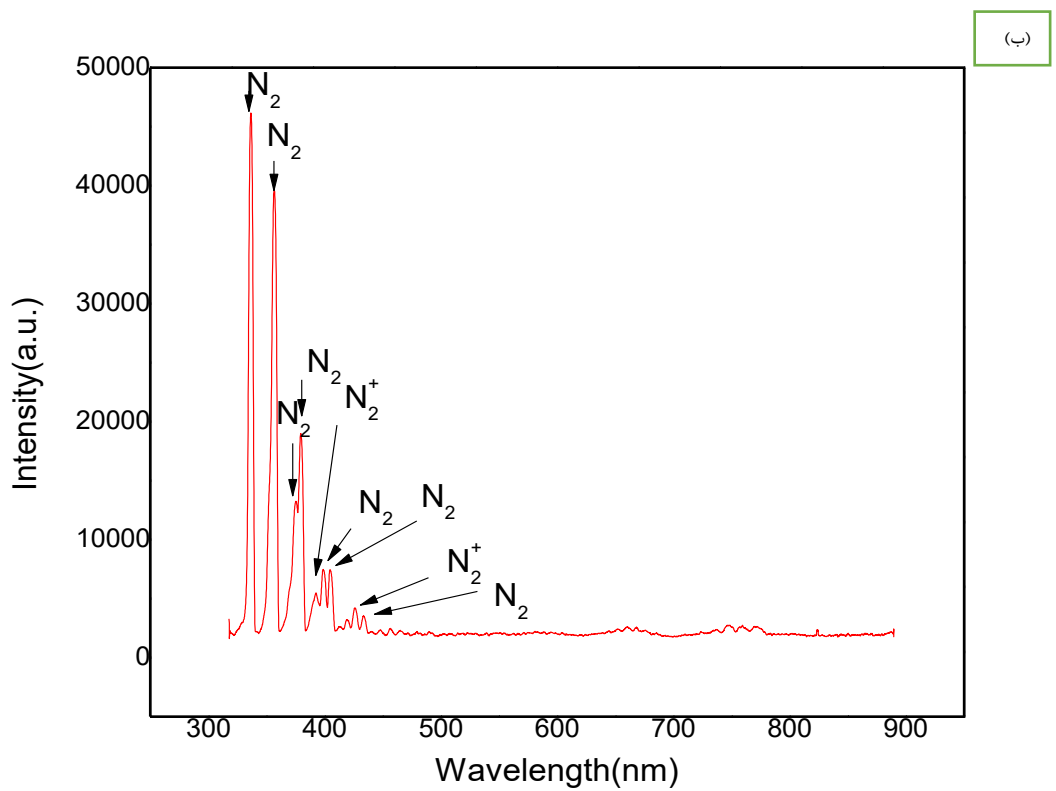
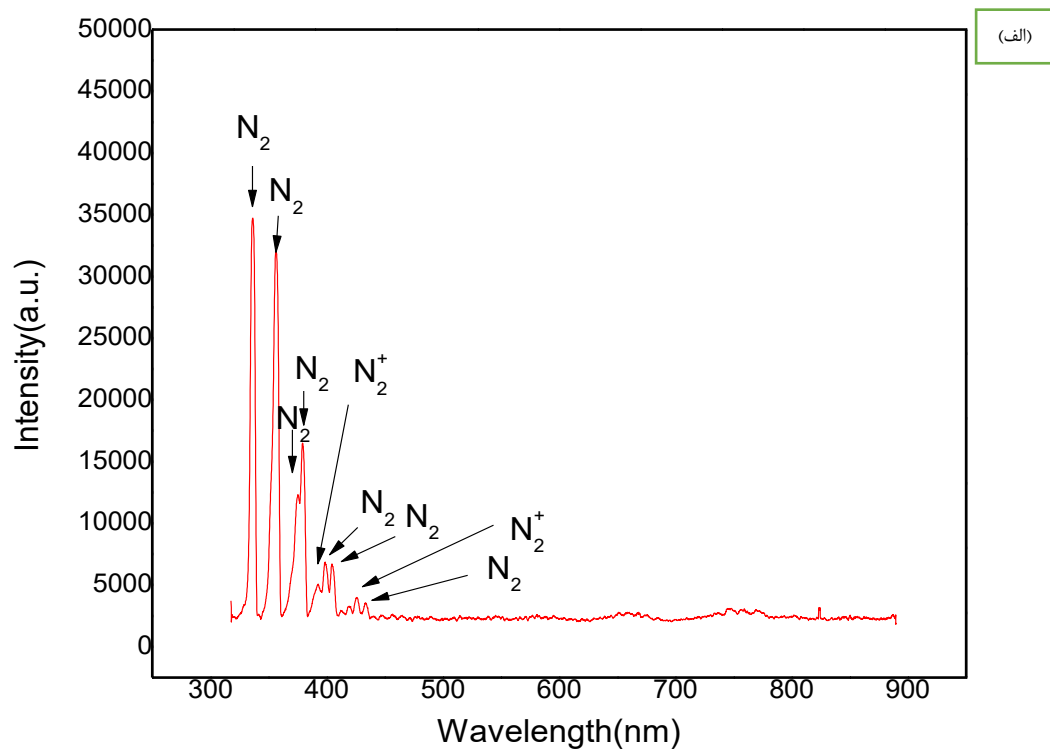
طول موج (nm)	نمونه‌های شناخته شده
۳۳۷/۵	$N_2(C^3Ilu \rightarrow B^3Ilg. 0 - 0)$
۳۵۷/۵	$N_2(C^3Ilu \rightarrow B^3Ilg. 0 - 1)$
۳۷۵/۴	$N_2(C^3Ilu \rightarrow B^3Ilg. 1 - 3)$
۴۰۵/۵	$N_2(C^3Ilu \rightarrow B^3Ilg. 0 - 3)$

جدول ۴-۴: قله‌های نمونه‌های شناخته شده در پلاسمای DBD هوا و بخار آب

طول موج (nm)	نمونه‌های شناخته شده
۳۳۷/۷	$N_2(C^3Ilu \rightarrow B^3Ilg. 0 - 0)$
۳۵۷/۵	$N_2(C^3Ilu \rightarrow B^3Ilg. 0 - 1)$
۳۷۵/۵	$N_2(C^3Ilu \rightarrow B^3Ilg. 1 - 3)$
۳۸۰/۵	$N_2(C^3Ilu \rightarrow B^3Ilg. 0 - 3)$
۳۹۳/۳	$N_2^+(B^2\Sigma_u^+ \rightarrow X^2\Sigma_u^+)$
۳۹۹/۶	$N_2(C^3Ilu \rightarrow B^3Ilg. 0 - 3)$
۴۰۵/۷	$N_2(C^3Ilu \rightarrow B^3Ilg. 0 - 3)$
۴۲۷/۵	$N_2^+(B^2\Sigma_u^+ \rightarrow X^2\Sigma_u^+)$
۴۳۱/۱	$N_2(C^3Ilu \rightarrow B^3Ilg. 0 - 3)$



شکل ۴-۲۲: نمودار طیف گسیل اپتیکی پلاسما برای قوس لغزان (الف) هوا (ب) بخار آب



شکل ۴-۲۳: نمودار طیف گسیل اپتیکی پلاسما برای پلاسمای DBD (الف) هوا (ب) بخار آب

۴-۱۰ محاسبه‌ی دما

داده‌های لازم برای محاسبه دمای پلاسمای قوس لغزان هوا و بخار آب به ترتیب در جداول ۴-۵ و ۴-۶ و برای پلاسمای DBD هوا و بخار آب در جداول ۴-۷ و ۴-۸ ارائه شده است و نمودار آن‌ها برای قوس لغزان هوا (۴-۲۴)، قوس لغزان بخار آب (۴-۲۵)، DBD هوا (۴-۲۶) و DBD بخار آب (۴-۲۷) به منظور به دست آوردن شیب رسم شده است.

جدول ۴-۵: اطلاعات گونه‌های نیتروژن جهت اندازه‌گیری دمای پلاسمای قوس لغزان هوا

طول موج (nm)	شدت (a.u.)	گذار	سطح انرژی (eV)	وزن آماری g_k	احتمال انتقال $A (s^{-1})$
۳۳۷/۵	۷۰۹۱/۶	$2s2p(^3p^0)3p^4p[3/2] \rightarrow 2s2p(^3p^0)3s^4p^0[5/2]$	۳۹/۳۴۴۶۷	۶	$۸/۱۳ \times ۱۰^۷$
۳۵۷/۵	۵۳۷۶	$2s^22p4s^3p^0[2] \rightarrow 2s^22p3p^3s[1]$	۳۸/۱۴۹۱۲۳	۵	$۱/۲۱ \times ۱۰^۷$
۳۷۵/۴	۲۴۵۴/۵۴	$2s2p(^3p^0)3p^4s[3/2] \rightarrow 2s2p(^3p^0)3s^4p^0[3/2]$	۳۸/۹۵۷۹۸	۴	$۳/۷۸ \times ۱۰^۷$
۴۰۵/۵	۱۱۹۳/۵۴	$1s^22s3d^1D[2] \rightarrow 1s^22s3p^1p^0[1]$	۳۹/۹۰۹۰۱	۵	$۶/۶۲ \times ۱۰^۷$

جدول ۴-۶: اطلاعات گونه‌های نیتروژن جهت اندازه‌گیری دمای پلاسمای قوس لغزان بخار آب

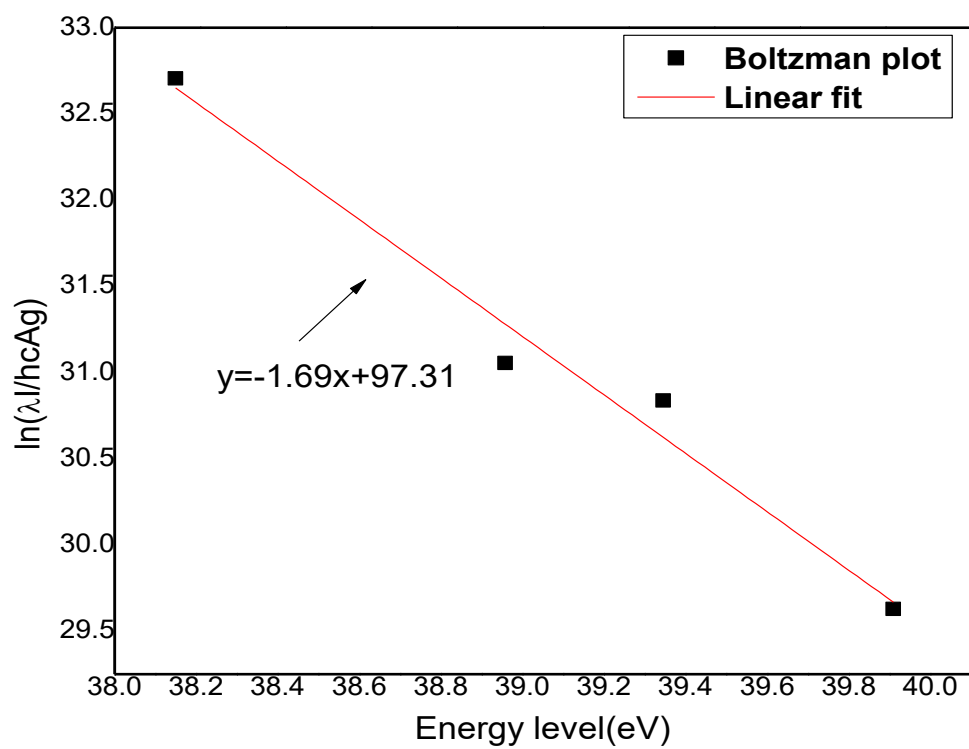
طول موج (nm)	شدت (a.u.)	گذار	سطح انرژی (eV)	وزن آماری g_k	احتمال انتقال $A (s^{-1})$
۳۳۷/۵	۱۰۸۲۹/۶	$2s2p(^3p^0)3p^4p[3/2] \rightarrow 2s2p(^3p^0)3s^4p^0[5/2]$	۳۹/۳۴۴۶۷	۶	$۸/۱۳ \times ۱۰^۷$
۳۵۷/۵	۸۰۸۸/۵۶	$2s^22p4s^3p^0[2] \rightarrow 2s^22p3p^3s[1]$	۳۸/۱۴۹۱۲	۵	$۱/۲۱ \times ۱۰^۷$
۳۷۵/۴	۳۶۲۰/۵۲	$2s2p(^3p^0)3p^4s[3/2] \rightarrow 2s2p(^3p^0)3s^4p^0[3/2]$	۳۸/۹۵۷۹۸	۴	$۳/۷۸ \times ۱۰^۷$
۴۰۵/۵	۱۸۳۲/۵۵	$1s^22s3d^1D[2] \rightarrow 1s^22s3p^1p^0[1]$	۳۹/۹۰۹۰۱	۵	$۶/۶۲ \times ۱۰^۷$

جدول ۴-۷: اطلاعات گونه‌های نیتروژن جهت اندازه‌گیری دمای پلاسمای DBD هوا

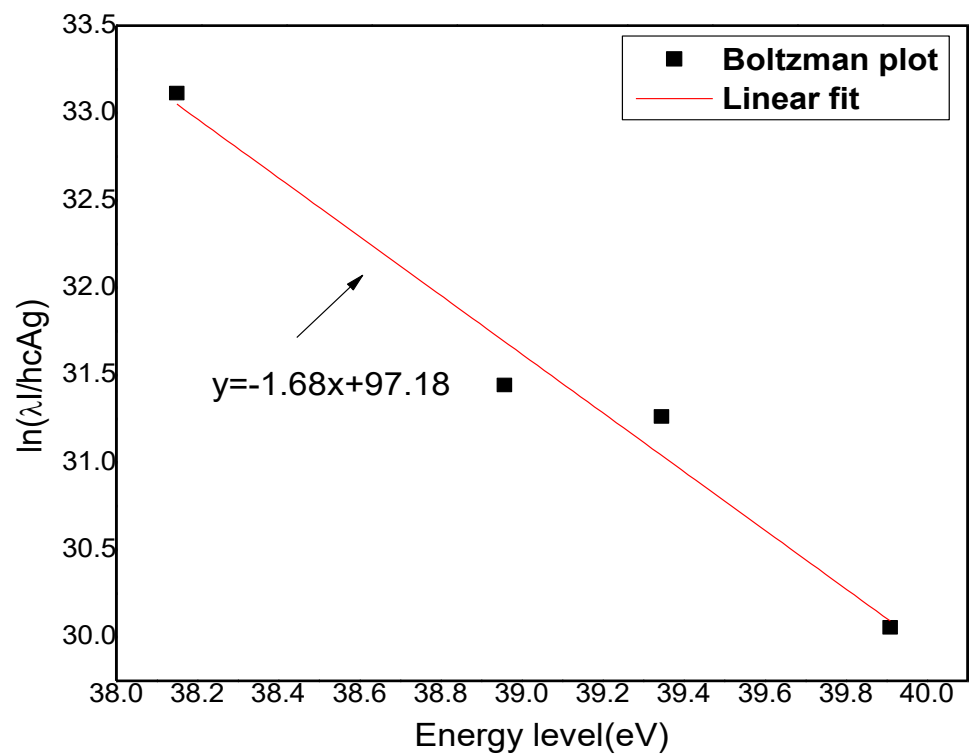
طول موج (nm)	شدت (a.u.)	گذار	سطح انرژی (eV)	وزن آماری g_k	احتمال انتقال $A (s^{-1})$
۳۳۷/۷	۳۴۵۲۷/۱۲	$2s2p(^3p^0)3p^4p[3/2] \rightarrow 2s2p(^3p^0)3s^4p^0[5/2]$	۳۹/۳۴۴۶۷	۴	$۸/۱۳ * ۱۰^۷$
۳۵۷/۵	۳۲۱۲۵/۳۶	$2s^22p4s^3p^0[2] \rightarrow 2s^22p3p^3s[1]$	۳۸/۱۴۹۱۲۳	۵	$۱/۲۱ * ۱۰^۷$
۳۷۵/۵	۱۱۷۴۱/۲۰	$2s2p(^3p^0)3p^4s[3/2] \rightarrow 2s2p(^3p^0)3s^4p^0[3/2]$	۳۸/۹۵۷۹۸	۴	$۳/۷۸ * ۱۰^۷$
۳۸۰/۵	۱۷۱۴۵/۱۶	$2s2p(^3p^0)3d^4p^0[5/2] \rightarrow 2s2p(^3p^0)3p^4D[7/2]$	۳۹/۹۰۴۳۴	۶	$۱/۰۳ * ۱۰^۷$
۳۹۳/۳	۵۱۵۱/۷۵	$2s2p(^3p^0)3d^2D^0[3/2] \rightarrow 2s2p(^3p^0)3p^2p[1/2]$	۴۱/۴۷۷۷۰	۴	$۷/۴۹ * ۱۰^۷$
۳۹۹/۶	۶۵۵۲/۷۸	$2s2p(^3p^0)3d^4p^0[1/2] \rightarrow 2s^24d^2D [3/2]$	۴۲/۴۹۷۱۳	۲	$۱/۵۷ * ۱۰^۶$
۴۰۵/۷	۵۹۵۲/۳۴	$1s^22s3d^1D[2] \rightarrow 1s^22s3p^1p^0[1]$	۳۹/۹۰۹۰۱	۵	$۶/۶۲ * ۱۰^۷$
۴۲۷/۵	۳۹۵۰/۸۷	$2s2p^4^2D[5/2] \rightarrow 2s^22p^2(^3p)3p^2p^0[3/2]$	۳۹/۸۹۶۴۹	۶	$۸/۲۸ * ۱۰^۵$
۴۳۱/۱	۳۵۵۰/۵۸	$2s2p(^3p^0)3d^4D^0[3/2] \rightarrow 2s2p(^3p^0)3p^4D[1/2]$	۴۱/۲۶۲۴۹	۴	$۵/۴۰ * ۱۰^۶$

جدول ۸-۴: اطلاعات گونه‌های نیتروژن جهت اندازه‌گیری دمای پلاسمای DBD بخار آب

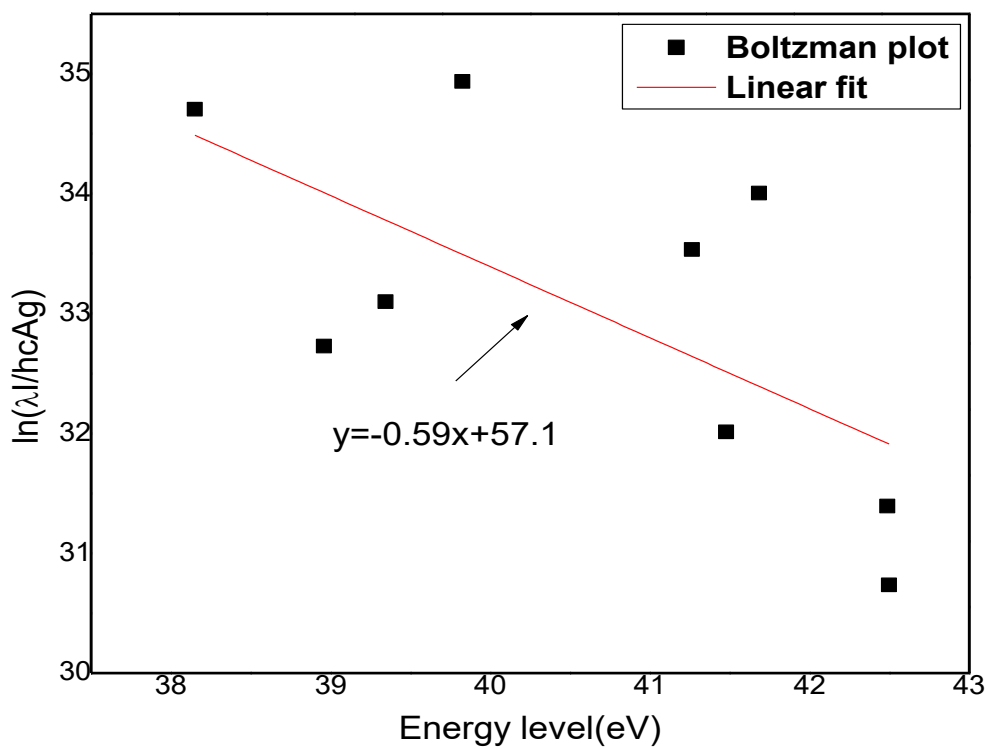
طول موج (nm)	شدت (a.u.)	گذار	سطح انرژی (eV)	وزن آماری g_k	احتمال انتقال $A \text{ (s}^{-1}\text{)}$
۳۳۷/۷	۴۵۲۹۰/۳۲	$2s2p(^3p^0)3p^4p[3/2] \rightarrow 2s2p(^3p^0)3s^4p^0[5/2]$	۳۹/۳۴۴۶۷	۴	$۸/۱۳ \times 10^7$
۳۵۷/۵	۳۹۶۴۵/۱۶	$2s^22p4s^3p^0[2] \rightarrow 2s^22p3p^3s[1]$	۳۸/۱۴۹۱۲۳	۵	$۱/۲۱ \times 10^7$
۳۷۵/۵	۱۳۰۶۴/۵۱	$2s2p(^3p^0)3p^4s[3/2] \rightarrow 2s2p(^3p^0)3s^4p^0[3/2]$	۳۸/۹۵۷۹۸	۴	$۳/۷۸ \times 10^7$
۳۸۰/۵	۱۸۹۱۹/۳۵	$2s2p(^3p^0)3d^4p^0[5/2] \rightarrow 2s2p(^3p^0)3p^4D[7/2]$	۳۹/۹۰۴۳۴	۶	$۱/۰۳ \times 10^7$
۳۹۳/۳	۴۹۰۳/۲۲	$2s2p(^3p^0)3d^2D^0[3/2] \rightarrow 2s2p(^3p^0)3p^2p[1/2]$	۴۱/۴۷۷۷۰	۴	$۷/۴۹ \times 10^7$
۳۹۹/۶	۶۷۷۴/۱۹	$2s2p(^3p^0)3d^4p^0[1/2] \rightarrow 2s^24d^2D [3/2]$	۴۲/۴۹۷۱۳	۲	$۱/۵۷ \times 10^6$
۴۰۵/۷	۶۹۸۳/۸۷	$1s^22s3d^1D[2] \rightarrow 1s^22s3p^1p^0[1]$	۳۹/۹۰۹۰۱	۵	$۶/۶۲ \times 10^7$
۴۲۷/۵	۳۴۳۵/۴۸	$2s2p^4^2D[5/2] \rightarrow 2s^22p^2(^3p)3p^2p^0[3/2]$	۳۹/۸۹۶۴۹	۶	$۸/۲۸ \times 10^5$
۴۳۱/۱	۳۶۴۵/۱۶	$2s2p(^3p^0)3d^4D^0[3/2] \rightarrow 2s2p(^3p^0)3p^4D[1/2]$	۴۱/۲۶۲۴۹	۴	$۵/۴۰ \times 10^6$



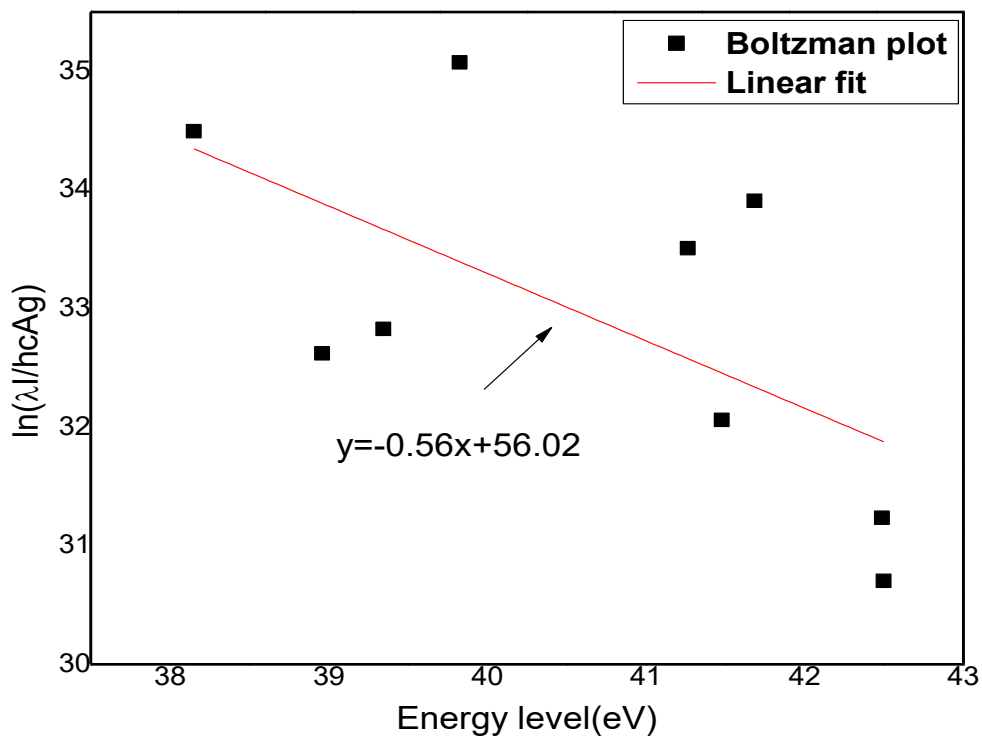
شکل ۴-۲۴: نمودار بولتزمن پلاسمای قوس لغزان هوا



شکل ۴-۲۵: نمودار بولتزمن پلاسمای قوس لغزان بخار آب



شکل ۴-۲۶: نمودار بولتزمن پلاسمای DBD هوا



شکل ۴-۲۷: نمودار بولتزمن پلاسمای DBD بخار آب

مقدار دمای محاسبه شده با توجه به شیب نمودار بولتزمن و رابطه (۳-۳)، برای قوس لغزان هوا و بخار آب و DBD هوا و بخار آب به ترتیب $6872/42\text{ K}$ ، $6913/33\text{ K}$ ، $19685/42\text{ K}$ و 20740 K است که نشان می‌دهد پلاسمای استفاده شده پلاسمای سرد است.

۱۱-۴ محاسبه‌ی چگالی

مقادیر چگالی برای گونه نیتروژن با توجه به نیم‌پهنا محاسبه شده از طیف گسیل اپتیکی پلاسما و رابطه‌ی (۳-۵)، برای پلاسمای قوس لغزان هوا و بخار آب و پلاسمای DBD هوا و بخار آب به ترتیب cm^{-3} $6/52 * 10^{17}$ ، $6/56 * 10^{17}$ ، $8/87 * 10^{17}$ و $9/13 * 10^{17}$ بود.

فصل پنجم

جمع‌بندی، نتیجه‌گیری و پیشنهادات برای پژوهش‌های آینده

۵-۱ نتیجه‌گیری

در این پژوهش اثر پارامتر زمان توسط دو دستگاه پلاسمای قوس لغزان و DBD هوا و بخار آب بر روی آب دوستی چرم طبیعی بز رنگ نشده بررسی شده است. نتایج حاصل به طور خلاصه به شرح زیر می‌باشد:

نتایج زاویه تماس نشان داد که با افزایش مدت زمان پردازش، زاویه تماس آب کم می‌شود و نمونه‌ها آب دوست‌تر شده است. نمونه‌های پردازش شده با پلاسمای DBD در مدت زمان پردازش بیشتر، زاویه تماس آب کمتری نسبت به نمونه پردازش شده با پلاسمای قوس لغزان داشتند. همچنین با افزایش مدت زمان پردازش، زمان جذب نمونه‌ها کاهش یافت که این کاهش زمان جذب برای نمونه‌های پردازش شده با پلاسمای DBD نسبت به نمونه‌های پردازش شده با قوس لغزان بیشتر است. اندازه‌گیری جذب نمونه‌ها نشان داد که ظرفیت جذب نمونه‌های پردازش شده با پلاسمای DBD بیشتر از نمونه‌های پردازش شده با پلاسمای قوس لغزان است.

نتایج استحکام کششی نشان داد که پس از پردازش پلاسما، طول عمر شکست برای نمونه‌های پردازش شده افزایش می‌یابد. این افزایش طول عمر شکست برای نمونه‌های پردازش شده با DBD بیشتر از نمونه‌های پردازش شده با قوس لغزان است. همچنین مقاومت در برابر تغییر شکل چرم نیز پس از پردازش پلاسما افزایش می‌یابد.

به علت تورم و اصلاح سطح همراه با رشد منافذ، قطر نمونه‌های پردازش شده افزایش یافت. افزایش قطر برای نمونه‌های پردازش شده با بخار آب نسبت به نمونه‌های پردازش شده با هوا بیشتر است. همچنین در نمونه‌های پردازش شده با DBD افزایش قطر بیشتری نسبت به نمونه‌های پردازش شده با قوس لغزان مشاهده می‌شود.

نتایج FTIR-ATR نشان داد که با پردازش پلاسما، شدت قله‌های حاوی اکسیژن افزایش یافته است

که این افزایش شدت برای نمونه‌های پردازش شده با بخار آب نسبت به نمونه‌های پردازش شده با هوا و همچنین برای نمونه‌های پردازش شده با DBD نسبت به نمونه‌های پردازش شده با قوس لغزان بیشتر است. نتایج آنالیز رنگ نشان داد که پردازش پلاسما تغییر کمی در رنگ نمونه ایجاد می‌کند و یک روش ایمن برای پردازش سطح چرم است. طیف‌سنجی گسیل اپتیکی نشان داد که در پلاسما گونه‌های نیتروژن، اکسیژن و اوزون تولید می‌شود.

۲-۵ پیشنهادات برای پژوهش‌های آینده

بر اساس مطالعه انجام شده و محدودیت‌هایی که در این پژوهش وجود داشت، پیشنهادات زیر برای تحقیقات آتی ارائه می‌شود:

- پردازش پلاسما بر روی سایر منسوجات
- بررسی سایر خواص چرم مثل رنگ‌پذیری، آب‌گریزی و آنتی باکتری پس از پردازش با پلاسما
- پردازش چرم با دستگاه‌های پلاسماهای دیگر مثل پلاسماهای تحت خلا
- استفاده از گازهای دیگر برای مثال استفاده از گاز CF_4 برای آب‌گریزی

- [1] G. Lofrano, S. Meriç, G. E. Zengin, and D. Orhon, "Chemical and biological treatment technologies for leather tannery chemicals and wastewaters: A review," *Sci. Total Environ.*, vol. 461–462, pp. 265–281, 2013, doi: 10.1016/j.scitotenv.2013.05.004.
- [2] A. Zille, F. R. Oliveira, and P. A. P. Souto, "Plasma treatment in textile industry," *Plasma Process. Polym.*, vol. 12, no. 2, pp. 98–131, 2015, doi: 10.1002/ppap.201400052.
- [3] Y. Seki, M. Sarikanat, K. Sever, S. Erden, and H. A. Gulec, "Effect of the low and radio frequency oxygen plasma treatment of jute fiber on mechanical properties of jute fiber/polyester composite," *Fibers Polym.*, vol. 11, no. 8, pp. 1159–1164, 2010, doi: 10.1007/s12221-010-1159-5.
- [4] C. Buske, "Environmentally friendly and sustainable office furniture," *Surf. Technol.*, vol. 2, no. 5, pp. 18–22, 2009, doi: 10.1007/BF03224192.
- [5] I. Techinologie and S. Für, "Application of plasma surface modifications on textile and leather," vol. 5, no. November, pp. 865–880, 2018, doi: 10.1007/s0075843650853.
- [6] T. S. Ko et al., "ZnO nanopowders fabricated by dc thermal plasma synthesis," *Mater. Sci. Eng. B Solid-State Mater. Adv. Technol.*, vol. 134, no. 1, pp. 54–58, 2006, doi: 10.1016/j.mseb.2006.07.019.
- [7] P. Erra, R. Molina, D. Jocic, M. R. Julia, A. Cuesta, and J. M. D. Tascon, "Shrinkage Properties of Wool Treated with Low Temperature Plasma and Chitosan Biopolymer," *Text. Res. J.*, vol. 69, no. 11, pp. 811–815, 1999, doi: 10.1177/004051759906901103.
- [8] P, "Plasma Technology – New Surfaces on Every Material," .
- [9] W. B. Nottingham et al., *Elektronen-Emission. Gasentladungen I /Electron-Emission. Gas Discharges I*. 1956.

- [10] A. Bogaerts and R. Gijbels, "Mathematical description of a direct current glow discharge in argon," *Fresenius. J. Anal. Chem.*, vol. 355, no. 7–8, pp. 853–857, 1996, doi: 10.1007/s0021663550853.
- [11] A. Bogaerts, E. Neyts, R. Gijbels, and J. Van der Mullen, "Gas discharge plasmas and their applications," *Spectrochim. Acta - Part B At. Spectrosc.*, vol. 57, no. 4, pp. 609–658, 2002, doi: 10.1016/S0584-8547(01)00406-2.
- [12] A. A. Talab, A. Yahia, M. A. Saady, and M. Elsayed, "Characterization of a New DC-Glow Discharge Plasma Set-Up to Enhance the Electronic Circuits Performance," *Mod. Phys.*, vol. 6, no. 15, pp. 1044–1057, 2020, doi: 10.4236/jmp.2020.117066.
- [13] E. Panousis et al., "An electrical comparative study of two atmospheric pressure dielectric barrier discharge reactors," *Plasma Sources Sci. Technol.*, vol. 15, no. 4, pp. 828–839, 2006, doi: 10.1088/0963-0252/15/4/028.
- [14] M. B. Chang, J. H. Balbach, M. J. Rood, and M. J. Kushner, "Removal of SO₂ from gas streams using a dielectric barrier discharge and combined plasma photolysis," *J. Appl. Phys.*, vol. 69, no. 8, pp. 4409–4417, 1991, doi: 10.1063/1.348367.
- [15] X. Liao, Q. Xiang, D. Liu, S. Chen, X. Ye, and T. Ding, "Lethal and sublethal effect of a dielectric barrier discharge atmospheric cold plasma on staphylococcus aureus," *J. Food Prot.*, vol. 80, no. 6, pp. 928–932, 2017, doi: 10.4315/0362-028X.JFP-16-499.
- [16] M. J. Shenton, G. C. Stevens, N. P. Wright, and X. Duan, "Chemical-surface modification of polymers using atmospheric pressure nonequilibrium plasmas and comparisons with vacuum plasmas," *J. Polym. Sci. Part A Polym. Chem.*, vol. 40, no. 1, pp. 95–109, 2002, doi: 10.1002/pola.10056.
- [17] A. Schütze, J. Y. Jeong, S. E. Babayan, J. Park, G. S. Selwyn, and R. F. Hicks, "The atmospheric-pressure plasma jet: A review and comparison to other plasma sources," *IEEE Trans. Plasma Sci.*, vol. 26, no. 6, pp. 1685–1694, 1998, doi: 10.1109/27.747887.
- [18] S. Y. Lu, X. M. Sun, X. D. Li, J. H. Yan, and C. M. Du, "Physical characteristics of

- gliding arc discharge plasma generated in a laval nozzle,” *Phys. Plasmas*, vol. 19, no. 7, p. 9, 2012, doi: 10.1063/1.4739231.
- [19] W. Wang, D. Mei, X. Tu, and A. Bogaerts, “Gliding arc plasma for CO₂ conversion: Better insights by a combined experimental and modelling approach,” *Chem. Eng. J.*, vol. 330, pp. 11–25, 2017, doi: 10.1016/j.cej.2017.07.133.
- [20] M. J. Shenton and G. C. Stevens, “Surface modification of polymer surfaces: Atmospheric plasma versus vacuum plasma treatments,” *J. Phys. D. Appl. Phys.*, vol. 34, no. 18, pp. 2761–2768, 2001, doi: 10.1088/0022-3727/34/18/308.
- [21] R. K. Virk, G. N. Ramaswamy, M. Bourham, and B. L. Bures, “Plasma and Antimicrobial Treatment of Nonwoven Fabrics for Surgical Gowns,” *Text. Res. J.*, vol. 74, no. 12, pp. 1073–1079, 2004, doi: 10.1177/004051750407401208.
- [22] Daresbury Labs, “Cleaning Plasma cleaning for UHV applications: Particle accelerators,” vol. 44, no. 0, 1925, pp. 0–1.
- [23] S. Shahidi, M. Ghoranneviss, B. Moazzenchi, A. Rashidi, and D. Dorrnian, “Effect of using cold plasma on dyeing properties of polypropylene fabrics,” *Fibers Polym.*, vol. 8, no. 1, pp. 123–129, 2007, doi: 10.1007/BF02908170.
- [24] J. D. Alvarez, L. Garcia, and U. C. Iii, “Full-Plasma Cross Section Landau Fluid Calculations of Ion Temperature Gradient-Driven Turbulence in Tokamaks,” vol. 8, no. 12, p. 4, 2009, doi: 10.1063/1.4942869.
- [25] S. M. Acikel, A. Aslan, L. Oksuz, and T. Aktan, “Effects of atmospheric pressure plasma treatments on various properties of leathers,” *J. Am. Leather Chem. Assoc.*, vol. 108, no. 7, pp. 266–276, 2013, doi: 10.1063/1.4785269.
- [26] Y. E. Feng, X. Liao, Y. A. N. Wang, and B. Shi, “Improvement in leather surface hydrophobicity through low-pressure cold plasma polymerization,” *J. Am. Leather Chem. Assoc.*, vol. 109, no. 3, pp. 89–95, 2014, doi: 10.1007/s0021663670561.
- [27] A. Idris, Z. Majidnia, and P. Valipour, “Antibacterial Improvement of Leather by Surface Modification using Corona Discharge and Silver Nanoparticles Application,”

Sci. Technol., p. 15, 2013, doi: 10.1007/s0021894450853.

- [28] M. (Koizhaiganova) Kaygusuz, M. Meyer, F. Junghans, and A. Aslan, “Modification of Leather Surface with Atmospheric Pressure Plasma and Nanofinishing,” *Polym. - Plast. Technol. Eng.*, vol. 57, no. 4, pp. 260–268, 2018, doi: 10.1080/03602559.2017.1320725.
- [29] J. H. Choi et al., “Surface modification of natural leather using low-pressure parallel plate plasma,” *Surf. Coatings Technol.*, vol. 171, no. 1–3, pp. 257–263, 2003, doi: 10.1016/S0257-8972(03)00282-2.
- [30] V. Štěpánová et al., “Surface modification of natural leather using diffuse ambient air plasma,” *Int. J. Adhes. Adhes.*, vol. 77, no. May, pp. 198–203, 2017, doi: 10.1016/j.ijadhadh.2017.05.004.
- [31] X. You, L. Gou, and X. Tong, “Improvement in surface hydrophilicity and resistance to deformation of natural leather through O₂/H₂O low-temperature plasma treatment,” *Appl. Surf. Sci.*, vol. 360, pp. 398–402, 2016, doi: 10.1016/j.apsusc.2015.11.030.
- [32] C. H. Kwong, S. P. Ng, C. W. Kan, and R. Molina, “Inducing hydrophobic surface on polyurethane synthetic leather by atmospheric pressure plasma,” *Fibers Polym.*, vol. 15, no. 8, pp. 1596–1600, 2014, doi: 10.1007/s12221-014-1596-7.
- [33] B. K. Kayaoglu, E. Ozturk, F. S. Guner, and T. Uyar, “Improving hydrophobicity on polyurethane-based synthetic leather through plasma polymerization for easy care effect,” *J. Coatings Technol. Res.*, vol. 10, no. 4, pp. 549–558, 2013, doi: 10.1007/s11998-013-9470-x.
- [34] C. Gaidau, M. Niculescu, L. Surdu, I. Barbu, T. Vladkova, and P. Dineff, “Research on cold plasma treatment of leather and fur based materials as ecological alternative,” *Ind. Textila*, vol. 68, no. 5, pp. 350–356, 2017, doi: 10.35530/it.068.05.1365.
- [35] H. Dave, L. Ledwani, and S. K. Nema, “Improvement in Natural Dyeing with the Aid of Atmospheric Pressure Plasma Treatment: A Green Solution for Leather

- Processing,” *Curr. Environ. Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 140–149, 2017, doi: 10.2174/2212717804666161208125652.
- [36] K. Kelly-Wintenberg et al., “Room temperature sterilization of surfaces and fabrics with a One Atmosphere Uniform Glow Discharge Plasma,” *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.*, vol. 20, no. 1, pp. 69–74, 1998, doi: 10.1038/sj.jim.2900482.
- [37] C. Huang, Q. S. Yu, F. H. Hsieh, and Y. X. Duan, “Bacterial deactivation using a low temperature argon atmospheric plasma brush with oxygen addition,” *Plasma Process. Polym.*, vol. 4, no. 1, pp. 77–87, 2007, doi: 10.1002/ppap.200600077.
- [38] M. K. Kaygusuz and I. Ya, “Antimicrobial bioactive materials and treatments for leather preservation,” *Antimicrob. Res. Nov. bioknowledge Educ. programs*, vol. 15, no. 4, pp. 361–367, 2017, doi: 10.2174/2212717804665897208354752.
- [39] L. Maleknia, G. Chizari Fard, and F. Ekhlasi, “Study effect coronadischarge on morphology, wettability and antibacterial of leather,” *Orient. J. Chem.*, vol. 31, no. 1.32, pp. 265–269, 2015, doi: 10.13005/ojc/31.Special-Issue1.32.
- [40] M. M. and A. C. Pulkit Kumar, “An Overview of Stress-Strain Analysis for Elasticity Equations,” *Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Asp.*, vol. 395, no. 4, pp. 116–124, 2012, doi: 10.1016/j.colsurfa.2011.12.014.
- [41] H. Seiler, “Secondary electron emission in the scanning electron microscope,” *J. Appl. Phys.*, vol. 54, no. 11, p. 19, 1983, doi: 10.1063/1.332840.
- [42] A. Munajad, C. Subroto, and Suwarno, “Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy analysis of transformer paper in mineral oil-paper composite insulation under accelerated thermal aging,” *Energies*, vol. 11, no. 2, p. 12, 2018, doi: 10.3390/en11020364.
- [43] V. Sivakumar and P. G. Rao, “Studies on the use of power ultrasound in leather dyeing,” *Ultrason. Sonochem.*, vol. 10, no. 2, pp. 85–94, 2003, doi: 10.1016/S1350-4177(02)00148-7.
- [44] S. V. Kanth, R. Venba, B. Madhan, N. K. Chandrababu, and S. Sadulla, “Studies on

- the influence of bacterial collagenase in leather dyeing,” *Dye. Pigment.*, vol. 76, no. 2, pp. 338–347, 2008, doi: 10.1016/j.dyepig.2006.08.043.
- [45] P. B. Pathare, U. L. Opara, and F. A. J. Al-Said, “Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review,” *Food Bioprocess Technol.*, vol. 6, no. 1, pp. 36–60, 2013, doi: 10.1007/s11947-012-0867-9.
- [46] J. W. Coburn and M. Chen, “Optical emission spectroscopy of reactive plasmas: A method for correlating emission intensities to reactive particle density,” *J. Appl. Phys.*, vol. 51, no. 6, pp. 3134–3136, 1980, doi: 10.1063/1.328060.
- [47] P. Life and A. Sciences, *Concepts, Instrumentation and Techniques in Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy*. 2004.
- [48] H. H. Ley, A. Yahaya, and R. K. R. Ibrahim, “Analytical Methods in Plasma Diagnostic by Optical Emission Spectroscopy : A Tutorial Review,” *J. Sci. Technol.*, vol. 6, no. 1, pp. 49–66, 2014, doi: 10.1063/1.4561231.
- [49] N. Konjević and W. L. Wiese, “Experimental Stark widths and shifts for spectral lines of neutral and ionized atoms,” *J. Phys. Chem. Ref. Data*, vol. 19, no. 6, pp. 1307–1385, 1990, doi: 10.1063/1.555847.
- [50] C. Morin, C. Hellmich, and P. Henits, “Fibrillar structure and elasticity of hydrating collagen: A quantitative multiscale approach,” *J. Theor. Biol.*, vol. 317, pp. 384–393, 2013, doi: 10.1016/j.jtbi.2012.09.026.
- [51] Y. N. Osin, L. Y. Makhotkina, L. N. Abutalipova, and I. S. Abdullin, “SEM and X-ray analysis of surface microstructure of a natural leather processed in a low temperature plasma,” *Vacuum*, vol. 51, no. 2, pp. 221–225, 1998, doi: 10.1016/s0042-207x(98)00163-8.
- [52] Z. Shourgashti, M. T. Khorasani, and S. M. E. Khosroshahi, “Plasma-induced grafting of polydimethylsiloxane onto polyurethane surface: Characterization and in vitro assay,” *Radiat. Phys. Chem.*, vol. 79, no. 9, pp. 947–952, 2010, doi: 10.1016/j.radphyschem.2010.04.007.

- [53] C. Petibois, G. Gouspillou, K. Wehbe, J. P. Delage, and G. Délérís, “Analysis of type I and IV collagens by FT-IR spectroscopy and imaging for a molecular investigation of skeletal muscle connective tissue,” *Anal. Bioanal. Chem.*, vol. 386, no. 7–8, pp. 1961–1966, 2006, doi: 10.1007/s00216-006-0828-0.
- [54] P. S. and P. V. Jorge López García 1, Ahmad Asadinezhad , Jiří Pacherník , Marián Lehocký , Ita Junkar , Petr Humpolíček, “Cell proliferation of HaCaT keratinocytes on collagen films modified by argon plasma treatment,” *Molecules*, vol. 15, no. 4, pp. 2845–2856, 2010, doi: 10.3390/molecules15042845.
- [55] J. Mahoney, W. Zhu, V. S. Johnson, K. H. Becker, and J. L. Lopez, “Electrical and optical emission measurements of a capillary dielectric barrier discharge,” *Eur. Phys. J. D*, vol. 60, no. 3, pp. 441–447, 2010, doi: 10.1140/epjd/e2010-00236-y.
- [56] Z. Fang, Y. Qiu, Y. Sun, H. Wang, and K. Edmund, “Experimental study on discharge characteristics and ozone generation of dielectric barrier discharge in a cylinder-cylinder reactor and a wire-cylinder reactor,” *J. Electrostat.*, vol. 66, no. 7–8, pp. 421–426, 2008, doi: 10.1016/j.elstat.2008.04.007.
- [57] C. Wang, G. Zhang, X. Wang, and X. He, “The effect of air plasma on barrier dielectric surface in dielectric barrier discharge,” *Appl. Surf. Sci.*, vol. 257, no. 5, pp. 1698–1702, 2010, doi: 10.1016/j.apsusc.2010.08.125.
- [58] U. Kogelschatz, B. Eliasson, and M. Hirth, “Ozone Generation From Oxygen And Air: Discharge Physics And Reaction Mechanisms,” *Ozone Sci. Eng.*, vol. 10, no. 4, pp. 367–377, 1988, doi: 10.1080/01919518808552391.

Abstract

In this thesis, gliding arc plasma and DBD plasma were used for surface treatment of natural leather to increase hydrophilicity. Gliding arc plasma and DBD plasma work at atmospheric pressure and they do not require expensive vacuum equipment and also have the possibility of continuous and uniform surface treatment. Samples were treated with air plasma and water vapor plasma. The surface properties of the treated leathers were determined by scanning electron microscopy. Surface hydrophilicity was analyzed by water contact angle, absorption time and absorption capacity. The contact angle results showed that after treatment, the contact angle of the samples decreased and the leather surface became hydrophilic. The effect of plasma treatment on mechanical properties of leather was investigated by using tensile strength measurement method. The results show that plasma technology can meet the needs of the leather industry, including high capability, technical simplicity and required economy.

Key words: Natural leather, Gliding Arc plasma, DBD Plasma, hydrophilicity, treatment, surface modification



Shahrood University of
Technology

Faculty of Physics and Nuclear Engineering

M.Sc. Thesis in Plasma Physics

Studying the effect of cold plasma parameters on the surface and chemical properties of leather

By
Mahsa Babaei

Supervisor
Dr. Seyed Iman Hosseini

October 2020