



دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی نساجی

بررسی خواص سطحی الیاف پلی پروپیلن عمل شده با پلاسمای سرد و کم فشار

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی نساجی - شیمی نساجی و علوم الیاف

الهه مسائلی

اساتید راهنما

دکتر محمد مرشد

دکتر حسین توانایی

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
هشت	فهرست مطالب
۱	چکیده
	فصل اول : کلیات
۲	۱-۱- مقدمه
۳	۲-۱- پلاسما
۴	۱-۲-۱- تعریف پلاسما
۵	۲-۲-۱- انواع پلاسما
۸	۳-۲-۱- دستگاههای تولید پلاسما
۱۱	۴-۲-۱- عوامل موثر بر خواص پلاسمای تولید شده توسط تخلیه الکتریکی
۱۲	۳-۱- فرایند پلاسمایی
۱۲	۱-۳-۱- انواع واکنشهای پلاسما با جامدات
۱۳	۲-۳-۱- انواع عملکرد پلاسما
۱۵	۴-۱- فرایندهای جذب و دفع پلاسما
۱۷	۵-۱- کاربردهای پلاسما
۱۷	۱-۵-۱- افزایش چسبندگی
۱۸	۲-۵-۱- تمیزکنندگی
۱۹	۳-۵-۱- خواص آبدوستی
۲۱	۴-۵-۱- روغن گریزی و آب گریزی
۲۱	۵-۵-۱- سازش زیستی
۲۱	۶-۵-۱- پوشش با ضریب اصطکاک کم
۲۱	۷-۵-۱- پوششهای عایق

۲۲	..... ۱-۵-۸- استرلیزه کردن
۲۲	..... ۱-۵-۹- رسانایی
۲۲	..... ۱-۶-۶- کاربرد پلاσμα در نساجی
۲۲	..... ۱-۶-۱- مقدمه
۲۵	..... ۱-۶-۲- اصول عملیات پلاسمایی بر روی منسوجات
۲۹	..... ۱-۶-۳- مزایای عملیات پلاسمایی در نساجی
۳۰	..... ۱-۷-۷- الیاف پلی پروپیلن
۳۰	..... ۱-۷-۱- مقدمه
۳۰	..... ۱-۷-۲- ویژگیهای الیاف پلی پروپیلن
۳۲	..... ۱-۷-۳- اصلاح الیاف پلی پروپیلن
۳۶	..... ۱-۷-۴- روشهای اصلاح سطحی پلی پروپیلن
۴۰	..... ۱-۸-۸- مروری بر مقالات
۴۱	..... ۱-۸-۱- بهبود خواص آبدوستی و ترشوندگی
۴۵	..... ۱-۸-۲- بهبود خواص رنگپذیری
۴۵	..... ۱-۸-۳- بهبود خواص چسبندگی
۴۸	..... ۱-۹- هدف از انجام پروژه

فصل دوم : اساس تجربی

۴۹	..... ۲-۱- مقدمه
۵۰	..... ۲-۲- مشخصات مواد مصرفی،الیاف،دستگاهها و نرم افزارهای مورد استفاده
۵۰	..... ۲-۲-۱- لایه مصرفی
۵۰	..... ۲-۲-۲- دستگاهها و وسایل مورد استفاده
۵۱	..... ۲-۲-۳- نرم افزارهای مورد استفاده
۵۲	..... ۲-۳- آماده سازی نمونه ها
۵۳	..... ۲-۴- شرح عملیات پلاسمایی
۵۳	..... ۲-۵- اندازه گیری میزان نفوذ پذیری آب
۵۳	..... ۲-۵-۱- اندازه گیری مدت زمان جذب قطره آب
۵۳	..... ۲-۵-۲- اندازه گیری قطر قطره آب پخش شده

۵۴	۲-۵-۳- اندازه گیری زاویه تماس قطره
۵۵	۲-۵-۴- تعیین کشش سطحی
۵۸	۲-۶-۱- انتخاب شرایط بهینه عملیات پلاسما
۵۸	۲-۶-۱- انتخاب بهترین زمان عملیات
۵۸	۲-۶-۲- انتخاب بهترین توان عملیات
۵۸	۲-۷- بررسی تغییرات فیزیکی ایجاد شده در سطح الیاف توسط میکروسکوپ الکترونی
۵۸	۲-۸- استفاده از اسپکتروسکوپ FTIR به منظور شناسایی گروه‌های آبدوست
۵۹	۲-۹- اندازه گیری زبری سطح
۶۰	۲-۱۰- رنگرزی
۶۱	۲-۱۱- بررسی بلورینگی الیاف
۶۲	۲-۱۲- روش آماری انتخاب شده به منظور بررسی نتایج

فصل سوم: نتایج و بحث

۶۳	۳-۱- مقدمه
۶۴	۳-۲- بررسی تاثیر متغیرهای عملیات پلاسمایی بر ترشوندگی کالا
۶۴	۳-۲-۱- بررسی تاثیر زمان عملیات بر ترشوندگی کالا
۷۱	۳-۲-۲- بررسی تاثیر توان پلاسما بر ترشوندگی کالا
۷۲	۳-۲-۳- بررسی تاثیر نوع گاز پلاسما بر ترشوندگی کالا
۷۴	۳-۲-۴- بررسی تاثیر زمان دهی بر ترشوندگی کالا
۷۵	۳-۳- انتخاب بهترین شرایط عملیات پلاسمایی
۸۲	۳-۳-۱- انتخاب بهترین زمان عملیات
۸۵	۳-۳-۲- انتخاب بهترین توان عملیات
۸۶	۳-۴- بررسی زاویه تماس قطره آب با کالای عل شده با پلاسما
۸۹	۳-۵- بررسی کشش سطحی نمونه های عمل شده با پلاسما
۹۰	۳-۶- بررسی تغییرات فیزیکی ایجاد شده در سطح الیاف بر اثر عملیات با پلاسما
۹۳	۳-۷- بررسی طیف FTIR نمونه های عمل شده با پلاسما
۹۵	۳-۸- بررسی زبری سطحی نمونه های عمل شده با پلاسما
۹۶	۳-۹- بررسی رنگپذیری نمونه های عمل شده با پلاسما

۱۰-۳- بررسی بلورینگی نمونه ها ۹۷

فصل چهارم : نتیجه گیری و پیشنهادات

۱-۴- مقدمه ۱۰۰

۲-۴- نتیجه گیری ۱۰۲

۳-۴- پیشنهادات ۱۰۳

پیوست ۱۰۵

مراجع ۱۱۳

چکیده

عملیات پلاسما در صنعت نساجی به منظور اصلاح خواص سطحی الیاف به کار می رود. در این پژوهش منسوج بدون بافت پلی پروپیلنی به منظور بررسی خواص سطحی الیاف آن توسط پلاسما سرد و کم فشار در زمانهای مختلف، توانهای مختلف و با انواع مختلف گاز عمل شده است. تاثیر پلاسما بر خواص آبدوستی کالا توسط آزمایش زاویه تماس قطره و اندازه گیری کشش سطحی بررسی شده است. همچنین قطر قطره آب رها شده روی سطح کالا پس از ۲۰ ثانیه و مدت زمان جذب قطره آب نیز اندازه گیری شده اند. به منظور مطالعه خواص سطحی الیاف عمل شده با پلاسما نیز میکروسکوپ الکترونی روبشی به کار رفته است.

نتایج پروژه نشان دهنده افزایش ترشوندگی کالای عمل شده با پلاسما بودند. بررسی های آماری نشان می دهند که بهترین زمان عملیات ۳۰ دقیقه، بهترین توان پلاسما ۵۰۰ وات و بهترین گاز برای دستیابی به خواص آبدوستی مطلوب اکسیژن است. به علت افزایش آبدوستی، قطر قطره آب رها شده روی سطح کالا و کشش سطحی کالای عمل شده با پلاسما به مقدار قابل توجهی افزایش یافته و زاویه تماس قطره آب و مدت زمان جذب قطره آب نیز کاهش یافته بودند. همچنین تصاویر میکروسکوپ الکترونی نشان دهنده تغییرات فیزیکی سطح الیاف بود که بر اثر پلاسما ایجاد شده بودند.

فصل اول

کلیات

۱-۱-مقدمه

دهه های اخیر شاهد تحولات عظیمی در روشهای مختلف بهبود و تغییر خواص سطحی مواد بوده است. اصل مهم و اساسی در پس این تکنولوژی ها تغییر خواص سطحی مواد بدون تغییر در خواص اساسی و کلی ماده می باشد و چشم اندازهای تازه ای برای کمک به حل مشکلات مربوط به طراحی و ساخت می گشاید. از جمله روشهای بهبود خواص سطحی مواد، عملیات پلازما بر روی سطح آنها است. عملیات پلازما روی سطوح مختلف خصوصاً روی پلیمرها در سه دهه اخیر به طور وسیعی پیشرفت کرده است. با آزمایش ها و تحقیقاتی که صورت گرفته است به نظر می رسد که پلازما بتواند یکی از مشکلات کنونی بشر یعنی مشکلات زیست محیطی را با انجام فرایندها در محیط خشک حل نماید. از طرف دیگر به دلیل قابلیت های پلازما و کاربرد هایی که در علوم مختلف پیدا نموده است این تکنولوژی بیش از پیش توجهات را به خود جلب کرده است.

روش عملیات با پلازما یک روش مقرون به صرفه و مفید برای اصلاح و تغییر سطح پلیمرها در ابعاد میکروسکوپی بدون استفاده از مواد و روشهای شیمیایی و عملیات دستی است. از طریق این روش امکان تمیز کردن، فعال کردن، طراحی یا تغییر سطح مواد پلاستیکی، فلزی و سرامیکی برای بهبود خواص پیوند

خوری^۱ یا بدست آوردن خواص سطحی جدید با یک روش کاملاً تحت کنترل فراهم می آید [۲۱].
 به طور کلی پلاسما کاربردهای زیادی در صنایع پزشکی، نظامی، الکترونیک و نساجی پیدا کرده است.
 کاربردهای نساجی شامل بهبود ویژگیهای سطحی، آب دوستی، ضد آب کردن، کاهش اصطکاک، تمیز
 کردن سطوح و... می شود که در ادامه به اختصار آورده شده اند.

۲-۱- پلاسما

۱-۲-۱- تعریف پلاسما

واژه پلاسما به گاز یونیزه شده ای اطلاق میشود که همه اتمهای آن یا بخش قابل توجهی از آنها یک
 یا چند الکترون خود را از دست بدهند و به یونهای مثبت تبدیل شوند.

عموماً پلاسما را می توان مخلوطی از سه جزء فرض نمود که عبارتند از [۳]:

۱- الکترونهای آزاد

۲- یونهای مثبت

۳- اتم یا مولکول های خنثی

اصطلاح پلاسما را دو فیزیکدان آمریکایی به نامهای تونکس^۲ و لانگمویر^۳ در سال ۱۹۲۹ برای
 مشخص نمودن بخشی از یک تخلیه قوسی که در آن چگالی یونها و الکترونها زیاد ولیکن اساساً مساوی اند،
 مطرح کردند [۳].

در حقیقت پلاسما را گاهی حالت چهارم ماده نیز می نامند. برای روشن تر شدن مفهوم پلاسما می
 توان این مثال را در نظر گرفت: جامدات در اثر گرم شدن در درجه اول به مرحله گذاری می رسند که طی
 آن پیوندهای بین مولکولهای مجاور سست می شوند ولی کاملاً نمی گسند و ماده به حالت مایع در می آید.
 بر اثر افزایش بیشتر دما، پیوندهای بین مولکولی کاملاً گسسته می شوند به نحوی که مولکولها می توانند کم
 و بیش مستقلاً حرکت کنند و مایع به گاز تبدیل می شود. گرمایش بیشتر به تجزیه مولکولها به اجزای تشکیل
 دهنده آنها می انجامد و در نهایت به یونش^۴ مولکولها یا اتمهای گاز منجر گردد به نحوی که گاز در این
 حالت حاوی ذرات خنثی، یونها و الکترونها خواهد بود. هر چند که هیچ گذار سریعی بین حالت گاز خنثی
 ساده و حالت پلاسما بر قرار نمی شود، حالت پلاسما را می توان جزئی از توالی جامد- مایع- گاز- پلاسما
 تلقی کرد [۳].

^۱ Bondability

^۲ Tonx

^۳ Longmuir

^۴ Ionization

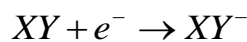
واژه پلاسما امروزه بطور کلی به مجموعه های ذرات خنثی و ذرات باردار اطلاق می شود. گونه های فعال اصلی در تغییرات سطحی در عملیات پلاسما عبارتند از [۴]:

- پلاسمای کامل، شامل ذرات خنثی، ذرات باردار و اشعه ماوراءبنفش
- ذرات خنثی و اشعه ماوراءبنفش بدون ذرات باردار
- ذرات خنثی به تنهایی بدون ذرات باردار و اشعه ماوراءبنفش

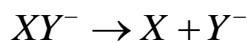
تغییرات شیمیایی پلیمرها در این شرایط حتی بدون ذرات باردار شده یا اشعه ماوراءبنفش تقریباً یکسان هستند. ذرات باردار شده باعث پروسه های خوردگی می شوند و اشعه UV سرعت اکسیداسیون را مخصوصاً در پلاسمای فشار پایین افزایش می دهد [۴].

لازم به ذکر است که الکترونها در حالت واقعی، نقش به سزایی در ایجاد اجزاء متفاوت پلاسما دارند. این نقش را می توان به صورت زیر در نظر گرفت [۵]:

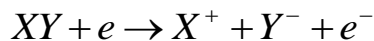
۱. بر اثر برخورد الکترونهای کم انرژی با مولکول گاز (XY)، یون منفی شکل می گیرد:



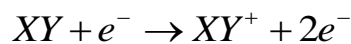
این یون منفی پایدار نبوده و در نهایت به صورت یک یون منفی دیگر و یک اتم یا رادیکال خنثی در می آید.



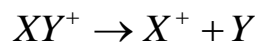
۲. شکست مولکولهای گاز توسط الکترون های پر انرژی (داغ) و تشکیل یونهای مثبت و منفی.



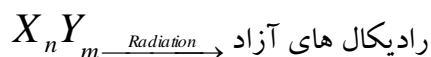
۳. جدا نمودن الکترون ها از مولکولهای خنثی توسط الکترونهای انرژی بسیار زیاد (بسیارداغ).



که تشکیل یونهای بیشتر و ترکیبات خنثی نیز به دنبال می آید.



بعلاوه تشعشع نیز سبب ایجاد رادیکال های آزاد می گردد.



تشعشع

پلاسما فراوان ترین حالت ماده در جهان است. اصولاً پلاسما حالتی از ماده از درجه حرارت ۱۰۰۰۰ درجه سانتی گراد به بالا می باشد و این همان حالتی است که اکثر اجرام سماوی از آن تشکیل شده اند. خورشید و ستارگان را می توان توده های بسیار بزرگی از پلاسمای داغ در نظر گرفت. اتمسفر زمین به

وسيله لايه ای از پلاسما به نام آينوسفر^۱ احاطه شده است. فضای خارج از آينوسفر حاوی حالات خاصی از پلاسما است که کمربندهای تابشی نام دارند [۶و۴].

در تخلیه الکتریکی گازها (روشنایی، جرقه، قوس الکتریکی و...) همواره پلاسما تولید می شود. برای تولید پلاسما باید به مولکولهای ماده، انرژی از نوع تشعشعی، مکانیکی (شوک موجی) و الکتریکی رساند. رایجترین راه، روش استفاده از انرژی الکتریکی و ایجاد حالت پلاسما در تخلیه الکتریکی^۲ می باشد [۵].

۱-۲-۲- انواع پلاسما

به طور کلی پلاسما به دو دسته تقسیم می شود:

الف) پلاسما سرد

ب) پلاسما داغ

پلاسما داغ که تحت عناوین دیگری چون پلاسما با یونیزاسیون بالا^۳، پلاسما تعادلی^۴ و پلاسما با دمای بالا^۵ نیز نامیده می شود، دارای الکترونها و اجزاء اتمی و مولکولی در دمای خیلی زیاد و یکسان می باشد. این نوع پلاسما توسط قوسهای الکتریکی، واکنشهای گرما- هسته ای و تحریک لیزری ایجاد می شود. در این نوع پلاسما محدوده دمایی برای تمام اجزاء از چند ده هزار تا پنجاه هزار درجه کلوین می باشد [۵].

پلاسما سرد که تحت عناوین دیگری چون پلاسما با یونیزاسیون کم^۶، پلاسما غیر تعادلی^۷ و پلاسما با دمای کم^۸ نیز نامیده می شود، دارای الکترونها با دمای بالا و اجزاء اتمی و مولکولی در دمای پایین می باشد. اصولاً در پلاسما سرد، دمای الکترونها تا چند ده هزار و دمای سایر اجزاء که همان دمای کلی گاز است در حدود دمای محیط تا چند صد درجه کلوین می باشد [۵].

به طور کلی بر اثر عملکرد پلاسما، انرژی به مولکولهای تحت تاثیر قرار گرفته منتقل می شود. در پلاسما داغ به دلیل انرژی جنبشی زیاد اجزاء مقدار انرژی منتقل شده به مولکولها زیاد می باشد و بنابراین به مولکولهای آلی و معدنی خاص محدود می گردد زیرا پایداری حرارتی مولکولها به ویژه مولکولهای آلی محدود می باشد. به عنوان مثال برای پوششهای فلزات در صنایع ریخته گری و متالورژی از پلاسما داغ

^۱ Ionosphere

^۲ Electric Discharge

^۳ High Ionized

^۴ Equilibrium Plasma

^۵ High Temperature

^۶ Low Ionized

^۷ Non Equilibrium Plasma

^۸ Low Temperature

استفاده می شود زیرا فلزات از پایداری حرارتی نسبتاً خوبی برخوردارند. ولی به دلیل اینکه پلاسما سرد انرژی کلی (دمای گاز) پایینی دارد و همزمان دارای الکترونها با انرژی بالا برای انجام واکنش می باشد، در شیمی برای سنتز مولکولهای آلی از آن استفاده زیادی می شود [۷].

همچنین در نساجی به منظور تکمیل منسوجات نیز از این نوع پلاسما استفاده می شود زیرا پایداری حرارتی الیاف محدود می باشد. پلاسما عموماً از طریق تخلیه الکتریکی در فشار اتمسفر و یا فشار کم ایجاد می شود. بر این اساس دو نوع پلاسما در شیمی کاربرد دارند که عبارتند از [۸]:

۱. پلاسما فشار پایین یا خلاء^۱ که عمده ترین نوع آن پلاسما تخلیه ای تابان در فشار کم^۲ است.
۲. پلاسما فشار اتمسفر^۳ که سه نوع آن، پلاسما تخلیه ای تابان در فشار اتمسفر^۴، پلاسما تخلیه آرام^۵ و پلاسما تخلیه کرونایی^۶ می باشد.

پلاسما ایجاد شده در فشار اتمسفر بسیار یکنواخت و پایدار می باشد اگرچه طول عمر گونه های فعال در پلاسما اتمسفری کوتاهتر از پلاسما در فشار پایین است، اما اثر کلی این گونه های فعال روی سطح در هر دو نوع پلاسما کم فشار و اتمسفری یکسان است با این تفاوت که قیمت دستگاههای تولید پلاسما اتمسفری بسیار ارزان تر می باشد. اخیراً پلاسماهای اتمسفری توسعه داده شده به دلیل ولتاژهای تفکیک دی الکتریک پائین تر در هلیوم یا آرگون تولید می شوند [۷].

تغییرات سطحی و ترکیبات شیمیایی ناشی از هر دو نوع پلاسما فوق یکسان است. برخی از پلاسماهای اتمسفری در نیتروژن و برخی دیگر در هوا و توسط سیستمهای خنک کننده و یا الکترودهای زنجیری خاص ایجاد می شوند [۸].

تخلیه های آرام، به شکل عایق دی الکتریک آندی موازی ایجاد می شوند و اخیراً برای عملیات اصلاح خواص سطحی پلیمرها مورد استفاده قرار گرفته اند. با این وجود تخلیه آرام در اشکال مختلف خود دارای طول عمر کوتاهی است به طوری که توالی واکنشهای شیمیایی لازم برای ایجاد جزء فعال را دچار وقفه می کند. به طور کلی عملیات پلاسما کم فشار و اتمسفری به میزان مشابهی جزء فعال ایجاد می کنند که میزان آنها نسبت به جزء های فعال شیمیایی ایجاد شده در روش تخلیه آرام بیشتر است [۸].

در عملیات پلاسما، اکسیداسیون سطحی به اصلاح خواص سطحی پلیمرها می انجامد. در پلاسما هوا جزء فعال به منظور اکسیداسیون اکسیژن اتمی است. به خاطر مکانیزم های مختلف و توزیع فضایی انرژی

¹ Low Pressure plasma

² Low Pressure Glow Discharge (LPGD)

³ Atmospheric Pressure plasma

⁴ Atmospheric Pressure Glow Discharge (APGD)

⁵ Silent Discharge (SD)

⁶ Corona Discharge

پخش شده، عملیات پلاسمای اتمسفری در ایجاد تغییرات شیمیایی سطحی نسبت به عملیات تخلیه آرام اثر بخش تر است، همچنین پلاسمای اتمسفری یکنواخت تر و پایدارتر بوده و آسیب فیزیکی کمتری به سطح ماده وارد می کند [۸].

پلاسمای کرونایی گونه های فعال را به صورت نایکنواخت تولید می کند و نرخ تولید گونه های فعال برای مصارف بالا خیلی پایین است. برای ایجاد این نوع پلازما از اختلاف پتانسیل بالای چند ده کیلوولت استفاده می شود. در متون گاهی از پلازما کرونایی تحت عنوان دسته ای جدا از پلاسمای سرد و داغ و با نام پلاسمای هیبریدی^۱ نام برده می شود. دلیل این نامگذاری این است که درون پلاسمای کرونایی جرقه هایی تولید می شود که در همان مکانهای تولید حالتی شبیه پلاسمای داغ ایجاد می نماید، ولی از آنجا که فرکانس تولید این جرقه ها به حدی نمی باشد که دمای کلی گاز را بالا ببرد، در اکثر مقالات پلاسمای کرونایی در ناحیه پلاسمای سرد طبقه بندی می شود [۷].

دو ناحیه عمده پلاسمائی مورد توجه در شیمی، پلاسمای تخلیه ای تابان^۲ و قوس الکتریکی با فشار گاز زیاد یا پلاسمای کرونایی می باشند. پلاسمای تخلیه ای تابان به وسیله شرایط زیر مشخص می شود [۵]:

- انرژی متوسط الکترونی: ۱ الی ۱۰ الکترون ولت
- دانسیته الکترونی: 10^{12} - 10^9 الکترون بر سانتی متر مکعب
- فشار گاز خیلی کم از چند میلی تور تا حدود چند تور
- فرکانس زیاد در حدود RF^۳ (۱۳/۵۶ MHz)

لازم بذکر است که پلاسمای تخلیه ای در فرکانس پایین هم بوجود می آید ولی این نوع پلازما دارای دما و دانسیته الکترونی کمتری می باشد.

پلاسمای کرونایی توسط شرایط زیر مشخص می شود:

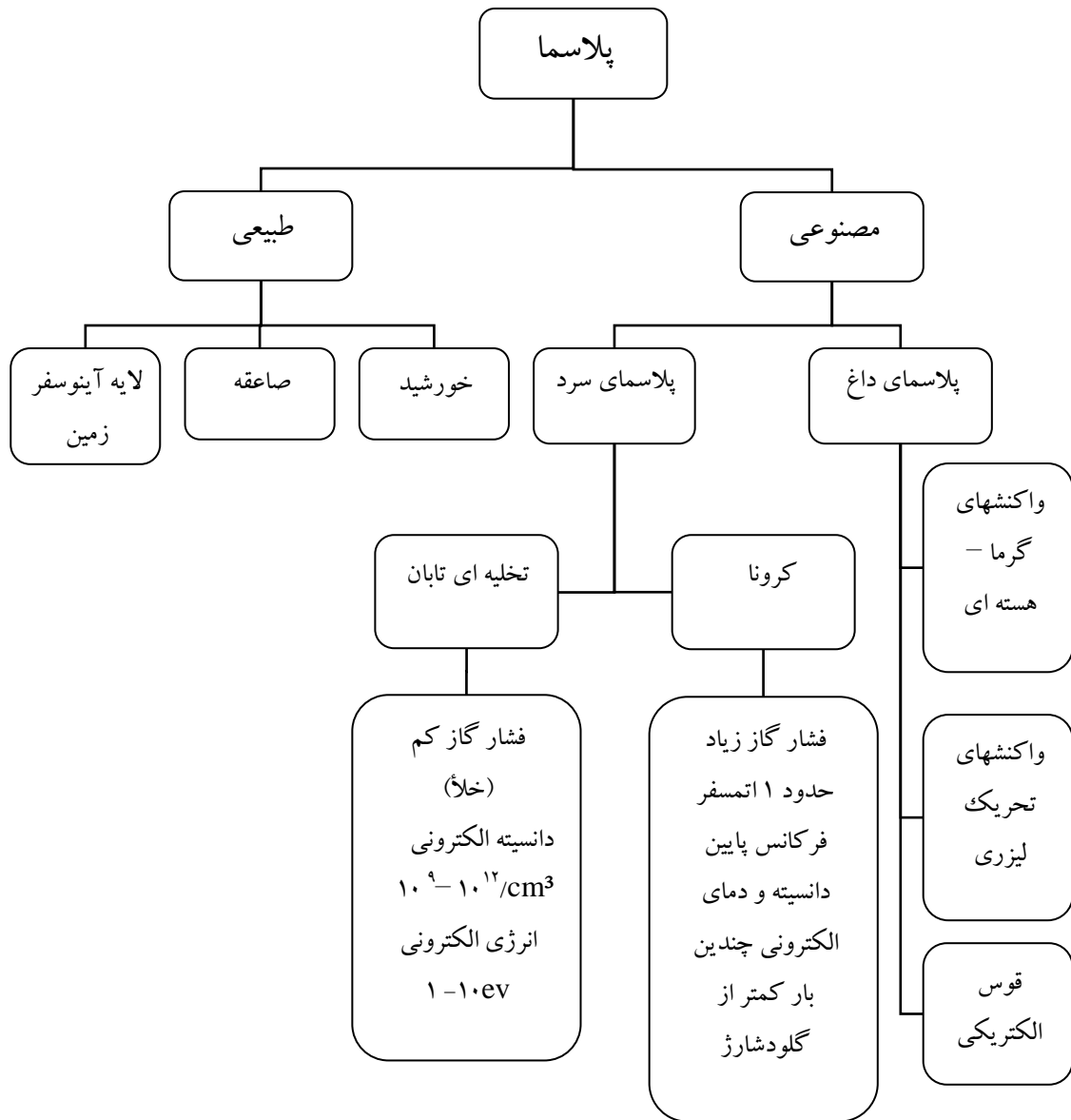
- دانسیته و دمای الکترونی چندین بار کمتر از پلاسمای تخلیه ای تابان
- فشار گاز زیاد حدود ۱ بار.

^۱ Hibrid Plasma

^۲ Glow Discharge

^۳ Radio Frequency

در شکل ۱-۱ نمودار طبقه بندی شده پلاسما آورده شده است.



شکل ۱-۱- نمودار طبقه بندی انواع پلاسما [۵]

۱-۲-۳- دستگاههای تولید پلاسما

همان طور که گفته شد مرسوم ترین و راحت ترین روش تولید پلاسما در حال حاضر استفاده از تخلیه الکتریکی است. در این روش با عبور گاز از یک میدان الکتریکی، انرژی مورد نیاز به مولکول های گاز منتقل و در نهایت حالت پلاسمایی در آن ایجاد می شود. قابل ذکر است که در میدان الکتریکی مقدار انرژی انتقالی به اجزاء متناسب با عکس مجذور جرم آن یعنی $1/m^2$ می باشد و الکترونها که دارای جرم بسیار

کمتری نسبت به سایر اجزاء می باشند انرژی بسیار بیشتری جذب می نمایند. دستگاههای تولید پلاسما که از انرژی الکتریکی استفاده می نمایند با توجه به روش ایجاد پلاسما متفاوت می باشند. انتخاب نوع دستگاه به امکانات موجود، نوع پلاسما و شدت پلاسمائی که باید ایجاد گردد بستگی دارد [۵].

شکل ۱-۲ دیاگرام کلی از یک سیستم پلاسمایی را نشان می دهد. در این شکل پنج قسمت اساسی

وجود دارد که عبارتند از [۹]:

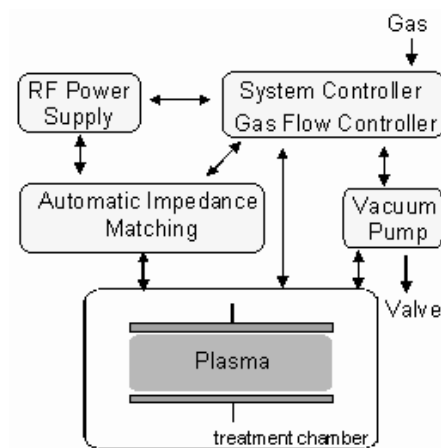
الف) سیستم ایجاد خلأ^۱

ب) تأمین نیرو^۲

ج) شبکه اتصال^۳

د) راکتور مرکزی^۴

ه) کنترل کننده^۵



شکل ۱-۲ - بخشهای مختلف دستگاه تولید کننده پلاسمای کم فشار [۹]

الف) سیستم خلأ:

پلاسمای کم فشار در فشار 10^{-3} - 10^{-4} بار با جریان مداوم گاز به داخل راکتور تولید می شود. این

سیستم در حالتی که از پلاسمای کم فشار استفاده می شود بسیار اهمیت دارد. در بعضی حالات لازم است

که فشار پایه تا زیر 10^{-4} بار هم کاهش یابد [۹].

¹ Vacuum System

² Power Supply

³ Matching Network

⁴ Reactor center

⁵ Controller

روشهای مرسوم برای ایجاد خلأ عبارتند از [۵]:

• استفاده از خلأ نسبی در ناحیه ای که پلاسما باید ایجاد گردد. این خلأ توسط پمپ یا پمپ

های خلأ ایجاد می گردد.

• استفاده از سیستم بسته و ایجاد خلأ کامل در کوره پلاسما.

(ب) تأمین نیرو:

تولید پلاسما به یک سیستم نیروی الکتریکی جهت تأمین توان نیازمند است. توان مورد نظر بین ۱۰

الی ۵۰۰۰ وات است که به اندازه راکتور بستگی دارد [۹].

(ج) شبکه های اتصال:

راکتورهای پلاسما به گونه ای ساخته می شوند که محدوده وسیعی از فرکانس (امواج جریان مستقیم^۱

تا امواج میکروویو) را در برگیرند [۹].

(د) کنترل کننده:

کنترل کننده پارامترهای متغیر عملیات مثل نوع گاز، سرعت جریان گاز، سطح توان، زمان عملیات

و... را کنترل می کند [۹].

(ه) راکتور مرکزی:

راکتور مرکزی که قلب سیستم تولید پلاسما به شمار می آید، می تواند با شرایط عملیات تطبیق داده

شود. پلیمرها یا فلزات به منظور عملیات پلاسما می توانند به صورت غیر مداوم^۲، نیمه مداوم^۳، مداوم مورد

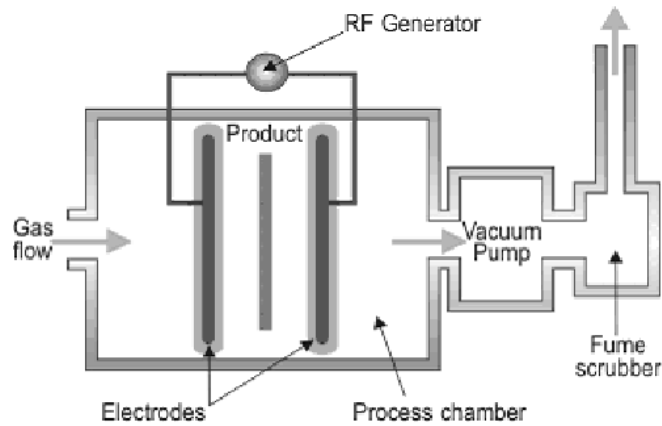
عمل قرار گیرند [۹].

شکل ۱-۳ تصویر شماتیک نوع دیگری از سیستم تولید پلاسما کم فشار را نشان می دهد.

^۱ Direct Current

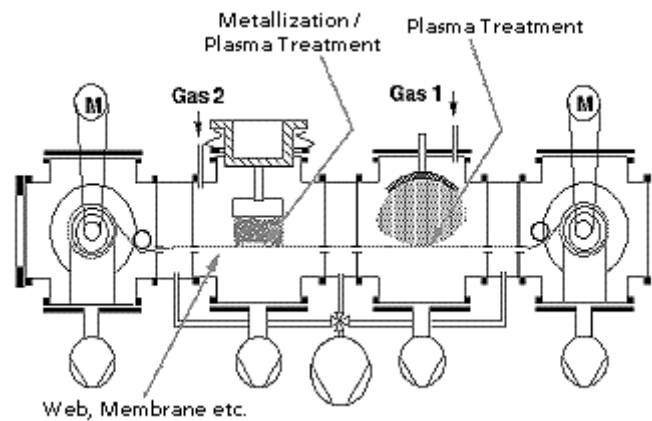
^۲ Batch

^۳ Semicontinuous



شکل ۱-۳- تصویر شماتیک یک سیستم تولید پلاسمای کم فشار [۱۰]

یک سیستم تولید پلاسمای نیمه مداوم در شکل ۱-۴ نشان داده شده است:



شکل ۱-۴- نمونه ای از یک سیستم پلاسمایی نیمه مداوم [۱۱]

۱-۲-۴- عوامل موثر بر خواص پلاسمای تولید شده توسط تخلیه الکتریکی

- قدرت میدان الکتریکی: هرچه قدرت میدان الکتریکی بیشتر باشد انرژی الکترون ها بیشتر می شود [۵].
- فشار گاز: با افزایش فشار گاز به علت کاهش مسافت طی شده توسط الکترون ها بین دو برخورد متوالی (راه آزاد) انرژی کمتری به الکترون ها منتقل شده و همزمان انرژی بیشتری به ذرات دیگر به دلیل برخوردهای زیادتر اعمال می گردد. به این ترتیب ازدیاد فشار گاز کاهش دمای متوسط الکترونی و افزایش دمای گاز را باعث می شود [۵ و ۱۲].

- قطر لوله (فاصله الکتروودها): هر چه فاصله بین الکتروودها که نمونه یا مولکول ها در آن قرار می گیرد کمتر باشد انرژی متوسط الکترونی افزایش می یابد [۵].
- سرعت جریان گاز: این عامل تعیین کننده زمان قرار گیری گاز در بین دو الکتروود می باشد. سرعت جریان با توجه به مقدار اثر مورد نیاز و پایداری ذره مولکولی گاز در سیستم متفاوت می باشد [۵].
- فرکانس منبع قدرت: افزایش فرکانس منبع قدرت از دیاد دانسیته و دمای الکترونی را به همراه دارد. لازم به یادآوری است که سرعت جریان گاز، فرکانس منبع قدرت، توان منبع قدرت و... توسط کنترل کننده ها قابل کنترل هستند [۵].

۱-۳- فرایند پلاسمایی

۱-۳-۱ انواع واکنشهای پلازما با جامدات

تغییرات اساسی ایجاد شده در اثر پلازما همگی به سطح پلیمر محدود می باشند. عملاً این تغییرات در حدود ۱ الی ۱۰ میکرون از سطح پلیمر صورت گرفته و در نتیجه خواص کلی پلیمر عمل شده بدون تغییر می ماند [۷۴ و ۷]. برای واکنش جسم جامد با پلازما سه روش وجود دارد:

حالت اول: پلازما و جسم جامد به طور فیزیکی با هم در تماس بوده ولی از نظر الکتریکی ایزوله هستند. در این حالت اثرات روی آنها حالت پایا دارد. تماس فیزیکی توسط قرار گیری جسم جامد بطور مستقیم در حجمی که پلازما ایجاد می شود یا توسط قرار گیری در زیر جریان پلازما به شکلی که اجازه گسترش پلازما روی جامد داده شود، صورت می گیرد. ایزوله شدن الکتریکی به معنی عدم وجود جریان خالص رسیده به مرزهای جامد می باشد. مثال این امر صفحه پلی اتیلنی است که در تخلیه RF بیرون الکتروودها قرار دارد [۵].

حالت دوم: پلازما و جامد هم به صورت فیزیکی و الکتریکی با هم تماس دارند و اثرات حاصل روی جامد حالت پایا دارد، در نتیجه تماس الکتریکی جریان از پلازما به ماده جامد منتقل می گردد. ماده جامد می تواند یک الکتروود استفاده شده در تولید پلازما یا مستقل از پلازما باشد. جریان جاری شده در ماده جامد ممکن است به علت تغییر دادن پلازما و ساختار گاز اطراف جامد، واکنش هایی را در سطح به همراه داشته باشد. مثالی برای این حالت کاتد فلزی گلودشارژ^۱ جریان مستقیم می باشد. کاتد فلزی برای تولید

^۱ Glowdischarge

پلازما استفاده شده و در همان حالت تحت تاثیر پلازما، اصلاحات شیمیایی را متحمل می شود. در این پروژه از پارچه به عنوان الکتروود کاتد استفاده شده است [۵].

حالت سوم: در این حالت جامد با پلازما تماس فیزیکی دارد ولی تماس الکتریکی ندارد. اثرات این حالت غیر پایا است که می تواند توسط فروریختن ذرات جامد از داخل پلازما به دست آیند. نمونه آن چکیدن ذرات $ZnSO_4$ در میان پلازمای 10kv در فشار یک بار می باشد [۵].

۱-۳-۲- انواع عملکرد پلازما

نحوه عملکرد پلازما در رابطه با اصلاح خواص سطحی پلیمرها را می توان به صورت زیر تقسیم نمود:

۱- برداشت^۱

توانایی پلازما در شکستن پیوندهای ضعیف کووالانسی پلیمر از طریق بمباران توسط ذرات پراثرژی، برداشت نامیده می شود. این عمل بر بیرونی ترین لایه های مولکولی پلیمری که در معرض پلازما قرار دارد صورت می گیرد. از آنجایی که هر یک از لایه های مواد خارجی که بر روی سطح پلیمر قرار دارند از پیوندهای ضعیف C-H تشکیل شده اند، عملیات پلاسمایی می تواند ناخالصیهایی همچون لایه های روغن یا مواد افزودنی در طی قالبگیری را بر طرف ساخته و پلیمری با سطح تمیز و فعال را در اختیار قرار دهد [۱۳و۱]. برداشت سطح پلیمر می تواند برای کاهش قطر الیاف در نساجی و دستیابی به الیاف میکرو مورد استفاده قرار گیرد. همچنین بمباران سطح منسوج توسط ذرات پراثرژی پلازما مولکولهای کوچک و ترکیبات فرار روی سطح را تبخیر می کند [۷].

۲- ایجاد پیوندهای عرضی^۲

ایجاد پیوندهای شیمیایی ما بین زنجیرهای مولکولی پلیمرها، پیوند عرضی نامیده می شود. بمباران توسط ذرات پلازما و تشعشعات انتشار یافته مربوطه باعث شکسته شدن زنجیر ماکرومولکول و ایجاد همزمان رادیکالهای آزاد می شود. پیوندهای عرضی به علت واکنش متقابل بین دو یا تعداد بیشتری از رادیکالهای هم ظرفیت ایجاد می شوند [۱۳].

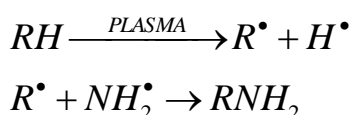
¹ Ablation

² Cross- Linking

از فرآیند پلاسمایی با گازهای خنثی می توان برای ایجاد اتصالات عرضی در پلیمرها و ایجاد یک سطح سخت تر و محکم تر بر روی جزء مورد عمل استفاده کرد. همچنین تحت شرایط خاص، اتصالات عرضی ایجاد شده در اثر پلاسمای می تواند مقاومت شیمیایی یا مقاومت سایشی بیشتری به ماده ببخشد [۱]. پیوند های عرضی و شاخه سازی در مولکول پلیمر باعث تغییر وزن مولکولی پلیمرها می شود. پیوند های عرضی با تشکیل پیوندهای کووالانسی به صورت تصادفی بین زنجیرهای پلیمری تولید ساختمان سه بعدی می کند. در پزشکی ایجاد پیوندهای عرضی توسط پلاسمای در تولید سوندها، اسبابهای بالینی و لنزها کاربرد دارد [۷].

۳- فعال سازی^۱

فعال سازی یک سطح بوسیله جریان پلاسمای سطح سبب افزایش انرژی سطح می شود و این به علت ایجاد گروههای قطبی روی سطح است. تنش بحرانی و سطحی پلیمر می تواند ۴ تا ۵ بار افزایش یابد و منجر به یک افزایش قوی در ترشوندگی پلیمر شود [۱۳]. جایگزینی گروههای سطحی پلیمر توسط گروههای شیمیایی پلاسمای فعال سازی نامیده می شود. در طی فعال سازی، پلاسمای پیوندهای ضعیف پلیمر را می شکند و گروههای بسیار فعال و واکنش پذیر کربونیل (C=O-)، کربوکسیل (COOH-) و هیدروکسیل (OH-) را جانشین آنها می کند. نتیجه این امر افزایش در میزان خیس شوندها است. فعال سازی را همچنین می توان با گروههای آمینی (NH₂-) انجام داد [۲۹]. به عنوان مثال اتصال گروه آمین به سطح پلیمر در پلاسمای مخلوط آمونیاک و هیدروژن یا نیتروژن و هیدروژن قرار می گیرد، عبارتست از [۴]:



۴- پوشش دادن^۲

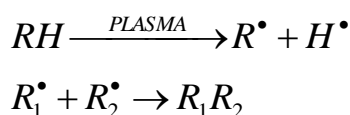
در پوشش دادن یا رسوب گذاری پلاسمایی، در اثر پلیمریزاسیون گاز فرایند یک پوشش نازک بر روی سطح جزء مورد عمل ایجاد می شود. بسته به انتخاب گاز و پارامترهای دیگر، فرآیند این پوشش نازک می تواند خواص مختلف و ویژگیهای فیزیکی متفاوت داشته باشد. پوششهای ایجاد شده به این روش نسبت به فیلمهای ناشی از روشهای مرسوم دیگر دارای پیوند های عرضی بیشتری هستند و خواص متنوع تری از خود نشان می دهند [۱].

¹ Activation

² Deposition

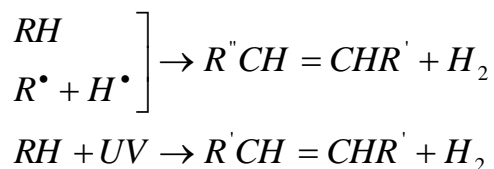
۵- تغییر وزن مولکولی

معمولاً برای پلاسمای گازهای نادر (نیتروژن و هیدروژن) وزن مولکولی پلیمر به دلیل شبکه ای شدن افزایش می یابد در حالیکه برای پلاسمای اکسیژنی، وزن مولکولی بدلیل شکستن زنجیر کاهش می یابد. افزایش قابلیت پیوند پذیری در پلاسمای اکسیژنی به افزایش خاصیت خیس شوندگی و در پلاسمای هلیومی توسط افزایش وزن مولکولی توجیه می شود. برای پلاسماهای غیراکسیژنی، تغییر وزن مولکولی در عمقهای ۱ تا ۱۰ میکرونی صورت می گیرد که بستگی به مدت زمان عملکرد پلاسمای دارد. پلیمر، کمتر از ۱ درصد تغییر وزن می دهد و خواص سطحی همچون خیس شوندگی برای پلاسمای گازهای نادر بدون تغییر می ماند. مکانیزم پیشنهادی برای شبکه ای شدن به صورت زیر است [۴]:



۶- تشکیل پیوندهای غیر اشباع

واکنشهای پلاسمایی منجر به تولید پیوندهای چندگانه در سطح پلیمر نیز می شود که می توان مکانیزمهای زیر را برای این امر در نظر گرفت [۴]:



۱-۴- فرایندهای جذب و دفع پلاسمای

یاد آوری می گردد که در پلاسمای علاوه بر اجزاء فعال مولکولی و اتمی با توجه به انرژی سیستم، انواع مختلف تشعشعات الکترو مغناطیسی نیز وجود دارد. از این رو پلاسمای می تواند همزمان تاثیر تشعشعات ماوراء بنفش را همراه با اثر اجزاء فعال داشته باشد. تشعشع ماوراء بنفش می تواند رادیکال های آزاد روی پلیمر ایجاد کند که با رادیکال های آزاد تولید شده در پلاسمای واکنش دهد. نکته مهم دیگر اینکه فرایندهای پلاسمایی توسط عوامل زیادی که خواص پلاسمای را تغییر می دهند کنترل می گردد. انرژی پلاسمای سه روش زیر به ماده جامد منتقل می شود که عبارتند از [۵]:

۱- تشعشع: تشعشع صادره توسط پلاسمای سرد شامل مادون قرمز، نور مرئی و ماوراء بنفش می باشد. پلیمرها تشعشع نور مرئی را به صورت ضعیفی جذب می کنند ولی واکنشهای شیمیایی قابل توجهی شکل نمی گیرد. تشعشع مادون قرمز به صورت قوی جذب می شود اما به صورت واکنش های گرمازا حذف و