وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة بابل
كلية التربية للعلوم الصرفه

دراسة خواص الالياف النانوية الناتجة بعملية الغزل الكهربائي

بحث مقدم الى مجلس كلية التربية للعلوم الصرفة-قسم الفيزياء كجزء من متطلبات نيل درجة البكالوريوس في الفيزياء

من قبل الطالب

علي احمد نايف

بأشراف الاستاذة

م.م. عبير خضير عطية

١٤٤٥هـ ٢٠٢٤م

بِسمِ اللّهِ الرّحمَنِ الرّحِيمِ

(وَاكْتُبْ لَنَا فِي هَذِهِ
الدُّنْيَا حَسَنَةً وَفِي الآخِرَةِ
إِنَّا هُدْنَا إِلَيْكَ قَالَ
عَذَابِي أُصِيبُ بِهِ مَنْ
أَشَاء وَرَحْمَتِي وَسِعَتْ
كُلَّ شَيْءٍ فَسَأَكْتُبُهَا
لِلَّذِينَ يَتَّقُونَ وَيُؤْتُونَ
الزَّكَاةَ وَالَّذِينَ هُم
بِآيَاتِنَا يُؤْمِنُونَ).
[الأعراف، آية: 156]

مستقل
mostaql.com

الشكر والتقدير

البداية نحمد الله تعالى على أن وفقنا لإنجاز هذا البحث، له الحمد والشكر، ثم أود أن أشكر مشرفتي (دكتورة عبير خضير)التي كانت خبرتها لا تقدر بثمن في صياغة أهم مواضيع البحث ومنهاجيته. فقد دفعتني ملاحظاتها الثاقبة إلى صقل تفكيري ورفع عملي إلى مستوى أعلى. ثم أود أن أعرب عن تقديري لزملائي من فترة دراستي لتعاونهم الرائع معي ومساندتهم لي. وأود بشكل خاص أن أفرد الدكتوره فاطمه محمد بالشكر على دعمها لي، وعلى كل الفرص التي أتاحتها لي لمواصلة بحثي.

أود أيضًا أن أشكر المعلمين في كليتي، على إرشاداتهم القيمة طوال فترة دراستي، فقد زودتني ملاحظاتهم بالخبرة الصحيحة التي مكنتني من اختيار الاتجاه الصحيح وإكمال بحثي بنجاح بالإضافة إلى ذلك، أود أن أشكر والديّ على مشورتهما الحكيمة ودعمهما الودي كنتم دائما الدعم الأول بالنسبة لي وأخيرًا، لم يكن بإمكاني إكمال هذه البحث بدون دعم أصدقائي الذين قدموا لي مشورات محفزة ودعماً، بالإضافة إلى إيجاد عوامل وفرص لجعلي سعيدًا وواثقًا من نفسي لإراحة ذهني وفكري خلال إنجاز المشروع.

الخلاصة

عملية الغزل الكهربائي هي تقنية مهمة في إنتاج الألياف النانوية. عند دراسة خواص الألياف النانوية الناتجة عن هذه العملية، يمكن استنتاج عدة نقاط: هيكل الألياف النانوية: تتميز الألياف النانوية التي تم إنتاجها بواسطة الغزل الكهربائي بهيكلها النانوي الفريد. تتكون هذه الألياف من سلاسل طويلة ورفيعة من الجزيئات النانوية المترابطة معًا بشكل ثابت.. قطر الألياف النانوية: تتميز الألياف النانوية المنتجة بواسطة الغزل الكهربائي بقطرها النانوي الصغير. يمكن أن يكون قطرها في نطاق النانومترات، مما يجعلها من الألياف الأكثر رقة ودقة.. خواص ميكانيكية ممتازة: تتمتع الألياف النانوية المنتجة بواسطة الغزل الكهربائي بقوة ميكانيكية استثنائية. يمكن أن تكون أقوى من الألياف التقليدية وتتحمل تطبيقات تتطلب مقاومة عالية للتوتر والشد.. خواص توصيلية ممتازة: تتمتع الألياف النانوية بتوصيلية كهربائية وحرارية ممتازة. يمكن استخدامها في تطبيقات تتطلب توزيعًا فعالًا للحرارة أو توصيل كهرباء بكفاءة عالية. تطبيقات واسعة: تتيح خواص الألياف النانوية المنتجة بواسطة الغزل الكهربائي مجموعة واسعة من التطبيقات المحتملة. يمكن استخدامها في مجالات مثل الإلكترونيات القائمة على النانو، والمواد المتقدمة، والحساسات، والأدوات الطبية، والعديد من الصناعات الأخرى.

الفهرست

ت	الموضوع	الصفحة
١-١	الفصل الاول:تقنية الغزل الكهربائي	٧
١-٢	العوامل المؤثرة في عملية الغزل الكهربائي	٨
٢-١	مقدمة	
٢-٢	الالياف النانوية	
٢-٣	تطبيقات الالياف النانوية	
٢-٤	خواص الالياف النانوية	
٢-٥	التطبيقات المحتملة لالياف النانوية في المستقبل	
٢-٦	الاستنتاجات	
٢-٧	المصادر	

قائمة الاشكال

ت	الشكل	الصفحة
١-١	**منظومة الغزل الكهربائي**	
١-٢	**الالياف النانوية**	
١-٢-٢	**جهاز ترشيح**	

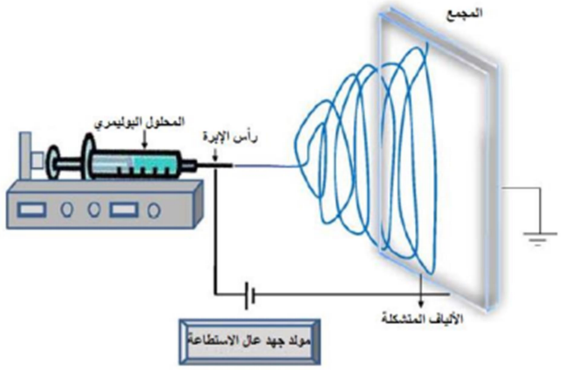
قائمة الجداول

ت	الجدول	الصفحة
(١-٢)	العوامل المؤثرة على الالياف النانوية الناتجة بعملية الغزل الكهربائي	

الفصل الاول:تقنية الغزل الكهربائي

(١-١) تقنية الغَزل الكهربائي Electrospinnig

تقنية الغَزل الكهربائي Electrospinningهي اختصار لمصطلح الغَزل بالكهرباء الساكنة Electrostatic spinningالتي هي إحدى الطرائق الحديثة الأكثر شيوعاً لتشكيل ألياف ذات أبعاد ميكروية نانومترية.يمكن أن تستخدم في هذه التقنية محاليل سيراميكية تحضر بطريقة هلام - جل ،أومجموعة من المواد البوليميرية الصنعية منهاوالطبيعية والبيولوجية على شكل محلول أومصهور بوليميري أو مزيج بوليميري أو مواد مركبة.وتندرج هذه التقنية ضمن التقنيات الميكانيكية والفيزيائية والكهربائية لتشكيل مواد وبنى بأبعاد مكروية أونانومترية، وتصنف أيضاً ضمن الطرائق الصعودية)أدنى-أعلى: .(bottom-upكما تعد من أفضل التقنيات لإنتاج ألياف نانوية بصورة مستمرة وطويلة مقارنة بتقنيات منافسة لها كالتقنيات الميكانيكية أو قوس التفريغ الكهربائي Arc dischargeوبعض تقنيات الأخرى الموازية لها، والمستعملة أيضاً في إنتاج الألياف النانوية، بأنها سهلة التطبيق وبسيطة ومتوسطة الكلفة ولا تحتاج إلى درجات حرارة مرتفعة، كما أنها لا تحتاج إلى تخلية عالية، ويمكن تطبيقها على مساحات واسعة وهي تقنية اقتصادية وغير معقدة وقابلة للتطبيق الصناعي، فضلاً عن إمكانية التحكم من خلالها بعدد كبير من البارامترات المتعلقة بطبيعة المادة والمنظومة ككل والوسط المحيط بهدف تحسين الخصائص البنيوية ومرفولوجيا الألياف المتشكلة. تعتمد هذه التقنية على تطبيق حقل كهربائي مرتفع بواسطة مولد جهد عالٍ يراوح بين (٠-٣٠)kV الذي يعمل على تحريض القوى الكهربائية الساكنة للبوليمير أو السائل.الشكل (١) يوضح عملية الغزل الكهربائي[2-1] .



الشكل (١) :منظومة الغزل الكهربائي

(١-٢)العوامل المؤثرة على الالياف النانوية الناتجة بعملية الغزل الكهربائي

جدول(١-١) يوضح العوامل المؤثرة على الالياف النانوية الناتجة بعملية الغزل الكهربائي[7 -٣]

التصنيف	العوامل المؤثرة	التأثير على مورفولوجيا الألياف
مؤثرات المحلول	الكتلة الجزيئية النسبية	أقطار الألياف التي تم الحصول عليها من محاليل البوليمر ذات ال نسبة عالية جدا الكتلة الجزيئية النسبية أكبر بشكل عام
	تركيز	يزداد قطر الألياف مع التركيز ، بينما القوة و انخفاض معامل كلما زاد التركيز ، قلت فرصة التكون المجهرية ، كلما زاد التركيز ، كان من الأسهل انسداده الفوهة ، كلما انخفض التركيز ، انخفض الرذاذ
	لزوجة	مع زيادة اللزوجة ، زاد عدد القطرات والمراسلين ينقص ويزيد قطر الألياف الموصلية العالية تشكل ألياف نانوية سميكة ومستمرة ، منخفضة تشكل اللزوجة ألياف نانو دقيقة وأقصر
	التوصيل	ينخفض قطر الألياف مع زيادة الموصلية ؛ عال الموصلية تؤدي إلى ألياف نانوية أرق وفرصة أقل للحبة
	قطبيه	كلما زادت قطبية المذيب ، قل قطر الألياف

	توتر سطحي	يؤدي التوتر السطحي العالي إلى عدم استقرار الطائرة ، وعادة ما يكون منخفضا يساعد التوتر السطحي على تدوير المحلول كهروستاتيكيا عند مجال كهربائي منخفض
	متقلبه	يرتبط التقلب العالي للمذيبات بمسامية أعلى و زيادة مساحة السطح
عملية البارامترات	ضغط	جهد منخفض جدا ، وعدد كبير من حبات الألياف وأكبر قطر؛ الجهد العالي جدا لا يمكن أن يشكل نفاثة مستقرة ، ألياف الكسر وعدم التوحيد كلما زاد الجهد ، قل قطر الألياف ، ولكن سيزيد أيضا من سرعة نفاثة الألياف المقابلة والألياف مشاكل التشتت ضمن نطاق معين ، كلما زاد الجهد ، قل قطر الألياف
	سرعة التغذية	ينخفض قطر الألياف مع انخفاض معدل التغذية ، وعندما معدل منخفض يتجاوز قيمة حرجة ويستمر في الزيادة ، يزيد قطر الألياف وعدد الهياكل المزينة بالخرز الزيادات تؤدي سرعات النقل المنخفضة إلى زيادة وقت الاحتفاظ ب الحل بين الأقطاب الكهربائية ، مما يسهل

		التوليد ومحاذاة ألياف النانو. الزيادة في المعدل المنخفض هي يرتبط بزيادة قطر الألياف
	قطر الإبرة	سيؤثر قطر الإبرة بشكل مباشر على قطر الألياف ، كبير القطر سهل تشكيل ألياف مطرزة
	مسافة العمل	يمكن أن يؤدي كل من القرب المفرط والمسافة المفرطة إلى تشكيل هياكل تشبه الخرز في الألياف
	جامع	يمكن الحصول على الألياف الملساء من جامع المعادن ، بينما الدهون ينتج عن المجموعة ألياف موجهة بشكل عشوائي ، وجمع دوار يمكن أن تولد الألياف مع درجة معينة من التوجه ، إظهار تباين الخواص
بيئي البارامترات	درجة حرارة الرطوبة	في الرطوبة العالية ، تميل الألياف إلى تكوين حبات ومسام يتأثر تكوين الألياف بكل من البيئة و درجات حرارة السوائل ، مما يؤدي عادة إلى ألياف نانوية موحدة أقطار في درجات حرارة أعلى

الفصل الثاني: الالياف النانوية وخواصها

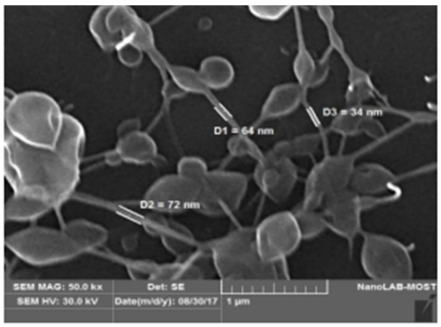
(1-2) . مقدمة

تقنية النانو هي العلم المعني بالدراسةمن ظواهر ووظائف الأمور داخل نطاق الأبعاد من ١.٠-١٠٠ نانومتر.النانومتر ، والمختصر ك نانومتر ، هو وحدة للطول هذا يقيس واحدا من المليار من المتر. (١ نانومتر = ١٠م = ١٠-٦ مم = ١٠-٧ سم = ١٠-٩ م). نادروتنشأ الخصائص الفريدة للمواد النانوية منملفهم الشخصي المعروض مقارنة بالمواد الكبيرة.الخصائص الجديدة التي تعرضها هذه المواد تحرضمن أبعادها الدقيقة التي تحولت إلى خصائص ميكانيكية وحرارية وبيولوجية وبصرية ومغناطيسية وكهربائية غير عادية.تخضع مواد النانو حاليا للتحقيق في مجالات مختلفة مثل التجميع الذاتي والأغشية الرقيقة ،النقاط الكمومية ، الألياف النانوية ، القضبان النانوية ، الأنابيب النانوية ،الأسلاك النانوية والبلورات النانوية والرغاوي النانوية.تكنولوجيا الألياف النانوية المدمجة في مجالات التطبيقات المختلفة مثل البطاريات وخلايا الوقود والمكثفات والترانزستورات والثنائيات وأنظمة نقل الطاقة والمواد المركبة للفضاء.[8]

(2-2) الالياف النانوية Nanofibres

في تعريف الألياف النانوية ، يمكن تقسيم المصطلح إلى قسمينأجزاء ، وهي "نانو" و "الألياف". صناعة الغزل والنسيجيعرف الألياف على أنها خيوط ، طبيعية أو اصطناعية على أنهاالقطن أو النايلون ، قادرة على أن تنسج في الغزل. Aيتم تعريف "الألياف" من وجهة نظر هندسية على أنهاجسم أو هيكل نحيف ، ممدود ، يشبه الخيوط.يشار إلى مصطلح "نانو" تقنيا إلى مقياسجزء من المليار من الوحدة. بشكل عام ، الألياف النانوية مصطلح تستخدم للألياف التي يتراوح قطرها بين ٥٠ و ٣٠٠نانومتر[8]

لقت الالياف النانوية اهتماماً كبيراً مؤخراً لتطبيقاتها الصناعية. وقد أُكتشف العديد من أشكالها كالْلياف السداسية والحلزونية والْلياف الشبيهة بحبة القمح-(corn).shapedإن الجزء الجانبي لليف النانوي اللويحي أو الأنبوبي له شكل سداسي،مثلاً، وليس أسطوانياً. من أشهر الْلياف النانوية تلك المصنوعة من ذرات البوليمرات. إن نسبة مساحة السطح إلى الحجم كبيرة في حالة الْلياف النانوية، كماللأنابيب النانوية، حيث أن عدد ذرات السطح كبير مقارنا بالعدد الكلي، وهذا يكسب تلك الْلياف خواص ميكانيكية مميزة كالصلابة وقوة الشد وغيرها مما يؤهلها بلامنافس لَستخدامها كمرشحات في تنقية السوائل أو الغازات، وفي الطب الحيوي وزراعة الأعضاء كالمفاصل ونقل الادوية في الجسم وفي التطبيقات العسكرية كتقليل مقاومة الهواء إلى آخره من التطبيقات لَسيما بعد تطوير طرق التحضير كما في الشكل(٢)[9] .



شكل (٢):الياف نانوية

(3-2)تطبيقات الالياف النانوية

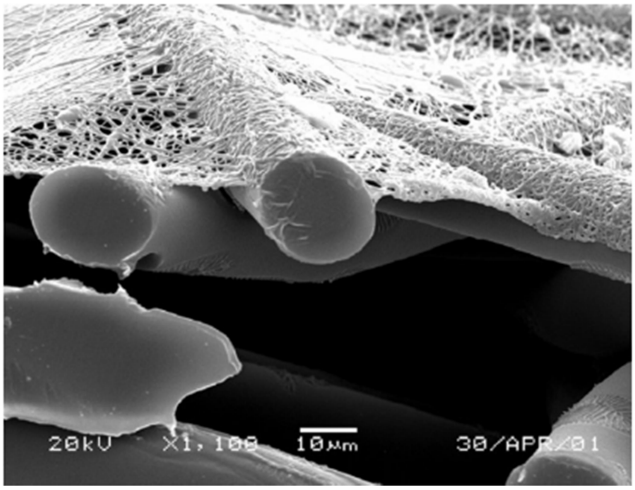
يمكن إنتاج الألياف النانوية من مجموعة واسعة من البوليمرات. هذه الألياف لها سطح محدد مرتفع للغايةنظرا لأقطارها الصغيرة ، ويمكن للحصائر المصنوعة من الألياف النانويةأن تكون مسامية للغاية مع ترابط المسام الممتاز.هذه الخصائص الفريدة بالإضافة إلى الوظائفمن البوليمرات نفسها نقل الألياف النانوية مع العديد من الخصائص المرغوبة للتطبيقات المتقدمة مجالات التطبيق الرئيسية التالية:

- الترشيحات
- أغشية التقارب واستعادة أيونات المعادن
- سقالات هندسة الأنسجة
- التئام الجروح
- التحكم في الإصدار
- محفز وناقلات الانزيم
- أجهزة الاستشعار
- تخزين الطاقة

تتم مناقشة عدد من التطبيقات الأخرى بإيجازأيضًا

1- الترشيح

تم استخدام المرشحات على نطاق واسع في كل من المنازل وصناعة لإزالة المواد من الهواء أو السائل. تستخدم مرشحات حماية البيئة لإزالة الملوثات من الهواء أو الماء. في الجيش ، يتم استخدامها فيملابس موحدة وأكياس عازلة لإزالة التلوث غبار الهباء الجوي والبكتيريا وحتى الفيروسات ، مع الحفاظ علىنفاذية بخار الرطوبة للراحة. جهاز تنفسهو مثال آخر يتطلب ترشيحا فعالادالة. هناك حاجة أيضا إلى وظيفة مماثلة وبالنسبة للمرشح القائم على الألياف ، يتم تحديد إزالة الجسيمات بواسطة آليات مختلفة. الجسيمات الكبيرة هي مسدود على سطح المرشح بسبب تأثير الغربال. سوف تخترق الجسيمات الأصغر من المسام السطحية المرشح ، والذي لا يزال من الممكن جمعه بواسطةا لألياف ، إما عن طريق الاعتراض أو الانحشار ، أو الكهرباء الساكنةالجذب الكهربائي. أيضا ، يمكن أن تكون الجسيمات الدقيقة جداتم التقاطها بسبب تأثير الحركة البراونية شكل (٣) يوضح مرشح نانوي



شكل(٣): مرشح نانوي

٢-أغشية التقارب واستعادةأيونات المعادن

الألياف النانوية الكهربائية لديها أيضا إمكانات كبيرة لتكونوظيفية من خلال دمج المواد الوظيفيةفي الألياف ، أو عن طريق كيمياء السطح والطلاءالتقنيات. قد تكون الألياف النانوية الوظيفية قادرة على لجمع جزيئات صغيرة أو أيونات فلزية من محلول

3-التئام الجروح

غشاء الألياف النانوية الكهربائي هو جرح جيدمرشح خلع الملابس بسبب خصائصه الفريدة:تعتبر بنية الغشاء المسامية للغاية والمسام المترابطة جيدا مهمة بشكل خاص لإفراز السوائل من الجرح المسام الصغيرة وعالية جدا محددةمساحة السطح لا تمنع فقط غزوات الكائنات الحية الدقيقة الخارجية ، ولكن أيضا تساعد في التحكم في تصريف السوائل ؛ بالإضافة إلى ذلك ، توفر عملية الغزل الكهربائي طريقة بسيطة لإضافة الأدوية إلى الألياف النانوية لأي ميدي ممكن

4-تحويل الطاقة وتخزينها

في الخلايا الكهروضوئيةبالإضافة إلى بطارية ليثيوم أيون ، يمكن استخدام الألياف النانوية TiO2 المغزولة كهربائيا في عمليات بيع الطاقة الشمسية الحساسة للصبغة(DSSCs) كقطب كهربائي نشط [١٠].

(4-2)خواص الالياف النانوية

مورفولوجيا الألياف النانويةاكتسبت الألياف النانوية التي تشكلت عن طريق الغزل الكهربائيالكثير من المخاوف البحثية بسبب المورفولوجيةالخصائص. هذه الألياف لها مساحات سطح عالية ،أحجام المسام الصغيرة ويمكن إنتاجها في أشكال ثلاثية الأبعاد. عن طريق ضبط معلمات العملية ،يمكن تكييف الخصائص المذكورة أعلاه مع تناسب التطبيقات والاحتياجات المحددة

a-الخواص الميكانيكية

١. قوة الشد: الألياف النانوية تتميز بقوة شد استثنائية. على الرغم من قطرها الصغير، إلا أنها تتمتع بقوة عالية نسبيًا. يمكن للألياف النانوية أن تكون أقوى بعدة مرات من الألياف التقليدية مثل الفولاذ.

٢. صلابة: الألياف النانوية تتمتع بصلابة عالية. تتحمل الشد والتحميل بدرجات عالية من التحمل دون أن تنكسر أو تتشوه. هذه الصلابة تجعلها مثالية لتطبيقات الربط والتقوية.

٣. مرونة: الألياف النانوية تتمتع بمرونة استثنائية. يمكن تشكيلها وتحملها للانحناء والانثناء دون أن تتعرض للكسر. هذه الخاصية تجعلها مفيدة في تطبيقات تتطلب مرونة عالية مثل الألياف المرنة

b-الخواص الحرارية

١.مقاومة للحرارة: الألياف النانوية تتحمل درجات حرارة عالية بشكل جيد. تحافظ على استقرارها الهيكلي وميكانيكي حتى في درجات حرارة مرتفعة. هذه الخاصية تجعلها مثالية لتطبيقات العزل الحراري والألياف الحرارية.

٢. انتقال الحرارة: الألياف النانوية تتمتع بقدرة على نقل الحرارة بشكل فعال. يمكنها توصيل الحرارة بسرعة وكفاءة عالية، وهذا يجعلها مفيدة في تطبيقات الألواح الحرارية والمواد الموصلة للحرارة.يجب ملاحظة أن الخواص الميكانيكية والحرارية للألياف النانوية تعتمد على نوع الألياف وتركيبها والعوامل الأخرى مثل درجة الترتيب البلوري والتوصيلية الحرارية للمواد المستخدمة. يجب أيضًا مراعاة الاحتياطات اللازمة عند التعامل مع الألياف النانوية واتباع إرشادات السلامة المناسبة

c-الخواص الكيميائية

١. مقاومة كيميائية عالية: تعتبر الألياف النانوية مقاومة للتآكل والتأثيرات الكيميائية الأخرى. وهذا يعني أنها تحافظ على استقرارها الكيميائي عند التعرض للمواد الكيميائية المختلفة، مما يجعلها مفيدة في تطبيقات تتطلب مقاومة كيميائية عالية مثل الألياف المستخدمة في الصناعات الكيميائية والبترولية

d-الخواص الكهربائية

توصيلية كهربائية عالية: تتمتع الألياف النانوية بتوصيلية كهربائية ممتازة، وهذا يجعلها مثالية للاستخدام في تطبيقات النانوتكنولوجي والإلكترونيات الرقيقة. يمكن استخدامها في تصنيع الأجهزة الإلكترونية الصغيرة مثل الأشرطة الكهربائية والأجهزة المرنة.

٢. قابلية للشحنة الكهربائية: يمكن استخدام الألياف النانوية لتخزين الشحنة الكهربائية، وتستخدم في بعض التطبيقات مثل البطاريات النانوية وأجهزة التخزين الكهربائية المتقدمة.

e-الخواص المغناطيسية:

قابلية للاستجابة المغناطيسية: بعض الألياف النانوية تكون قادرة على التفاعل مع المجالات المغناطيسية، مما يعطيها خواص مغناطيسية فريدة. يمكن استخدام هذه الخواص في تطبيقات التخزين المغناطيسي والمستشعرات المغناطيسية. . [1-2]

(5-2) التطبيقات المحتملة للألياف النانوية في المستقبل:

١. الإلكترونيات القائمة على النانو: يمكن استخدام الألياف النانوية في تطوير أجهزة إلكترونية فائقة الدقة وفائقة السرعة. يمكن استخدامها في تصنيع أشرطة دوائر مطبوعة نانوية، وأجهزة استشعار فائقة الحساسية، وأنظمة تخزين المعلومات التي تعتمد على النانو.

٢. الطاقة المتجددة: يمكن استخدام الألياف النانوية في تطوير خلايا شمسية فائقة الكفاءة وأجهزة تخزين الطاقة. يمكن استغلال خصائص الألياف النانوية لتحسين تحويل الطاقة الشمسية وتخزينها، مما يعزز تطور التكنولوجيا الشمسية.

٣. الطب: يمكن استخدام الألياف النانوية في تطبيقات طبية مثل تطوير مواد طبية قوية وخفيفة الوزن وأجهزة تسليم الدواء المستهدفة. قد تساهم الألياف النانوية في تحسين التصوير الطبي وتشخيص الأمراض وتسهيل التسليم المستهدف للعلاج.

٤. العزل والحماية: يمكن استخدام الألياف النانوية في تطوير مواد عازلة ومقاومة للحرارة والرطوبة والمواد الكيميائية الضارة. توفر الألياف النانوية خصائص عازلة عالية ومقاومة للهب، مما يجعلها مثالية لتطبيقات العزل والحماية في البناء والصناعة.

٥. الصناعات البيئية: يمكن استخدام الألياف النانوية في تطوير مواد مرشحة وممتصة لتنقية المياه والهواء من الملوثات والشوائب. يمكن أن تساهم الألياف النانوية في تحسين جودة البيئة وتقليل التلوث.

هذه مجرد أمثلة قليلة من التطبيقات المحتملة للألياف النانوية في المستقبل. مع استمرار التطور التكنولوجي والبحث العلمي، قد يظهر المزيد من التطبيقات الجديدة والمبتكرة لهذه المواد الواعدة.

(6-2)الاستنتاجات

دراسة خواص الألياف النانوية تساهم في فهم خصائصها المميزة وتطبيقاتها المحتملة. هنا بعض النتائج الشائعة التي يمكن استنتاجها عند دراسة الألياف النانوية:

١. القوة الميكانيكية الممتازة: تتمتع الألياف النانوية بقوة ميكانيكية استثنائية. إذا تم تصنيعها وترتيبها بشكل صحيح، يمكن أن تكون أقوى بكثير من الألياف التقليدية مثل الألياف الزجاجية أو الألياف الكربونية.

٢. خفة الوزن: بالنظر إلى طبيعتها النانوية، تكون الألياف النانوية خفيفة الوزن بشكل ملحوظ. هذا يعني أنها يمكن أن تساهم في تقليل الوزن الكلي للمواد المركبة التي تستخدم فيها.

٣. توصيلية حرارية وكهربائية ممتازة: نظرًا لهيكلها النانوي، تكون الألياف النانوية قادرة على التوصيل الحراري والكهربائي بكفاءة عالية. يمكن استخدامها في تطبيقات مثل الأجهزة الإلكترونية عالية الكفاءة وأنظمة التبريد.

٤. مرونة التصنيع: يمكن تصنيع الألياف النانوية بعدة طرق، بما في ذلك الطرق الكيميائية والفيزيائية. تتيح هذه المرونة إمكانية تخصيص الألياف بشكل مطلوب لتلبية متطلبات التطبيق المحددة.

٥. تطبيقات واسعة: تتيح خصائص الألياف النانوية الفريدة مجموعة واسعة من التطبيقات المحتملة في مجالات مثل الإلكترونيات، والطاقة المتجددة، والطب، والمواد المتقدمة، والتكنولوجيا البيئية، والعديد من الصناعات الأخرى.

مع ذلك، يجب ملاحظة أن دراسة الألياف النانوية لا تقتصر فقط على هذه النتائج، بل تشمل أيضًا الخصائص الكيميائية والتركيبية والتفاعلية والتأثيرات البيئية والسلامة. يتطلب استكشاف كل هذه الجوانب دراسات مفصلة وتجارب مكثفة لفهم الألياف النانوية بشكل كامل ومناسب للتطبيقات العملية.

(7-2) المصادرReferences

1-ميشيل جورج رحال"تحضيرُحصائرُمركبةُغيرُمنسوجةُناقلةُكهربائياًمنُألياڤُبوليميرُحمضُ اللبنُ (PLLA)النانويةُوالبوليُبيرولُ(PPY),2016 .
2-م. أحمد عبد الكريم" تأثير الجهد المطبق وقطر الإبرة في مرفولوجيا ألياف نانو بولي أميد- ٦,٦المتشكلةبتقنية الغَزل الكهربائي" مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية المجلد الثلاثون- العدد الأول- 2014

[3]- Yarin, A., Koombhongse, S., & Reneker, D. (2001). Taylor cone and jetting from liquid droplets in electrospinning of nanofibers. Journal of Applied Physics, 4836-4836

[4]- Mirjalili, M., & Zohoori, S. (2016). Review for application of electrospinning andelectrospun nanofibers technology in textile industry. Journal of Nanostructure inChemistry, 1-7

[5]-Bosworth, L., & Downes, S. (Eds.). (2011). Electrospinning for tissue regeneration Elsevier.

[6] qianlan and et al"functional electrospun nanofibers:fabrication properties and application in wound healing process"2024

[7] Maitireyan. R U and et al" A Review of Nanofiber: Current Progress in Application of PolymericNanofibers to Tissue Engineering" Journal of Advanced Zoology, Volume 45 Issue 2Year 2024.

[8] Alsaid Ahmed Almetwally and et al" Technology of Nano-Fibers: Production Techniques andProperties - Critical Review" Journal of the Textile Association · May 2017.

[٩] A. Gholipour Kanani, S. Hajir Bahrami, Review on Electrospun Nanofibers Scaffold Biomedical Applications,Trends Biomater. Artif. Organs, Vol 24(2), 2010, pp 93-115

[10] FANG Jian and et al" Applications of electrospun nanofibers" Chinese Science Bulletin · August 2008

.