

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات،
ابتکارات و نوآوری‌های ناشی از تحقیق موضوع
این پایان نامه (رساله) متعلق به دانشگاه صنعتی
اصفهان است.



دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکده مهندسی نساجی

بررسی خواص الکترواکتیولایه نانوالیاف پلی وینیل الکل (حاوی نانوذرات تیتانیوم دی
اکسید) پوشش داده شده با پلی آنیلین و بررسی تغییر شکل ابعادی آن با استفاده از پردازش
تصویر

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی نساجی شیمی نساجی و علوم الیاف

فاطمه فریدونیان

اساتید راهنما
دکتر محمد مرشد
دکتر داریوش سمستانی



دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی نساجی

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی نساجی - شیمی نساجی و علوم الیاف خاتم فاطمه فری‌دونی‌ان

تحت عنوان

بررسی خواص الکترواکتیولایه نانوالیاف پلی وینیل الکل (حاوی نانوذرات تیتانیوم دی اکسید) پوشش داده شده با پلی آنیلین و بررسی تغییر شکل ابعادی آن با استفاده از پردازش تصویر

درتاریخ ۸۹/۶/۳۱ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

- | | |
|--------------------------|-------------------------------|
| دکتر محمد مرشد | ۱- استاد راهنمای پایان نامه |
| دکتر داریوش سمغانی | ۲- استاد راهنمای پایان نامه |
| دکتر بهزاد رضایی | ۳- استادمشاوری پایان نامه |
| دکتر حسین توانایی | ۴- استاد داور |
| دکتر سید عبدالکریم حسینی | ۵- استاد داور |
| دکتر سعید آجلی | سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده |

مشکر و قدردانی

الهی، وای بر من اگر کتابم حجاب شود و دانشم رهنم

پاس خدای را که اندیشه نیکو در دل نگاشت. خداوند تو را می ستایم به خاطر حفظ لحظه حس بودنت در کنارم.
والا ترین پاس ها را تقدیم می کنم به پدر و مادر عزیزم که وجودشان برایم همه مهر و وجودم برایشان همه نجات بوده است.
صمیمانه ترین پاس ها را تقدیم می کنم به اساتید ارجمندم جناب آقای دکتر محمد مرشد؛ جناب آقای دکتر داریوش سنائی؛ و جناب آقای دکتر بهزاد ضائی که بزرگ اندیشیدن را به من آموختند. کسب معرفت در محضر این بزرگواران برای من باعث بسی افتخار بوده است.
از جناب آقای دکتر حسین توانایی و جناب آقای دکتر سید عبدالکریم حسینی که زحمت بازخوانی این پایان نامه را به عهده گرفتند مینهایت پاس گزارم.
از خانم مهندس ساناز بهتاج و آقای جمشیدی به خاطر لطف و یاری بی چشم داشتشان کمال قدردانی و تشکر را دارم.

تقدیم بہ:

سیدروماد

عزیز و فداکار ام

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
	فهرست
هشت.....	مطالب.....
۱.....	چکیده.....
	فصل اول- کلیات
۲.....	۱-۱- مقدمه.....
	۲-۱- تئوری خنجره پلی مرهای
۲.....	الکترواکتیو.....
۳.....	۳-۱- انواع پلی مرهای الکترواکتیو.....
۳.....	۴-۱- کاربرد پلی مرهای الکترواکتیو.....
۴.....	۴-۱-۱- فعال کننده ها.....
۴.....	۴-۱-۱-۱- الف) مهندسی توان بخشی (ماهی چه های مصنوعی).....
۵.....	۴-۱-۱-۲- ب) رباتی کک.....
۵.....	۴-۱-۱-۳- ج) پمپ های می کروسیال.....
۵.....	۴-۱-۱-۴- و) سی ستم های ضداارتعاش.....
۶.....	۵-۱- پلی مرهای رسانا.....
۷.....	۶-۱- سنتز پلی مرهای رسانا.....

۱-۶-۱- پلی مری زاسی ون

۷.....شی می ای ی

۱-۶-۲- پلی مری زاسی ون

۷.....الکتروشی می ای ی

۸.....۷-۱- مفهوم دو پی نگ در پلی مرهای رسانا

۹.....۱-۷-۱- دو پی نگ نوع p و n

۸-۱- مکانی زم رسانای ی پلی مرهای

۹.....هشت رسانا

۹-۱- ماهی چه طبیعی و

۱۰.....مصنوعی

۱۰-۱- فعال کننده های الکتروشی می ای ی بر پای ه

۱۲.....پلی مررسانا

۱۳.....۱-۱۰-۱- مشخصات فعال کننده های پلی مررسانا

۱۰-۱-۱ (الف) رسانش الکتریکی

۱۳.....

۱۳.....۱۰-۱-۱ (ب) مشخصه های مکانیکی

۱۰-۱-۱ (ج) مشخصه های

۱۴.....الکتروشی می ای ی

۱۶.....۱۱-۱- چالش های موجود در ساخت فعال کننده های پلی مررسانا

۱۲-۱- پلی وی نیل

۱۸.....الکل

۱۸.....۱-۱۲-۱- خواص و کاربردهای پلی وی نیل الکل

۱۲-۲-۱- مروری بر فعال کننده های الکتروشی می ای ی بر پای ه پلی وی نیل

۱۹.....الکل

- ۱۳-۱-۱- اکسیدهای فلزی..... ۲۱
- ۱-۱۳-۱- ساختار و خواص الکتریکی تیتانیوم اکسید..... ۲۲
- ۲-۱۳-۱- کامپوزیت‌های پلیمر با ذرات غیرآلی..... ۲۲
- ۳-۱۳-۱- تهیه کامپوزیت‌های پلیمر با ذرات غیرآلی..... ۲۲
- ۱-۱۴-۱- مدلسازی کارکرد تحریک پلی‌مرهای رسانا..... ۲۳
- ۱-۱۴-۱- مدلسازی کرنش ناشی از انتقال بار..... ۲۳
- ۲-۱۴-۱- مدلسازی انبساط اسمزی..... ۲۳
- ۳-۱۴-۱- مدلسازی با استفاده از پردازش تصویر..... ۲۴
- ۱۵-۱- آئی‌لی‌ن..... ۲۶
- ۱-۱۵-۱- پلی‌آئی‌لی‌ن..... ۲۶
- ۲-۱۵-۱- پلی‌مری‌زاسیون شیمی‌ای
- آئی‌لی‌ن..... نه ۲۷
- ۳-۱۵-۱- مکانیسم پلی‌مری‌زاسیون شیمی‌ای
- آئی‌لی‌ن..... ۲۷
- ۱-۱۶-۱- مروری بر فعال‌کننده‌های الکتروشیمی‌ای بر پایه پلی -
- آئی‌لی‌ن..... ۲۸
- ۱-۱۷-۱- اهداف تحقیق..... ۳۴
- فصل دوم- آزمایشات و تجربیات
- ۱-۲- مقدمه..... ۳۵
- ۲-۲- مشخصات مواد مصرفی..... ۳۵
- ۳-۲- دستگاه‌های مورد استفاده..... ۳۶
- ۴-۲- نرم افزارهای مورد استفاده..... ۳۷
- ۵-۲- مراحل و روش‌های انجام آزمایش..... ۳۷

۲-۵-۱-تهیه لایه‌های

نانوالیاف.....۳۷

۲-۵-۱(الف)تهیه محلول آبی پلی وی نیل الکل وتی تانیوم

اکسید.....۳۷

۲-۵-۱(ب) الکترووری سی محلول‌ها.....۳۸

۲-۵-۲- کاربرد می‌کروسکوپ نوری.....۳۹

۲-۵-۳- نغین وی سکوزی ته محلول‌های

الکترووری سی.....۳۹

۲-۵-۴- تصاویر می‌کروسکوپ الکترونی

رویشی.....۳۹

۲-۵-۵- پوشش دهی لایه‌های نانوالیاف الکترووری سی شده با پلی -

آنی‌لین.....۴۰

۲-۵-۶- بررسی استحکام لایه‌های پوشش داده شده.....۴۱

۲-۵-۷- اندازه گیری مقاومت الکتریکی لایه‌های پوشش داده

شده.....۴۱

۲-۵-۸- مطالعات ولتاژمتری روی لایه‌های پوشش داده شده.....۴۲

۲-۵-۸(الف)تفسیر داده‌ها.....۴۲

۲-۵-۹- بررسی رفتار تحریک الکترووشی می‌ای بی لایه‌های پوشش داده شده با پلی -

آنی‌لین.....۴۳

۲-۵-۱۰- مدل‌سازی کرنش تحریک نانوالیاف پو ر ده با پلی‌آنی‌لین با استفاده از تکنیک پردازش

تصویر.....۴۴

فصل سوم-نتایج و بحث

۳-۱-مقدمه.....۴۷

۳-۲-الکترووریسی نانوالیاف پلی وی نیل الکل محتوی نانوذرات تی تانیوم

اکسید.....۴۷

۳-۲-۱- تعین شرایط الکترووریسی

نانوالیاف.....۴۷

۳-۲-۲- بررسی اولیهی مرفولوژی نانوالیاف الکترووریسی شده توسط میکروسکوپ

نوری.....۴۸

۳-۲-۳- بررسی تأثیر غلظت نانوذرات تی تانیوم اکسید بروی سکوزیتهی محلول

الکترووریسی.....۵۰

۳-۲-۴- بررسی تأثیر غلظت نانوذرات تی تانیوم اکسید بر مرفولوژی نانوالیاف الکترووریسی

شده.....۵۱

۳-۳- پوشش دهی لایه های پلی وی نیل الکل حاوی درصد های مختلف نانوذرات توسط پلی -

آنیلین.....۵۷

۳-۴- بررسی خواص مکانیکی لایه نانوالیاف پلی وی نیل الکل پوشش داده شده با پلی -

آنیلین.....۵۹

۳-۵- بررسی مقاومت الکتریکی لایه های پوشش داده شده پلی -

آنیلین.....۶۰

۳-۵-۱- بررسی اثر فشار وارد بر سطح لایه های پوشش داده با پلی -

آنیلین.....۶۱

۳-۶- بررسی رفتار ولتاژمتری لایه های پوشش داده شده با پلی -

آنیلین.....۶۵

۳-۷- بررسی رفتار تحریک الکترووشیمیایی لایه های پوشش داده شده با پلی -

آنیلین.....۷۱

۳-۷-۱- بررسی کارکرد تحریک لایه های پوشش داده شده از دیدگاه ویژگی های

مکانیکی.....۷۲

۳-۷-۲- بررسی کارکرد تحریک از دی‌دگاه مرفولوژی لایه‌های پوشش داده

شده.....۷۳

۳-۷-۳- بررسی کارکرد تحریک لایه‌های پوشش داده شده از دی‌دگاه رسانش

الکتریکی.....۷۴

۳-۸- مدل‌سازی کرنش تحریک الیاف با استفاده از تکنیک پردازش تصویر.....۷۵

فصل چهارم- نتیجه گیری کلی و پیشنهادات

۴-۱- نتیجه گیری کلی.....۸۲

۴-۲- پیشنهادات.....۸۴

مراجع.....۸۵

فهرست شکل‌ها

صفحه

عنوان

فصل اول- کلیات

شکل ۱-۱ ساختار شیمیایی برخی از پلیمرهای رسانا.....۷

شکل ۱-۲ محدوده رسانایی پلیمرهای رسانا توسط کنترل درجه

دوپینگ.....۸

شکل ۱-۳ دوپینگ نوع p (۱-۱) و دوپینگ نوع n (۲-۱) پلی-

استیلن.....۹

شکل ۱-۴ (a) نمک امرالدین در فرم بی پلارون (b) تفکیک بی پلارون به

دوپلارون.....۱۰

شکل ۱-۵ نحوه عملکرد ماهی‌چه‌های طبیعی توسط سیستم عصبی

مغز.....۱۱

شکل ۱-۶ سیستم الکتروشی‌می‌ای بی فعال کننده‌های

پلی‌مررسانا.....۱۲

شکل ۱-۷ ولتاژ متر چرخه‌ای پلی‌آنیلین در محلول امولارمتان سولفونیک اسید با سرعت روبش $5 mVs^{-1}$۱۴

شکل ۸-۱ تأثیر تنش به کار برده شده بر میزان کرنش تولید شده فعال کننده پلی آنیلین / نانولوله کربنی در محلول امولارنیترات

سدی م..... ۱۵

شکل ۹-۱ ساختار شی می ای پلی وی نیل

الکل..... ۱۸

شکل ۱۰-۱ شماتیک مکانیزم تحریک شی می ای فیلم پلی آنیلین / پلی وی نیل

الکل..... ۲۰

شکل ۱۱-۱ تست استحکام فیلم پلی آنیلین / پلی وی نیل الکل حاوی درصدهای مختلفی از پلی آنیلین (a) در حالت خشک (b) در حالت مرطوب.....

۲۰.....

شکل ۱۲-۱ کرنش تحریک لایه پلی وی نیل الکل پوشش داده شده با پلی آنیلین در محلول الکترولیت امولار متان سولفونیک اسید با سرعت روبش ۵ می لی ولت

بر ثانی ه.....

۲۱.....

شکل ۱۳-۱ (a) تصویری SEM از ذوب نانوالیاف الکترووری سی (b) توزیع قطری وب نانوالیاف.....

۲۵.....

شکل ۱۴-۱ (a) تصویری شبیه سازی شده (b) توزیع قطری جدی د با استفاده از روش انتقال.....

۲۵.....

شکل ۱۵-۱ ساختار پلی آنیلین.....

۲۶.....

شکل ۱۶-۱ پلی مری زاسی ون هی دروکلرای د آنیلین با آمونیوم پراکسی دی سولفات و تولی د هی دروکلری د پلی - آنیلین.....

۲۷.....

شکل ۱۷-۱ تصاویری SEM از سطح فیلم کامپوزیت پلی آنیلین / نانولوله کربن.....

۲۹.....

شکل ۱۸-۱ ولتا متر چرخه ای الی اف پلی آنیلین دوازده درمی زان pH محلول الکترولیت با سرعت

رویش 10 mVs^{-1} ۳۰

شکل ۱۹-۱ نمودار کرنش الی اف پلی آنیلین / کای توسان در محلول ۱M اسید کلری د با تغیری درمی زان pH با سرعت

رویش ۱۰ می لی ولت

بر ثانی ه..... ۳۱

شکل ۲۰-۱ نمودار ولتا متر چرخه ای الی اف کای توسان / پلی آنیلین / نانولوله کربن با تغیری pH محلول و کاربرد پتانسیل

الکتری کی در محدوده ۰/۱ تا ۱ ولت با سرعت رویش 1 mVs^{-1}

۱۰..... ۳۲

شکل ۱-۲۱ تصویر SEM نانوالیاف پلی یورتان پوشش داده شده با پلی -

آنیلین..... ۳۳

شکل ۱-۲۲ تحریک الکتروشی می ای نانوالیاف پلی یورتان/پلی آنیلین در محلول ۱ مولار متان سولفونی ک

اسید با سرعت روبش 5 m/s^{-1} تحت ولتاژ ۰/۲ -

تا ۰/۸ ولت..... ۳۳

فصل دوم - آزمایشات و تجربیات

شکل ۲-۱ شمایی از تجهیزات موردنیاز در الکتروسی

نانوالیاف..... ۳۸

شکل ۲-۲ دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی مورد استفاده در این تحقیق..... ۳۹

شکل ۲-۳ (الف) لایه نانوالیاف پلی وی نیل الکل قبل از پوشش دهی با پلی آنیلین (ب) لایه نانوالیاف پلی وی نیل

الکل بعد از پوشش دهی با پلی -

آنیلین..... ۴۰

شکل ۲-۴ مجموعه الکترودها و سیم های مسی برای اندازه گیری مقاومت سطحی..... ۴۱

شکل ۲-۵ شمایی یک طرف آزمایش (سل) برای اندازه گیری های ولتاژمتری، $W.E. =$ الکتروود کار $R.E. =$ الکتروود مرجع

$C.E. =$ الکتروود کمکی پلاتین. الکترودها در منافذ در پوش طرف قرار گرفته اند..... ۴۳

شکل ۲-۶ دستگاه تست تحریک الکتروشی می ای مورد استفاده در این تحقیق..... ۴۴

فصل سوم - نتایج و بحث

شکل ۳-۱ نمونه تصاویر میکروسکوپ نوری نانوالیاف الکتروسی شده پلی وی نیل الکل (الف) بدون

حضور نانوذرات، (ب) حاوی ۱٪ وزنی نانوذرات، (ج) ۵٪ وزنی نانوذرات، (د) ۱۰٪ وزنی نانوذرات (و) ۱۵٪ وزنی

نانوذرات، (ه) ۲۰٪ وزنی

نانوذرات..... ۴۹

شکل ۳-۲ مقایسه ویسکوزیته ی محلول های الکتروسی پلی وی نیل الکل حاوی مقادیر مختلف نانوذرات در

چهار نرخ برشی متفاوت ۰/۵، ۱،

۲ و ۵..... ۵۱

شکل ۳-۳ تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نانوالیاف پلی وی نیل الکل با بزرگنمایی

۷۵۰۰ برابر..... ۵۱

شکل ۳-۴ تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نانوالیاف PVA/TiO₂ حاوی ۱٪ وزنی نانوذرات TiO₂ با

بزرگنمایی ۷۵۰۰ برابر..... ۵۲

شکل ۳-۵ تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نانوالیاف PVA/TiO₂ حاوی ۵٪ وزنی نانوذرات TiO₂ با

بزرگنمایی ۷۵۰۰ برابر..... ۵۲

شکل ۳-۶ تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نانوالیاف PVA/TiO₂ حاوی ۱۰٪ وزنی نانوذرات TiO₂ با

بزرگنمایی ۷۵۰۰ برابر..... ۵۲

شکل ۳-۷ تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نانوالیاف PVA/TiO₂ حاوی ۱۵٪ وزنی نانوذرات TiO₂ با

بزرگنمایی ۷۵۰۰ برابر..... ۵۳

شکل ۳-۸ تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نانوالیاف PVA/TiO₂ حاوی ۱۵٪ وزنی نانوذرات TiO₂ با بزرگنمایی ۷۵۰۰ برابر..... ۵۳

شکل ۳-۹ نمودارهای توزیع فراوانی قطری نانوالیاف پلی وی نیل الکل حاوی مقادیر: (الف) ۱٪، (ب) ۵٪، (ج) ۱۰٪، (د) ۱۵٪ و (و) ۲۰٪ وزنی نانوذرات تی تانیوم

اکسید..... ۵۵

شکل ۳-۱۰ نمودار تی تانیوم می انگین قطری نانوالیاف پلی وی نیل الکل حاوی غلظت های مختلف نانوذرات تی تانیوم اکسید..... ۵۹

شکل ۳-۱۱ تصویر رمی کرو سکو پ الکترونی روبشی نانوالیاف پلی وی نیل الکل پوشش داده شده با پلی آنی لین با بزرگ نمای ۳۰۰۰ برابر..... ۵۸

شکل ۳-۱۲ نمودار توزیع فراوانی قطری نانوالیاف پوشش داده شده پلی وی نیل الکل حاوی ۵٪ نانوذرات به همراه مقادیر می انگین وانحراف

معیار قطر نانوالیاف..... ۵۸

شکل ۳-۱۳ نمودار تی تانیوم استحکام لایه های نانوالیاف پلی وی نیل الکل حاوی درصدهای مختلف نانوذرات تی تانیوم

اکسید..... ۵۹

شکل ۳-۱۴ تاثیر فشار بر مقاومت الکتریکی لایه های پوشش داده شده با پلی آنی لین حاوی (الف) ۰٪، (ب) ۱٪، (ج) ۵٪، (د) ۱۰٪، (و) ۱۵٪، (ه) ۲۰٪ وزنی نانوذرات تی تانیوم

اکسید..... ۶۲

شکل ۳-۱۵ کاهش مقاومت الکتریکی لایه ها با افزایش می زان نانوذرات تحت نیروی فشاری

۳ کی لو گرم..... ۶۴

شکل ۳-۱۶ رفتار رد کس الکتروشی می ایی در ساختار شی می ایی پلی -

آنی لین..... ۶۵

شکل ۳-۱۷ ولتا متر چرخه ای لایه های پلی وی نیل الکل پوشش داده شده با پلی آنی لین حاوی: (الف) ۰٪، (ب) ۱٪، (ج) ۵٪، (د) ۱۰٪، (و) ۱۵٪، (ه) ۲۰٪ وزنی نانوذرات تی تانیوم اکسید در محلول ۱ مولار متان سولفونیک اسید با سرعت

رویش mVs^{-1}

..... ۵۰

شکل ۳-۱۸ روند افزایش پی ک ری د کس الکتروشی می ایی جری ان در لایه های حاوی درصدهای

مختلف نانوذرات..... ۶۸

شکل ۳-۱۹ روند افزایش جری ان حاصل از نتایج ولتا متر چرخه ای در لایه های پوشش داده شده حاوی

مقادیر مختلف نانوذرات..... ۶۹

شکل ۳-۲۰ دور ویش متوالی پتانسیل لایه های پلی وی نیل الکل پوشش داده شده با پلی آنی لین حاوی: حاوی:

(الف) ۰٪، (ب) ۱٪، (ج) ۵٪، (د) ۱۰٪، (و) ۱۵٪، (ه) ۲۰٪ وزنی نانوذرات تی تانیوم اکسید در محلول ۱ مولار متان

سولفونیک اسید با سرعت رویش ۵۰ می لی ولت

بر ثانیه..... ۷۰

شکل ۳-۲۱ روند تغییری در حجم پلی آنیلمین تحت تحریک

الکتروشی می ایی..... ۷۱

شکل ۳-۲۲ نمودار کرنش تحریک تحت افزایش نیروی کششی برای لایه نانوالیاف پلی وی نیل الکل / پلی -

آنیلمین حاوی (الف) ۰٪ (ب) ۱٪ (ج) ۵٪ (د) ۱۰٪ (ه) ۱۵٪ (و) ۲۰٪ نانوذرات تی تانیوم اکسید در محلول امولارمتان
سولفونی ک اسید تحت ولتاژ ۰/۱ -

و ۳۸/۰ ولت..... ۷۲

شکل ۳-۲۴ تصویری میکروسکوپ الکترونی لایه پلی وی نیل الکل

..... ۷۷

شکل ۳-۲۵ تصویری دوتایی حاصل از تصویری اولیه لایه پلی وی نیل الکل

حاوی..... ۷۷

شکل ۳-۲۶ تصویری حاصل از انجام عملیات بستن و

افزایش..... ۷۸

شکل ۳-۲۷ تصویری حاصل از عملیات چهارده

اسکلتون..... ۷۸

شکل ۳-۲۸ تصویری حاصل از عملیات

بستن..... ۷۹

شکل ۳-۲۹ تصویری نهایی حاصل از فرایند پردازش تصویری انجام شده بر روی تصویری اولیه و ب

نانوالیاف..... ۷۹

شکل ۳-۳۰ تأثیر تنش بر کرنش تحریک الیاف پلی آنیلمین و پلی آنیلمین دارای ۲٪ وزنی نانولوله

کربن..... ۸۲

فهرست جدولها

صفحه

عنوان

فصل سوم - نتایج و بحث

جدول ۳-۱ شرایط الکتروروسی محلول های پلی وی نیل الکل حاوی ۲۰٪-۱ وزنی نانوذرات تی تانیوم

اکسید..... ۴۸

جدول ۳-۲ مقادیری می انگین وانحراف معی ارقطر نانوالیاف پلی وی نیل الکل حاوی مقادیری مختلف نانوذرات

تی تانیوم اکسید..... ۵۶

جدول ۳-۳ حداقل و حداکثر مقاومت الکترونیکی لایه های پوشش داده شده با پلی آنیلمین به ترتیب تحت

فشار ۳ کیلوگرم

و ۰/۵ کیلوگرم.....

۶۱

جدول ۳-۴ بیشترین و کمترین می‌زان کرنش تولید شده از لایه‌های نانوالیاف پوشش داده شده به ترتیب تحت نیروهای کششی

۰/۰۵ و ۰/۵ مگاپاسکال..... ۷۳

جدول ۳-۵ کرنش تخمین زده شده برای الیاف در لایه‌های نانوالیاف پلی وینیل الکل پوشش داده شده با پلی آنیلین حاوی درصدهای مختلف نانوذرات تی‌تانایوم

اکسید..... ۸۰

جدول ۳-۶ درصد کرنش الیاف کی‌توسان/پلی -

آنیلین..... ۸۱

فصل اول

کلیات

۱-۱- مقدمه

پلیمرها از مهمترین مواد شناخته شده‌ای هستند که به دلیل خواص مفیدی نظیر خواص نوری، الکترونیکی و مکانیکی کاربردهای متفاوتی یافته‌اند. نوع جدیدی از پلیمرها، تحت عنوان پلیمرهای الکترواکتیو^۱ دارای خواص فیزیکی و شیمیایی جالبی هستند و در پاسخ به تحریک الکتریکی^۲ تغییر شکل نشان می‌دهند. بعضی از این پلیمرها تغییرات دائمی، درحالی که بعضی دیگر تغییرات بازگشت پذیری^۳ را متحمل می‌شوند [۱، ۲].

۱-۲- تاریخچه پلیمرهای الکترواکتیو

آغاز بررسی پلیمرهای الکترواکتیورامی توان، به آزمایشاتی در سال ۱۸۸۰ که توسط رنتگن^۴ انجام شد نسبت داد. او آزمایش خود را با استفاده از یک نواره (۱×۶cm) که با یک انتهای ثابت، شارژ و دشارژ می‌شد و یک وزنه به انتهای آزاد آن متصل بود، طراحی نمود. این فرد مشاهده نمود که تغییرات حجمی به فعل و انفعالاتی که از ماده دی الکتریک ایجاد می‌شود، بستگی دارد. بعدها در سال ۱۸۹۹، ساکردلت^۵ پدیده کرنش^۶ را تحت تأثیر جریان الکتریکی کشف نمود. به دنبال آن، مرحله‌ی مهمی در سال ۱۹۲۵ با کشف پلیمرهای پیزوالکتریک^۷ رخ داد. یک فعالیت پیزوالکتریکی قابل توجه در پلی وینیلیدین فلوراید دیده شد. سپس محققین شروع به آزمودن دیگر سیستم‌های پلیمری نمودند. بزرگ‌ترین پیشرفت‌ها در پلیمرهای الکترواکتیو در ۱۵ سال اخیر رخ داده است. در این سال‌ها مواد موثری که قادر به تولید کرنش‌های بالایی بودند، پدید آمد. اگرچه مواد دیگری نیز غیر از پلیمرهای الکترواکتیو دارای برخی از این خواص هستند، اما خصوصاتی از قبیل سرعت پاسخ‌گویی سریعتر نسبت به محرک‌های الکتریکی و حالت‌های ارتجاعی پیشرفته تر سبب شده، در مقایسه با دیگر مواد الکترواکتیو از قبیل سرامیک‌های الکترواکتیو^۸

^۱ Electro active polymers(EAP).

^۲ Electrical actuation.

^۳ Reversible.

^۴ Roentgen.

^۵ Sakerdlet.

^۶ Strain.

^۷ Piezoelectric.

^۸ Electro active ceramics.

کاربردهای وسیعتری پیدا کنند. هرچند عواملی نظیر مقاومت کم تر (عدم تحمل تنش های بزرگ) پلیمرهای الکترواکتیو نسبت به دیگر مواد الکترواکتیو، سبب محدودیت هایی در کاربرد آنها شده است [۲، ۳].

۳-۱- انواع پلیمرهای الکترواکتیو

به طور کلی، پلیمرهای الکترواکتیو براساس مکانیزم فعال سازی خود به دو گروه عمده الکترونیکی و یونی تقسیم می-شوند. پلیمرهای الکترواکتیو الکترونیکی^۹ (توسط میدان الکتریکی یا نیروهای کولنی رانده می شوند)، و شامل پلیمرهای الکترواستاتیک^{۱۰}، و فروالکتریک^{۱۱} ها می باشند. پلیمرهای الکترواکتیو الکترونیکی نیاز به میدان های بالای فعال سازی (< ۱۵۰ ولت بر میکرومتر) نزدیک سطح تفکیک خود دارند. در مقابل، پلیمرهای الکترواکتیو یونی^{۱۲} (حاوی تحرک یون ها یا نفوذیونی است)، که شامل کامپوزیت پلیمریونی- فلز^{۱۳}، پلیمرهای رسانا^{۱۴} و نانوتیوب های کربن^{۱۵} هستند. این نوع پلیمرها نیاز به ولتاژ تحریک^{۱۶} در محدوده ۵-۱ ولت دارند. هرچند به استثنای پلیمرهای رسانا، در باقی موارد نگه داری جابه جایی القاشده DC مشکل است. جابه جایی القاشده در هر دو پلیمرهای الکترواکتیو یونی و الکترونیکی می تواند به صورت خمش^{۱۷}، انبساط/انقباض^{۱۸} باشد. به طور کلی پلیمرهای الکترواکتیو یونی، هادی بوده و واکنش های ردکس الکتروشیمیایی^{۱۹} (اکسایش/کاهش) در الکترودها باعث تحریک آنها می شود. عملکرد پلیمرهای الکترواکتیو یونی توسط ولتاژ قابل کنترل می باشد [۲، ۴-۶].

۴-۱- کاربرد پلیمرهای الکترواکتیو

اخیراً علاقه مندی قابل توجهی در گسترش مواد برای تبدیل مستقیم انرژی الکتریکی به انرژی مکانیکی وجود دارد و بسیاری از مواد تحریک پذیر جدید، به این منظور گسترش یافته اند. در سال های اخیر، از مشخصه های جهندگی^{۲۰} پلیمرهای الکترواکتیو برای استفاده در این زمینه بهره برداری شده است. پلیمرهایی که اخیراً معرفی شده اند کرنش زیادی را تحت فعال سازی الکتریکی ایجاد می کنند که به استفاده از آنها به عنوان مواد الکترواکتیو و تغییر شکل دهنده مانند فعال کننده ها^{۲۱} منتهی می شود. کاربرد فعال کننده ها در رباتیک^{۲۲}، ماهیچه های مصنوعی^{۲۳}، پمپ های میکروسیال^{۲۴}، سیستم های ضد ارتعاش^{۲۵} و... است [۷-۹].

۴-۱-۱- فعال کننده ها

⁹ Electronically electro active polymer.

¹⁰ Electrostatics.

¹¹ Ferroelectrics.

¹² Ionic electro active polymer.

¹³ Ionically polymer metal composite (IPMC).

¹⁴ Conducting polymers.

¹⁵ Carbon nano tube.

¹⁶ Actuation voltage.

¹⁷ Bending.

¹⁸ Expansion/Contraction.

¹⁹ Redox electrochemical reaction.

²⁰ Resiliency.

²¹ Actuators.

²² Robotic.

²³ Artificial muscle.

²⁴ Micro fluid pump.

²⁵ Anti vibration system.

عملکرد فعال کننده‌ها براساس تبدیل انرژی الکتریکی به انرژی مکانیکی توسط موادکنش پذیر نسبت به ولتاژ الکتریکی به کار برده شده، می‌باشد. کاهش وزن، جریان و ولتاژ مورد نیاز برای عملکرد فعال کننده‌ها، از جمله ضرورت‌هایی است که منجر به استفاده از پلیمرهای الکترواکتیو در ساخت فعال کننده‌ها گردیده است. از موضوعات مورد توجه در سیستم های ساخته شده بر پایه پلیمرهای الکترواکتیو، عملکرد آن‌ها توسط تبدیل سیگنال الکتریکی به حرکات مکانیکی به صورت الکتروشیمیایی است. پلیمرهای رسانا نظیر پلی‌آنیلین^{۲۶} و پل پیرو^{۲۷} به طور ویژه‌ای در این زمینه مفید هستند. تغییر حجم موجود در این نوع مواد که یک پدیده الکتروشیمیایی است، شامل هر دو پدیده الکتریکی، مانند مقاومت الکتریکی^{۲۸} و پدیده شیمیایی نظیر اکسایش / کاهش^{۲۹} می‌باشد [۷، ۹-۱۲].

۱-۴-۱ الف) مهندسی توان بخشی (ماهیچه های مصنوعی)

مهندسان می‌خواهند ماهیچه‌هایی مصنوعی بسازند که به عنوان عمل کننده‌هایی در پاسخ به یک محرک، تغییر طول دهند، زیرا این عمل کننده‌ها حرکت نرم‌تر و انسان‌گونه‌تری نسبت به موتورهای الکتریکی لرزان یا تجهیزات بادی دارند. چنین ماهیچه‌هایی برای توانمند ساختن روبات‌ها و بافت‌های مصنوعی قابل کاشت در بدن به کار خواهند رفت. معتبرترین ماهیچه‌های مصنوعی امروزی، بر پایه‌ی پلیمرهای فعال در برابر جریان الکتریکی و یا به عبارتی پلیمرهای الکترواکتیو ساخته می‌شوند. اندازه‌ی این پلیمرها هنگام تحریک بر اثر عوامل الکتریکی یا شیمیایی تغییر می‌کند، اما فاقد قدرت مکانیکی هستند و در نتیجه بعد از چندین بار تحریک الکتریکی از کار می‌افتند. از دهه‌های گذشته تا کنون، پلیمرهای الکترواکتیو مختلفی به منظور جایگزین کردن ماهیچه‌های آسیب دیده انسانی استفاده شده است. پیش بینی برای این است که در آینده با استفاده از تکنولوژی پلیمرهای الکترواکتیو، کمک موثری در زندگی افراد معلول خواهد شد. به صورتی که یک شخص ناتوان می‌تواند از ابزاری که بر پایه پلیمرهای الکترواکتیو ساخته شده است، برای انجام وظایف روزانه استفاده نماید. همانندی پلیمرهای الکترواکتیو با ماهیچه‌های بیولوژیکی در انعطاف پذیری، نرمی و کرنش زیاد آن‌هاست. پارامترهای مذکور، پلیمرهای الکترواکتیو را کاندیدای خوبی برای جایگزینی ماهیچه‌های انسانی نموده است. به این منظور، محققین مدلی از اسکلت دست ساخته‌اند. این محققین به دنبال استفاده از پلیمرهای الکترواکتیو در ابزاری هستند که بتواند در عمل شبیه مفاصل اسکلت انسان موثر باشد [۲، ۱۳، ۱۴].

۱-۴-۱ ب) رباتیک

گزارش‌های بسیاری از ساخت انواع مختلفی از فعال کننده‌ها بر پایه پلیمرهای رسانا موجود است. لادسترم^{۳۰} و همکاران گزارشی از ساخت فعال کننده‌ای از فیلم پلی‌آنیلین - طلا ارائه نمودند. این فعال کننده با اتصال به یک صفحه سخت توسط یک لایه سیلیکون، به عنوان یک مفصل مورد استفاده قرار گرفت. موقعیت صفحه مذکور می‌تواند به صورت دقیق با کنترل میزان خمش مفصل کنترل شود. این تکنیک، می‌تواند برای ساخت میکروروبات‌ها تعمیم یابد. این نوع فعال کننده قادر به اجرای یک سری از حرکات، نظیر برداشتن، بلند کردن و جابه جایی اشیاء در اندازه میکرومتر است.

²⁶. Polyaniline.

²⁷. Polypyrrole.

²⁸. Electrical resistance.

²⁹. Oxidation/Reduction.

³⁰. Ladstrom.