دراسة إمكانية تصنيع شبكات بتقنية الغزل الكهربائي من البولي ستايرن

الباحثة: د. سمارة محمود السويد [1]

ملخص البحث

تعد عملية الغزل الكهربائي طريقة بسيطة لإنتاج شبكات نانوية و ميكروية من أنواع مختلفة من المواد البوليميرية . ويعتبر البولي ستايرن من البوليميرات المهمة حالياً. تم في هذا البحث دراسة إمكانية تصنيع شبكات من البولي ستايرن باستخدام تقنية الغزل الكهربائي و تحليل الشبكات الناتجة باستخدام المجهر الالكتروني الماسح لقياس أقطار الألياف الناتجة,. تم ملاحظة تشكل ألياف بأقطار من مرتبة الميكرو.

الكلمات المفتاحية: الألياف النانوية, الغزل الكهربائي, تقانة النانو, البولي ستايرن .

[1] قائم بالأعمال ،قسم هندسة الغزل و النسيج ،كلية الهندسة الكيميائية و البترولية

Studying the possibility of manufacturing of Polystyrene mats using electrospinning technique

Abstract

Electrospinning process is simple technique for producing nano and micro-mats from different kinds of polymers. Polystyrene is one of the most important polymers today. In this research, we studied the possibility of manufacturing of polystyrene using electrospinning technology and analyzing the resulting mats using the Scanning Electron Microscopy (SEM) to measure the diameters of the resulting mats. It was observed that fibers formed by diameters of micrometer.

Key words: Nanofibers, Electrospinning, Nanotechnology , Polystyrene

1- مقدمة: introduction

إن عملية الحصول على ألياف نانوية عن طريق توليد الكهرباء الساكنة تدعى بعملية الغزل الكهربائي وقد استخدمت هذه الطريقة منذ عام 1934.

الغزل الكهربائي هو عملية إنتاج ألياف بوليميرية طويلة بأقطار ميكروية أو نانوية. ونتيجة للمساحة السطحية العالية بالنسبة لحجم الألياف (أي السطح النوعي الكبير) والأداء الميكانيكي الكبير, فقد امتلكت هذه الألياف إمكانية الاستخدام في العديد من المجالات **[3]**

1-2- مبدأ عملية الغزل الكهربائي (Electrospinning Process) :

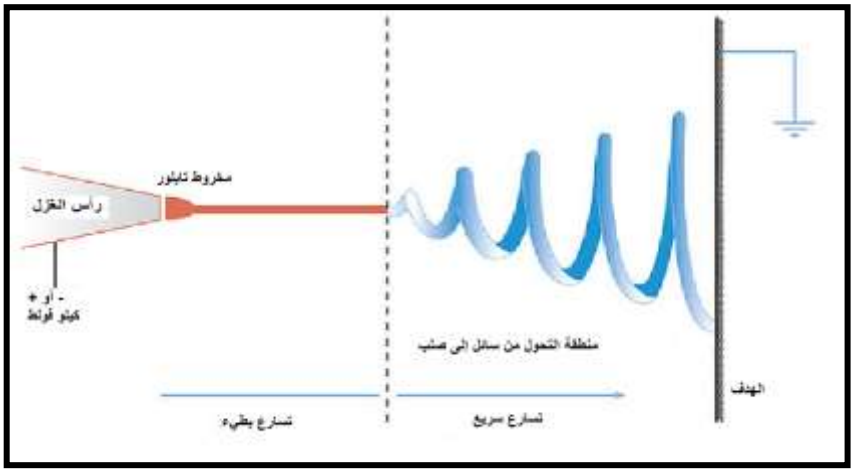
تم استخدام الغزل الكهربائي أولاً في صناعة اللامنسوج. وقد كانت الأبحاث الأكاديمية في التسعينيات من القرن الماضي بطيئة التقدم في مجال الغزل الكهربائي, ثم زادت الاهتمامات والمجموعات التي عملت في مجال الغزل الكهربائي, الأمر الذي أدى إلى زيادة المقالات المنشورة في مجال الغزل الكهربائي من عدد قليل من المقالات سنوياً حتى وصل العدد ما يقارب 2000 مقالة عام 2010. حيث أصبح الغزل الكهربائي موضوعاً مهماً في علم المواد**[2]**.

و هي عملية غزل متطورة شبيهة نوعاً ما بعملية البثق, حيث تستخدم شحنات كهربائية للحصول على ألياف دقيقة جداً تقاس بالميكرومتر أو النانومتر من سائل بوليميري (محلول أو مصهور), في عملية الغزل الكهربائي يتصل قطب مشحون بشحنة موجبة أو سالبة مع أنبوب شعري (إبرة معدنية) والقطب الآخر المشحون بشحنة معاكسة يتصل مع المجمع حيث تسحب القطرة البوليميرية (بوليمير +مذيب) الخارجة من الأنبوب الشعري متحولة إلى ليف نانوي وتتوضع على المجمع . وخلال العملية فإن القطرة الخارجة من الأنبوب الشعري تتحول من الشكل الكروي إلى المخروطي مشكلة ما يسمى بمخروط تايلور الذي يتم سحبه بتأثير الجهد الكهربائي المطبق منتقلاً وفق خط مستقيم لثواني قليلة (٣ ثانية) وتسمى هذه المنطقة بمنطقة الاستقرار يكمل بعدها وفق مسار حلزوني في منطقة تسمى منطقة عدم الاستقرار حيث تتم عملية السحب والشد جيداً إضافة إلى تبخر المذيب قبل أن تسقط على المجمع بشكل ليف نانوي [4,5,6].

3-1 – متغيرات عملية الغزل الكهربائي : Electro spinning Parameters

يمكن تعديل العملية وذلك من أجل التحكم بقطر الألياف الناتجة من خلال بارامترات العملية و التي تتضمن [2,3]:

- **المتغيرات الخاصة بالعملية : Process Parameters**
  - ❖ قيمة فرق الكمون المطبق .
  - ❖ المسافة بين المجمع و المنفث (البخاخ).
  - ❖ معدل تدفق المحلول .
  - ❖ السرعة الدورانية للمجمع .
- **خصائص المحلول : Properties of solution**
  - ❖ التوتر السطحي surface tension.
  - ❖ اللزوجة viscosity.
  - ❖ الناقلية الكهربائية conductivity.
  - ❖ العزل الكهربائي dielectric permittivity
- **الظروف المحيطة بالعملية :Ambient parameters**
  - ❖ الرطوبة .
  - ❖ درجة الحرارة المحيطة .



الشكل (1) رسم تخطيطي يظهر مبدأ عملية الغزل الكهربائي

2- إشكالية البحث:

يعتبر البولي ستايرن من المواد غير القابلة للتحلل العضوي كغيره من البوليمرات. ونتيجة دخوله في العديد من الصناعات كان هناك حادة للتفكير بإعادة تدويره.

2- هدف البحث : Aim of the search

إن الهدف من البحث هو دراسة إمكانية تصنيع شبكات بتقنية الغزل الكهربائي من البولي ستايرن, كمادة معاد تصنيعها (إعادة تدوير).

4- خطة البحث : Plan of the search

تم تحضير محلول البولي ستايرن باستخدام مذيب الكلوروفورم ثم تم تشغيل المحلول الناتج على جهاز الغزل الكهربائي, تم فحص الشبكات الناتجة باستخدام المجهر الالكتروني لتحليل بنيتها و تحديد متوسط قيمة أقطار الألياف المتشكلة .

5- الأجهزة و الأدوات و المواد المستخدمة في البحث : Device equipment and materials :

5-1- جهاز الغزل الكهربائي : Electrospinning device

يمكن تقسيم أجزاء جهاز الغزل الكهربائي إلى الأقسام التالية [2]:

- معدات البثق وهي المضخة و المحقن و الإبرة.
- أداة التجميع
- مزود قدرة عالي الجهد: يعطي هذا الجهاز جهداً كهربائياً عالياً جداً يصل إلى 40 كيلو فولت علماً أن المجال المستخدم في عملية الغزل الكهربائي يتراوح بين (10 – 25) كيلو فولت.

الشكل (2) حجرة الغزل الكهربائي

الشكل (3) أجزاء المضخة [2]

الشكل (4) الحقنة

الشكل (5) مزود القدرة عالي الجهد

5-2- إجراء تحليل لبعض العينات الناتجة باستخدام المجهر الالكتروني الماسح (SEM) :

تم توصيف الشبكات اللامنسوجة التي حصلنا عليها باستخدام المجهر الالكتروني الماسح Scanning Electron Microscope والذي يشار له اختصاراً بـ SEM

وتقوم فكرة عمل المجهر الالكتروني على استخدام حزمة من الالكترونات عالية الطاقة وذات طول موجي قصير جداً تصطدم عمودياً بسطح العينة ومن ثم يتم جمع الاشارات المنعكسة والصادرة عن العينة باستخدام الكاشف Detector وبعد ذلك يتم معالجة هذه الاشارات ليتم إظهارها كصور . وقد تم تحليل العينات على المجهر الالكتروني الماسح الموجود في هيئة الطاقة الذرية من نوع (VEGA II XMU) صنع جمهورية التشيك [1] .

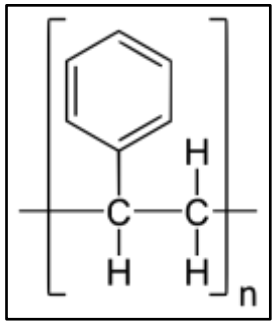
الشكل (5) المجهر الالكتروني الماسح في هيئة الطاقة الذرية بدمشق VEGA II XMU

الشكل (6) حجرة المجهر مع حامل العينات والكواشف

6- المواد الكيميائية المستخدمة: Materials

6-1- البولي ستاريرن (Polystyrene) (PS) :

هو مركب كيميائي عبارة عن بوليمر هيدروكربوني عطري اصطناعي مشتق من جزيء مونومير يعرف باسم الستايرن. يمكن أن يكون البولي ستايرن صلبا أو رغويا. يعد البولي ستايرن أحد أكثر أنواع البلاستيك استخداماً حول العالم، حيث يقدر حجم إنتاجه بعدة ملايين من الأطنان سنوياً. يمكن أن يكون البولي ستايرن شفافا في شكله الطبيعي، لكن يمكن أيضا تلوينه بألوان مختلفة. يمكن استخدام البولي ستايرن في عدد من المجالات، على غرار استخدامه في التغليف الوقائي للمنتجات كفشار رغوي (foam popcorn) لمنع تلف وتكسر المنتجات الهشة أثناء الشحن، أو في علب الأقراص الضوئية لتخزين الأقراص المضغوطة العادية وأقراص الفيديو الرقمية أحيانا)، الحاويات، الأغطية، الزجاجات، الصواني، الأكواب وأدوات تناول الطعام التي تستخدم لمرة واحدة وأيضا في صنع النماذج. باعتباره من اللدائن حرارية، يكون البولي ستايرن في حالة صلبة عند درجة حرارة الغرفة ولكنه يصبح سائلاً إذا تم تسخينه فوق درجة تقارب 100 درجة مئوية (درجة حرارة التحول). يصبح صلباً مرة أخرى عند تبريده. يتم استغلال خاصيته الحرارية هذه في عملية البثق (لصناعة ألواح الستايروفوم على سبيل المثال) وأيضا في عمليتي القولبة والتشكيل الفراغي، حيث يمكن صبه في قوالب والحصول على منتجات بتفاصيل دقيقة[1,10,11].

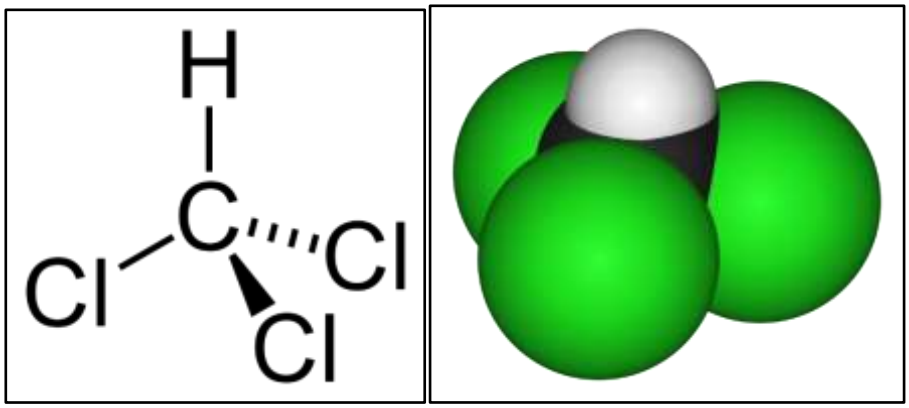


الشكل (7) التركيب الكيميائي للبولي ستايرن

6-2- المذيب Solvent:

الكلوروفورم :

تم استخدام الكلوروفورم كمذيب للبوليمير المستخدم. ثلاثي كلورو ميثان مركب عضوي صيغته الكيميائية $CH\ Cl_3$. وهو سائل عديم اللون، سهل التطاير. للكلوروفورم تأثير تخديري، كم أنه مذيب جيد لمختلف المواد الكيميائية خاصة الزيوت، غير قابل للاشتعال، وله رائحة خفيفة مميزة له[8,9,10].



الشكل (8) التركيب الكيميائي للكلوروفورم

7- إجراء التجارب :Experiments

7-1- تحضير المحلول : Preparation of the polymer solution

تم تحضير محلول من البولي ستايرن (PS) بتركيز (1 g/ 10 ml) , حيث تمت إذابة (1g) من البولي ستايرن في (10 ml) من الكلوروفورم عند درجة حرارة الغرفة وتمت عملية الخلط لمدة زمنية قدرها (20 min).

7- 2- عملية الغزل الكهربائي :

تم تشغيل المحلول المحضر على جهاز الغزل الكهربائي . تم إجراء التجارب وفق الشروط التالية:

الجدول (1) شروط التشغيل لعملية الغزل الكهربائي

تركيز المحلول (g/ 10 ml)	الفولط (kv)	المسافة بين فوهة الابرة والمجمع (cm)	سرعة المجمع (r/sec)
1	20	10	207.24

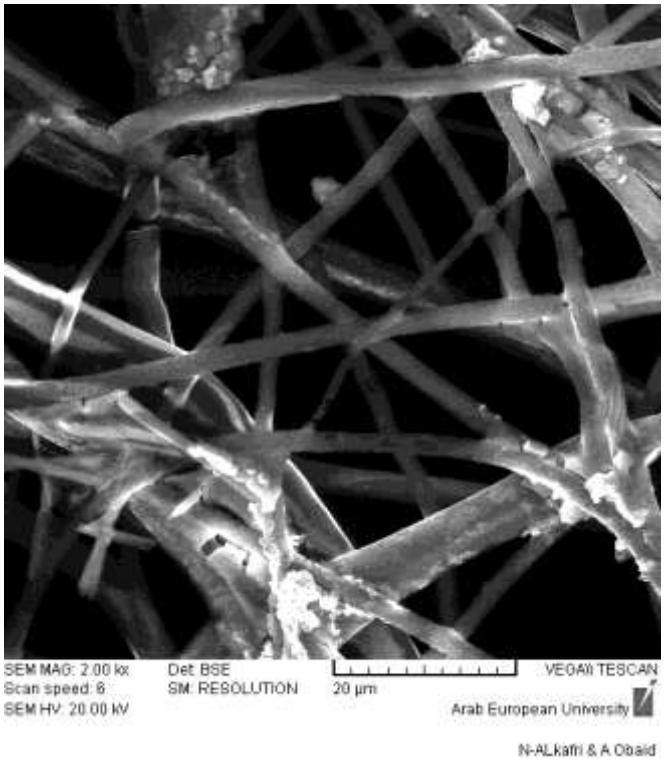
7- 3- قياس الأقطار: Measuring of the diameters

تم قياس أقطار الألياف المشكلة للشبكات الناتجة باستخدام برنامج (ImageJ) الصادر عن (National Institutes of Health, USA) ,حيث تم قياس أقطار أكثر من (20 ليف) من العينة المشغولة. حيث تم أخذ (10 قراءات) من مواضع مختلفة لكل ليف وأخذ المتوسط الحسابي لها للحصول على قطر الليف , ومن ثم تم أخذ المتوسط الحسابي لأقطار ألياف العينة.

الجدول (2) أقطار الألياف النانوية الناتجة

Test number	Diameter (µm)	Average	Standard deviation
1	3.541	2.07	0.93
2	1.824		
3	2.474		
4	2.344		
5	1.595		
6	2.036		
7	2.769		
8	1.701		
9	2.748		

10	1.824		
11	1.824		
12	1.195		
13	1.251		
14	1.203		
15	1.684		
16	2.135		
17	2.517		
18	2.87		
19	5.766		
20	1.978		
21	2.344		
22	2.344		
23	0.753		
24	2.517		
25	1.377		
26	1.631		
27	1.251		
28	1.818		
29	1.631		
30	1.259		



الشكل (11) صورة بالمجهر الإلكتروني لمنتج العينة

8- مناقشة النتائج : Results Discussion

- تم إنتاج شبكات ميكروية من البولي ستايرن (PS) , تبين من تحليل العينة الناتجة عن تشغيل المحلول المحضر على جهاز الغزل الكهربائي, وبعد تحليلها على المجهر الالكتروني أن أقطار الألياف المتشكلة من مرتبة الميكرو , ومتوسط قطر الألياف الناتجة (**µm** 2.07).
- كانت الألياف الناتجة (الشبكات) تتمتع بصلابة معينة وقساوة يمكن ان تعرضها للكسر عند الاسخدام في بعض التطبيقات
- يمكن استخدام الشبكات الناتجة في مجال العزل الحراري و في مجال التعبئة و التغليف.

9- المقترحات : Suggestions

- دراسة خصائص الشبكات المتشكلة من البولي ستايرن حرارياً و ميكانيكياً
- دراسة إمكانية توظيف الشبكات الناتجة من البولي ستايرن التطبيقات المختلفة (طبياً – كهربائياً).
- العمل على تغيير تركيز البولي ستايرن في المحلول و دراسة تغير الخصائص للشبكات الناتجة مع تغير التركيز.

10- المراجع العربية : References

1. الفتيح, أشرف. (2016) إ**عادة تدوير البولي ستايرين عن طريق السلفنة ودراسة تطبيقاته ,** دراسة أعدت لنيل درجة الماجستير في علوم وهندسة المواد اختصاص بوليميرات, المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا.

2. طهماز , غزل.(2016). **دراسة إمكانية إنتاج قماش مكون من ألياف نانوية بعملية الغزل الكهربائي وبرمجة هذه العملية ,** دراسة أعدت لنيل درجة الدكتوراه في هندسة النسيج ومعالجاته , جامعة البعث .

المراجع الانكليزية:

3. A.Lund, 2011- Nanotechnology for textile applications, The Swedish School of Textiles, THS University College of Bors,120p.

4. BOSWORTH, L and DOWNES, L 2011-Electrospinning for tissue regeneration. Wood head Publishing, England, 419p.

5. Bellan L and Craighead H (2009). 'Nanomanufacturing using electrospinning', *J Manufact Sci Eng*, 131(3), 034001.

6. Bini T B, Gao S, Tan T C, Wang S, Lim A, Hai L B and Ramakrishna S (2004).'Electrospun poly(l-lactide-co-

glycoside) biodegradable polymer nanofiber tubes for peripheral nerve regeneration', *Nanotechnology*, 15, 1459.

7. G. M. Wang, F. Qian, C. W. Saltikov, Y. Q. Jiao and Y. Li, Nano Res., 2011, 4, 563–570 CrossRef CAS

8. Q. Zhang, S. Lv, J. F. Lu, S. T. Jiang and L. Lin, Int. J. Biol. Macromol., 2015, 76, 94–101 CrossRef CAS PubMed .

9. Y. T. Zhao, M. He, L. Zhao, S. Q. Wang, Y. P. Li, L. Gan, M. M. Li, L. Xu, P. R. Chang, D. P. Anderson and Y. Chen, ACS Appl. Mater. Interfaces, 2016, 8, 2781–2795 CAS .

10. J.H. Nahid, Study of Methyl Orange Effect on the Optical and Electrical Properties of Polystyrene (PS) , Applied Science Department, University Technology/Baghdad, (2014).

11. Zhang Q, Du Q, Zhao Y and Chen F (2017). 'Graphene oxide–modified electrospun polyvinyl alcohol nanofibrous scaffolds with potential as skin wound dressings', The Royal Society of Chemistry, RSC Adv., 2017, 7, 28826–28836.