دراسة تأثير بعض مواصفات الأقمشة القطنية في قيم الناقلية الكهربائية للأقمشة المطبوعة بالحبر الموصل

م. نسرين الأطرش[1] د. م. زياد سفور [2] د. م. غزل طهماز[3]

ملخص البحث

خلال تاريخ البشرية يوجد هناك تطور كبير في الصناعات وأهمها الصناعات النسيجية وأدى هذا التطور في ظهور مجال جديد في الصناعات النسيجية وهو النسيج التقني. يمكن الحصول على المنسوجات التقنية انطلاقاً من عدة طرق تطبق على النسيج كالطباعة مثلاً لإضافة أداء وظيفي معين للنسيج من خلالها. يرتكز هذا البحث إلى دراسة تأثير مواصفات القماش القطني من ناحية التركيب النسيجي وكثافة خيوط السداء واللحمة على قيم الناقلية الكهربائية للأقمشة المطبوعة بالحبر الموصل وذلك باستخدام نوعين من المواد الناقلة (الجرافيت، الفضة) تم تحضير مجموعتين من العينات، المجموعة الأولى من العينات القماشية بتراكيب مختلفة وكثافات مختلفة (سادة 1/1 كثافة منخفضة، سادة 1/1 كثافة مرتفعة مبرد 3/1 كثافة منخفضة، مبرد3/1 كثافة مرتفعة) مطبوعة باستخدام الحبر الحاوي على الجرافيت والمجموعة الثانية باستخدام الحبر الموصل الحاوي على الفضة. تبين في الدراسة أن قيم الناقلية اختلفت بتغير التركيب النسيجي والكثافات لخيوط السداء واللحمة حيث كانت أعلى قيمة للناقلية للتركيب النسيجي سادة 1/1 ذو الكثافة المرتفعة المطبوع بالجرافيت حيث وصلنا إلى قيمة ناقلية كهربائية S/cm $1.7*10^{-7}$ وقيمة المقاومة الكهربائية ($6*10^{-6}\Omega.cm$) ومع الحبر الحاوي على الفضة كان أيضاً القماش ذو التركيب السادة و الكثافة المرتفعة ذو ناقلية أعلى فتصل قيمة الناقلية (S/cm $1.6*10^{-7}$) وقيمة المقاومة($7*10^{6}\ \Omega.cm$) وبتالي نستنتج أن التراكيب النسيجية السادة وذات الكثافات المرتفعة أعطت قيم ناقلية أعلى مع الحبر الحاوي على الجرافيت والفضة.

الكلمات المفتاحية: النسيج التقني، المنسوجات الذكية، الطباعة، الموصلية الكهربائية، الحبر الموصل، التركيب النسيجي

1. معيدة موفدة داخليا–قسم هندسة الغزل والنسيج–كلية الهندسة الكيميائية والبترولية–جامعة البعث
2. أستاذ مساعد–قسم هندسة الغزل والنسيج–كلية الهندسة الكيميائية والبترولية–جامعة البعث
3. أستاذ مساعد–قسم هندسة الغزل والنسيج–كلية الهندسة الكيميائية والبترولية–جامعة البعث

Studying the effect of some specification of cotton fabrics in the electrical conductivity values of fabrics printed with conductive ink

Abstract

During the history of mankind, there has been a great development in industries, the most important of which is the textile industries. This development led to the emergence of a new filed in the textile industries, which is the technical textile. Technical textiles can be obtained from serval methods applied to the fabric, such as printing for example, to add a certain functional performance to the fabric through it. This research is based on studying the effect of cotton cloth specifications in terms of structure and density of warp and weft threads on the electrical conductivity values of fabrics printed with conductive ink. By using two types of carrier materials, graphite and silver. This research is divided into two parts, which are a group of simples with the different compositions and different densities (plain 1/1 low density, plain 1/1 high density, twill 1/3 low density, twill 1/3 high density) printed using ink containing graphite and the second groups using conductive ink containing silver. In the study it was found that the conductivity values different with the change in the textile structure and densities of the wrap and weft threads, where the highest conductivity value for the textile structure was plain 1/1 with high density which printed with graphite, so the value of the electrical conductivity reached to($1.7*10^{-7}$ S/cm) and the electrical resistance value reached to($6*10^{6}$ ohm.cm) and with the silver containing ink was also the fabric with a plain 1/1 structure and a high density has the highest , so the resistance value reached to($7*10^{6}$ ohm.cm).thus, we conclude that the dense and plain textile structure gave higher values of conductivity with ink containing graphic and silver.

Keywords: Technical textile, smart textile, printing, electrical conductivity, conductive ink, textile structure.

1-المقدمة:

النسيج التقني هو نوع من المنسوجات التي صممت وشكلت هندسياً بأسلوب خاص للاستخدام في منتجات وعمليات صناعية أو تطبيقية، فهي تعتمد في المقام الأول على الخصائص الوظيفية بدلاً من الخواص الزخرفية والجمالية ،يمكن الحصول على المنسوجات التقنية انطلاقاً من عدة طرق إذ يمكن الانطلاق من الخيوط التقنية للحصول على نسيج تقني أو من خلال المعالجات النهائية التي تطبق على النسيج العادي أو من خلال عمليات الإنهاء كالطباعة والصباغة لإضافة أداء وظيفي معين للنسيج من خلالها، بالنسبة لعملية الطباعة فإنها نالت اهتماماً جيداً في مجال النسيج التقني فهذه العملية تؤدي إلى إنتاج تصميم على ركيزة عن طريق تطبيق مادة التلوين والتي عادة ما تسمى معجونة الطباعة أو حبر الطباعة ويتم التطبيق بأماكن محددة، ومن خلال هذه المعجونة الحاوية على الحبر المثخن يمكن الحصول على نسيج تقني وذلك بإضافة مواد معينة ذات خصائص محددة لهذه المعجونة للقيام بالأداء الوظيفي لهذا النسيج التقني، كالحصول على أقمشة موصلة للتيار الكهربائي، مقاومة للأشعة فوق البنفسجية ، مضادة للبكتريا.... وغيرها الكثير.

1-2- تعريف عملية الطباعة (Printing):

هي عملية تشكيل رسوم وتصاميم موضعية ضمن مساحات محددة وألوان محددة على الأقمشة، تعد الطباعة الطريقة الأبسط والأكثر انتشاراً لتصميم رسوم متعددة الألوان مباشرة على القماش ومن الممكن إجراء الطباعة على مختلف أنواع الأقمشة سواء كانت منسوجة أم محاكة أم غير منسوجة. [1]

1-3- تقنية الطباعة بالشبلونات (القوالب) المسطحة (screen printing):

تندرج الطباعة بالقوالب أو الشبلونات تحت ما يسمى بالطباعة بالشاشة الحريرية، والتي تعمل بالأصل حسب مبدأ صفائح الطباعة المفرغة. توجد في الطباعة بالشبلونات

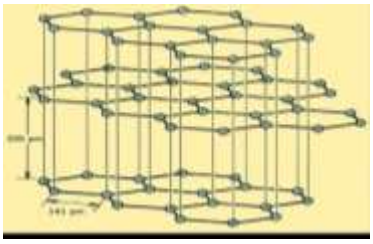
المسطحة أربعة مصطلحات أساسية: معجونة الطباعة، الشبلون الحاوي على الرسم، القماش المراد طباعته، المقشطة التي تجبر المعجونة على عبور الشبلون.[1]

1-4-مفهوم الموصلية الكهربائية: يتم تعريف الموصلية الكهربائية بأنها مقياس التوصيل الكهربائي وهي توضح قدرة المادة على تمرير تيار كهربائي مثل المعادن ويعود ذلك إلى تركيبها الذري حيث تحتوي على عدد هائل من الالكترونات الحرة القابلة للحركة تحت تأثير قوة خارجية كمصدر جهد كهربائي أو بطارية. تتراوح درجات التوصيل بين الجيدة (الموصلة) والرديئة (العازلة) والمتوسطة (أنصاف أو أشباه الموصلات). المواد العازلة عبارة عن مواد ذات موصلية أقل من(10^{-8} S/cm) وأشباه الموصلات تمتلك موصلية تتراوح بين (10^{-2}_10^{-8} S/cm) بينما المواد الموصلة تمتلك موصلية أعلى من(10^{2} S/cm).[2]

1-5- المواد الموصلة كهربائياً: إن المواد المستخدمة في التوصيل الكهربائي كثيرة وأهمها المعادن (كالفضة والنحاس والذهب والألمنيوم) ويتفاوت استخدامها وفقاً لتكلفتها العالية ووفرتها. ليست فقط المعادن الوحيدة التي تلعب دور التوصيل الكهربائي، إذ توجد أيضاً بعض مركبات الكربون النشط (الجرافيت، الجرافين، أنابيب الكربون النانوية) أيضاً المواد البوليميرية الموصلة (بولي بيرول، بولي أنيلين، ...) وفي هذا البحث تم استخدام الجرافيت والفضة.[2]

1-6- الجرافيت: هو تآصل من الكربون يحتوي على عدد كبير من صفائح الكربون ذو البنية السداسية، ما يميز الجرافيت بناقليته العالية هو وجود طبقة من الجرافين وهي عبارة عن تلك الصفيحة من ذرات الكربون المرتبطة ببعضها البعض، ويعد من أجود أنواع النواقل الكهربائية والحرارية، ويعد الجرافيت من العناصر الهجينة بمعنى أن كل ذرة كربون تكون ثلاث روابط مع ثلاثة ذرات كربون على محورها الخارجي باستخدام روابط

سيجما ويعود السبب الرئيسي لناقلية الجرافيت هو وجود الكترونات حرة غير مستقرة عبر طبقاته و تصل قيمة المقاومة النوعية له ($3.5*10^{-8}$ Ω.m). [4,3]



الشكل (1) بنية الجرافيت

1-7-الفضة: تعد الفضة أفضل الموصلات الكهربائية لأنها تحتوي على عدد أكبر من الإلكترونات الحرة، فعند مرور الكهرباء من خلال المعدن فإنها تعمل على تحريك الإلكترونات في المعدن لتستطيع المرور من خلاله لذا كلما زادت عدد الالكترونات الحرة في المعدن زادت الموصلية تصل قيمة المقاومة النوعية له ($1.629*10^{-8}$ m.Ω).[5]

من السهل اصطناع جزيئات الفضة النانوية بأشكال عديدة وبشروط موثوقة وآمنة ورخيصة مثل الطريقة الكيميائية الرطبة والفيزيائية والبيولوجية والطريقة الكيميائية الضوئية أو بمساعدة أشعة الميكروويف أو الأمواج فوق الصوتية. [5,6]

يتم في هذا البحث استخدام طريقة الإشعاع بالحرارة أولاً يتم تشكيل محلول مائي من نترات الفضة، فعندما تنحل نترات الفضة فإنها تتشرد إلى أيونات الفضة الموجبة(Ag^{+}) وشوارد النترات السالبة (No^{3-}) ولكي نحول شوارد الفضة إلى الفضة الصلبة فيجب أن ترجع شوارد الفضة بمنحها الكترون ، إذ يتم الإرجاع بالحرارة حيث عند تعريضها للحرارة تقوم العوامل الفعالة سطحياً بتشكيل جسيمات الفضة بأحجام وأشكال مختلفة حيث لا تستخدم في هذه الطريقة عوامل إرجاع بل تم وضع محلول مائي من نترات الفضة في معجونة الطباعة ومن ثم تطبيق الطباعة على القماش ويتم ارجاع هذه الشوارد على

شكل جزيئات الفضة باستخدام الحرارة وهي على القماش لتتشكل جزيئات فضة متوضعة على سطح القماش.

1-8-تطبيقات الأقمشة الناقلة للتيار الكهربائي:

تستخدم الأقمشة الموصلة للتيار للكهربائي في مجالات عديدة منها في مجال المنسوجات الذكية القابلة للارتداء وتطبيقات الخلايا الشمسية، والترانزستورات، والمكثفات لتخزين الطاقة، وفي تشكيل أجهزة الاستشعار المتعددة [7].

2- هدف البحث:

دراسة تأثير مواصفات القماش القطني عند استخدام تراكيب مختلفة وكثافات مختلفة لخيوط السداء واللحمة في قيم الناقلية الكهربائية للأقمشة المطبوعة بالحبر الموصل باستخدام نوعين من المواد الناقلة.

3- خطة البحث: يتضمن إجراء البحث المراحل الأساسية الآتية:

1. اختيار أصناف من الأقمشة القطنية لدراستها.
2. تجهيز العينات الأقمشة القطنية ومعالجتها.
3. تحضير معجونة الطباعة (الحبر الموصل).
4. تطبيق الطباعة على النسيج.
5. تجفيف.
6. قياس قيم الناقلية للعينات المطبوعة.

4-الأجهزة والأدوات المستخدمة:

1. ميزان حساس.
2. خلاط كهربائي.

3. فرن تجفيف.
4. جهاز قياس المقاومة الكهربائية.
5. أدوات زجاجية ومخبرية مختلفة.
6. شبلون للطباعة.
7. راكل (مقشطة) للطباعة.
8. طاولة الطباعة.
9. مثبت للقماش على طاولة الطباعة.

5- المواد المستخدمة في البحث:

1. قماش قطني 100% بتراكيب وكثافات مختلفة موضحة في الجدول (1)
2. جرافيت.
3. نترات الفضة ($AgNO_3$).
4. ماء مقطر.
5. ألجينات الصوديوم.$(NaC_6H_7O_6)_n$
6. يوريا (CH_4N_2O).
7. ماءات الصوديوم.
8. ماء أوكسجيني.

الجدول (1)مواصفات الأقمشة المستخدمة

رقم القماش	1	2	3	4
التركيب النسيجي	سادة 1/1	سادة 1/1	مبرد 3/1	مبرد 3/1
طبيعة المادة الخام	قطن 100%	قطن 100%	قطن 100%	قطن 100%
وزن المتر المربع g/m2	155.16	240.5	242.43	245.16
كثافة خيوط السداء في سم	13	20	27	28
كثافة خيوط الحدف في سم	13	18	16	18
نمرة خيوط السداءNe	12	16	12	12
نمرة خيوط الحدفNe	10	16	12	12
عدد البرمات خيوط السداء	581	677	581	581
عدد البرمات خيوط الحدف	390	494	581	581
نوع الغزل للخيوط السداء	حلقي	حلقي	حلقي	حلقي
نوع الغزل للخيوط الحدف	توربيني	توربيني	حلقي	حلقي

7-التجارب:

7-1- تبيض العينات وتجهيز القماش القطني الخام:

تم اجراء عملية التبييض وإزالة النشاء في حمام واحد باستخدام ماءات الصوديوم والماء الأوكسجيني حيث كان دور ماءات الصوديوم نزع النشاء من القماش بهدف اكساب القماش قدرة على التبلل وتقبل معجونة الطباعة، أما الماء الأوكسجيني فيقوم بعملية التبييض مع إضافة بضع قطرات من مثبت الماء الأوكسجيني. جرت العملية كالتالي: تم تحضير حمام المعالجة وفق النسب الموضحة بالجدول (2) واستمرت العملية (45 min) بعد الغليان وتليها مرحلة تعديل الوسط القلوي بعملية غسيل بالماء وحمض الخل وبعدها غسل القماش مرة أخرى، من ثم يتم التجفيف بدرجة حرارة المخبر.

الجدول (2) مكونات حمام إزالة النشاء والتبييض

اسم المادة	تركيزها	نسبة الحوض	الزمن
ماء أوكسجيني	8%	1/20	45 min
ماءات الصوديوم	4gr/l		
مادة مبللة صابون	1 gr/l		

7-2- تحضير معجونة الطباعة: إن معاجين الطباعة يجب أن تحتوي على مواد أساسية وهي المادة المثخنة والمادة المرطبة والمادة الناقلة وماء مقطر. وفي هذه الدراسة تم استخدام مادة مثخنة وهي ألجينات الصوديوم بهدف إعطاء اللزوجة للمعجونة وتم استخدام اليوريا كمادة مرطبة، أما بالنسبة للمادة الناقلة تم استخدام مادتين الجرافيت ونترات الفضة للحصول على الفضة والجدول (3) يوضح وصفة المعجونة المطبقة الذي تم تحضيرها بوزن 100gr.

الجدول (3) مكونات معجونة الطباعة

نوع المادة	كمية المادة
مادة مثخنة (ألجينات الصوديوم) تركيز 3.3%	3.3 gr
مادة مرطبة (يوريا)تركيز 10%	10gr

مادة ناقلة تركيز 1%	1gr
مشتت للمادة الناقلة(ماء مقطر)	10gr
ماء مقطر	75.7 gr
المجموع الكلي	100gr

7-3- تطبيق الطباعة على النسيج:

بعد عملية تجهيز القماش وتحضير معجونة الطباعة تم تطبيق معجونة الطباعة على النسيج وذلك بتقنية الطباعة بالشبلونات المسطحة والتي تستخدم فيها شبلون وراكل لتمرير المعجونة كما موضح في الشكل (2) ويجب المحافظة أثناء تطبيق الطباعة على شد القماش على طاولة الطباعة وأيضا المحافظة على ضغط ثابت مطبق من الراكل على المعجونة لتمريرها على الشبلون ونفوذها إلى القماش وتم تمرير هذه المعجونة 8 أشواط وبعدها تترك العينات لتجف باستخدام فرن التجفيف مدة 5 min وبعدها يتم قياس قيم الناقلة للعينات المطبوعة.

الشكل (2)الراكل والشبلون المسطح

الجدول التالي يوضح رقم العينات المطبوعة:

الجدول(4) ترقيم العينات

مجموعة أولى تحوي مادة ناقلة من الجرافيت 1%	
رقم العينة	التركيب والكثافة
1	سادة 1/1 $\frac{12Ne*13}{10Ne*13}$
2	سادة 1/1 $\frac{16Ne*20}{16Ne*18}$
3	مبرد 3/1 $\frac{12Ne*27}{12Ne*16}$
4	مبرد 3/1 $\frac{12Ne*28}{12Ne*18}$

الجدول (4) ترقيم العينات

مجموعة ثانية تحوي مادة ناقلة من نترات الفضة 1%	
رقم العينة	التركيب والكثافة
5	سادة1/1 $\frac{12Ne*13}{10Ne*13}$
6	سادة1/1 $\frac{16Ne*20}{16Ne*18}$
7	مبرد 3/1 $\frac{12Ne*27}{12Ne*16}$
8	مبرد3/1 $\frac{12Ne*28}{12Ne*18}$

8- الاختبارات:

8-1-قياس قيم المقاومة الكهربائية:

تم قياس قيم المقاومة الكهربائية باستخدام جهاز المسابر الأربعة تصنيع شركة signature يتألف هذا الجهاز من أربع مسابر تعمل كمجسات لقياس قيمة المقاومة الكهربائية، حيث يقوم مجسين بتقديم تيار للعينة ومجسين آخرين يقومان بقياس قيم الفولط في العينة وعلى أساسها يتم حساب قيمة المقاومة.

الشكل (3) جهاز المسابر الأربعة

9-النتائج والمناقشة:

تم أخذ 5 قراءات للعينة بتيارات مختلفة ومن ثم أخذ قيمة متوسطة للمقاومة الناتجة عن القراءات الفولط المقاسة مع الأخذ بعين الاعتبار سماكة الطبقة والمسافة بين المسابر ، وكانت النتائج كما موضح في الجدول(5) وتبين في النتائج أن التركيب النسيجي السادة ذو الكثافة المرتفعة (20*18) أعطت أعلى قيمة موصلية أي أدنى قيمة مقاومة، مع المواد الناقلة الجرافيت والفضة وكانت القيم من أجل الجرافيت ($6*10^6\Omega.cm$) والفضة ($7*10^6\ \Omega.cm$) و بالتالي هذا يوضح أن القماش الأفضل لطباعة الأقمشة الناقلة بهذه المعجونة هو التركيب النسيجي سادة وكثافة عالية لخيوط السداء والحدف في واحدة القياس نظراً لكون البنية الخاصة للسادة تجعل جزيئات المادة الناقلة تبقى متوضعة على السطح ومتماسكة فهذا ساعد على حفاظ طبقة الطلاء الموصل سطحية وعدم نفوذها إلى الوجه الآخر للقماش وبتالي عدم تسرب المعجونة على طاولة الطباعة وهذا ما يطابق مفهوم تقنية الطباعة بأنها سطحية أما المبارد بسبب بنيتها والخطوط المائلة التي تشكلها تسبب انزلاقات للجزيئات الناقلة إلى داخل البنية وعدم بقاءها على السطح،

ويمكن أيضاً أن يعزى ذلك أن نوع الغزل للخيوط للقماش السادة منها توربيني أما للخيوط التركيب المبرد هي حلقي.

الجدول (5) نتائج قيم المقاومة الكهربائية والناقلية

رقم العينة	المقاومة Ω.cm $R*10^6$	قيمة الناقلية S/cm $\sigma*10^{-7}$	رقم العينة	المقاومة Ω.cm $R*10^6$	قيمة الناقلية S/cm $\sigma*10^{-7}$
1	7.2	1.40	5	8.7	1.3
2	6	1.75	6	7	1.6
3	40	0.233	7	40	0.233
4	45	0.288	8	50	0.186

10-المقترحات:

1. استخدم في هذا البحث نوعين من المواد الناقلة الجرافيت والفضة ومن المفيد استخدام مواد ناقلة أخرى كالبوليمرات الناقلة مثل البولي أنيلين والبولي بيرول وغيرها الكثير ودراستها
2. استخدم قماش منسوج في هذا البحث من الممكن استخدام أقمشة غير منسوجة أو أقمشة تريكو ودراسة الناقلية الكهربائية لها من خلال تطبيق الطباعة بالحبر الموصل.
3. استخدام تقنيات أحدث كتقنية الطباعة الرقمية بالنفث الحبر كونها أدق وصديقة للبيئة مقارنة بتقنية الطباعة بالشبلونات المسطحة.

11-قائمة المراجع:

[1] سفور ; زياد، **تقانة الطباعة**،الجزء النظري، الطبعة الأولى، منشورات جامعة البعث، حمص، 2017.

[2] Maity, S, &Chatterjes, A. (2018). **Conductive polymer-based electro-conductive textile composites for electromagnetic interference shielding: review.** Journal of industrial textiles 47(8) -2228-2252.

[3] Chandrase Karan, S, T, & Sinivasan, R.(2013).**Microwave heating characteristics of graphite based powder mixtures**. International Communication in Heat and Mass transfe,48,22-27 .

[4] Zhang,B.Tain, Y, Jin, X.(2018). **Thermal and Mechanical properties of expanded graphite/paraffin –based composite material reinforced by carbon fiber**. Materials ;11-(11)-2205.

[5] Landaye,S,M, &Wasif, A.(2012) **Nanosilver an effective antimicrobial agent for finishing of textile**. International journal of engineering science emerging technologe,4(1),66-78.

[6] Thirumurugan,G,&Dhanarjau,M.D(2012) **Silver nanoparticles: real Antibacterial bullets**. In Antimicrobil Agent,Chapter 20.page 407 .

[7] Sahito, A,Khatri,A,Ahmed,Afzel,A.(2017). **Smart and electronic textiles** dvanced Techniques (PP295-314).