

دراسة تأثير تطبيق عدة طبقات من الطلاء الناقل للكهرباء على بعض**خصائص الأقمشة**م. نسرین الأطرش¹ د.م. غزل طهماز² د.م. زياد سفور³

قسم هندسة الغزل والنسيج- كلية البتروكيميا- جامعة حمص- حمص- سوريا

ملخص:

يرتكز هذا البحث إلى معالجة قماش ممزوج (قطن/بوليستر) بمادة الغرافيت باستخدام تقنية الطلاء بالسكين وذلك من خلال تطبيق عدد من طبقات الطلاء الحاوي على الغرافيت وهي (2,3,4,5,6)، بهدف دراسة تأثير عدد الطبقات على خواص القماش وذلك من خلال إجراء توصيف للعينات المطلوبة بعدة اختبارات منها حساب نسبة التغلغل لطبقات الطلاء ضمن القماش إذ كانت قيمة نسبة التغلغل للعينات ذات ست طبقات (13%)، وتم حساب نسبة التحميل فكانت (40%) للعينات ذات ست طبقات، وأيضاً تم إجراء توصيف كهربائي للعينات من خلال قياس الناقلية الكهربائية وكانت أعلى قيمة للعينات ذات ست طبقات ($2.25 \times 10^{-2} \text{ S.cm}^{-1}$)، كما تمت دراسة الانتقالات الالكترونية لكل عينة وحساب قيمة المجال المحطور فكانت للعينات ذات الست طبقات قيمة المجال المحطور (1.08 e.v)، ومن ثم تم إجراء توصيف للخواص الميكانيكية للعينات، بإجراء اختبار قوة التمزق للعينات المعالجة إذ لوحظ زيادة في قوة التمزق فكانت (13.04N) للعينات ذات الست طبقات من الطلاء وأيضاً اختبار الصلابة إذ تبين أنه هناك تأثير للمعالجة بزيادة الصلابة للعينات المعالجة مقارنة مع العينة المرجعية (غير المعالجة).

كلمات مفتاحية: نسيج تقني، قماش ممزوج، الطلاء بالسكين، غرافيت، ناقلية كهربائية نوعية

Study the Effect of Application of several layers of conductive paint to some fabric characteristics

Nisreen AlAtrash¹ Dr. Ghazal Tuhmaz² Dr. Ziad Saffour³

Spinning and textile department– petrochemical college– Al Baath

University– Homs– Syria

Abstract:

This research is based on treating a blended fabric (cotton/polyester) with graphite using the knife coating technique by applying several layers of graphite-containing coating, which are (2,3,4,5,6), to study the effect of these layers on the properties of the fabric by characterizing the coated samples with several tests, including calculating the penetration ratio of the layers within the fabric, where the penetration ratio value for the six-layer sample was (13%), and the loading ratio was calculated, which was (40%) for the six-layer sample. Also, electrical characterization of the samples was conducted by measuring the electrical conductivity, and the highest value was for the six-layer sample ($2.25 \times 10^{-2} \text{ S.cm}^{-1}$). In addition to studying the electronic transitions of each sample and calculating the value of the forbidden field, the six-layer sample had a field value of (1.08 e.v). Then, the mechanical properties of the samples were described, and in addition to conducting a tear strength test for the treated samples, an increase in the tear strength was observed, which was (13.04N) of 6layer-sample, as well as a hardness test, where it was shown an effect of treatment in increasing the hardness of the treated samples compared to the reference sample (untreated).

Keywords: Technical textile, blended fabric, knife coating, graphite, electrical conductivity

1- مقدمة:

إن تطور المنسوجات يعكس حضارة البشر إلى حدٍ ما، فقد قامت دراسات سابقة عديدة حول تشكيل نماذج متطورة ومبتكرة من المنسوجات، فتم تشكيل بعض المنسوجات من مواد طبيعية مثل الحرير والكتان لإعطاء خواص أكثر راحةً ودفئاً، وتطوير مجموعة واسعة من الألياف من صنع الإنسان على سبيل المثال (النايلون، الكيفلار وغيرها الكثير)[1]، وهذا بدوره ساهم في تطور المنسوجات للوصول إلى نوع من النسيج أطلق عليه (النسيج التقني)، وهو نوع صمم بشكل وأسلوب خاص بحيث يتميز بمواصفات معينة يمكن استخدامه في مجالات تطبيقية وإدخال النسيج في مجالات عديدة في الحياة اليومية مثل (الطب، الصناعة، الرياضة، وفي المجال العسكري والحماية)، ومثال على ذلك (النسيج المساعد على التئام الجروح، والمضاد للبكتريا، الألبسة الرياضية التي تراقب صحة اللاعب كمعدل ضربات القلب ومعدل الأكسجة، ومنسوجات الحماية والدفاع الواقية من الرصاص وغيرها.....)[2] ، وكانت التطورات حول كيفية الحصول على الخاصة الوظيفية المطلوبة لكل منتج للقيام بالأداء المطلوب منه ويذكر أهم الخصائص الوظيفية التي يمكن أن يتمتع بها النسيج التقني (مضاد البكتريا، مقاوم للبلل، مقاوم للهب، مقاومة للقطع، الناقلية الكهربائية.....)، إذ قامت دراسات متعددة بشرح المفاهيم الأساسية لكيفية الحصول على هذه الخصائص وهي إما بمرحلة سابقة لعملية تشكيل النسيج من خلال تطوير الألياف المشكلة للخيوط التي ينسج بها القماش أو من خلال المرحلة التي تلي تشكيل النسيج وذلك بالمعالجات النهائية المطبقة على الأقمشة كالصبغة والطباعة والطلاء ومعالجات متطورة عديدة وذلك بمواد معالجة مختلفة[3].

توصل هذا التطور إلى نوع من المنسوجات تسمى المنسوجات الالكترونية وهي التي تتمتع بخاصية الناقلية الكهربائية بحيث تتميز بقدرتها على دمج الالكترونيات في المنسوجات وهي هدف بحثي متنامٍ، إذ يمكن من خلالها رؤية العديد من التطبيقات المهمة تجارياً كتطبيقات متنوعة من المنسوجات الذكية الالكترونية في المجالات العسكرية والطبية والصناعية مثل (حساسات حرارة، تطبيقات خلايا شمسية، مكثفات، منتج مراقبة صحية)[4]، أما بالنسبة لعملية معالجة القماش توجد طرق مختلفة لتقنية المعالجة بالطلاء لإنتاج وتصنيع مجموعة واسعة من الأقمشة المطلية ومن

هذه الطرق (طلاء بالسكين، طلاء بالرزاد، طلاء بالروليات، طلاء بالانتقال، طلاء بالغمر، طلاء بالشاشات المسطحة والدوارة) [5,6].

نالت تقنية الطلاء بالسكين اهتماماً جيداً في مجال النسيج التقني، فهذه العملية تؤدي إلى تغليف القماش بطلاء خاص يعطي خاصية معينة يضيفها على القماش ليتم إنتاج منسوجات مطلية [5]. وقد ساهم التطور والتقدم في الدراسات والأبحاث إلى نمو هائل في مجالات تطبيق الأقمشة المطلية لأغراض واسعة الاستخدامات، إذ تمتلك الأقمشة المطلية مكاناً مهماً بين المنسوجات التقنية وهي كذلك واحدة من أهم العمليات التكنولوجية في الصناعة الحديثة [6].

تتطلب معالجة الأقمشة باستخدام تقنية الطلاء بأن تكون المعالجة سطحية، أي لا يوجد تغلغل للطلاء للوجه الآخر من القماش، وهذا بدوره يتطلب شروط عمل خاصة للقيام بالمعالجة، أهمها ضبط لزوجة الطلاء، ويجب الأخذ بالحسبان أن تكون اللزوجة مقبولة لكي لا يتمكن الطلاء من العبور بشكل أسرع إلى الجهة الأخرى من القماش.

يوجد بشكل عام مراحل أساسية موجودة في كل طريقة (مد القماش ونثيبته، تثبيت الطلاء، لف القماش)، ويعتمد اختيار طريقة الطلاء بناءً على العوامل الآتية: طبيعة الركيزة، نوع الريزين (الراتنج)، لزوجة الطلاء، الناحية الاقتصادية في العملية [5].

تم في هذا البحث استخدام الطلاء بالسكين. إن هذه الطريقة معروفة بطريقة الطلاء بالانتشار، إذ يتم مد القماش الجاف فوق حامل موضوع تحت أداة تسمى السكين، يتم سكب مواد الطلاء أمام السكين عن طريق أداة سكب أو عن طريق مضخة على عرض القماش ويتم نقله تحت السكين [6]، وذلك للحصول على طبقة من الطلاء متجانسة على كامل سطح القماش.

في هذا البحث يراد الحصول على قماش تقني ناقل للكهرباء، وبالتالي يجب أن يحوي القماش الناقل على سطحه أو ضمنه الكترولونات حرة الحركة تتمكن من نقل التيار الكهربائي عند تحريضه من قبل مولد جهد أو بطارية، فهذا النوع من الأقمشة يطلق عليه النسيج الإلكتروني الذكي [7]،

ويمكن الحصول على هذه الالكترونات من خلال استخدام مواد ناقلة للكهرباء تمتلك بطبيعتها الكترولونات حرة ضمنها بحيث تمنح القماش خاصية الناقلية الكهربائية ومنها (الفضة ، النحاس ، الأكاسيد المعدنية، البوليمرات الناقلة، مركبات الكربون كالغرافيت والغرافين وأنايب الكربون النانوية) [8]، تم في هذه الدراسة استخدام الغرافيت كونه رخيص الثمن ومتوفر في الأسواق وآمن نوعاً ما للتعامل به، ومن الجدير بالذكر أن تشكيل مثل هذه الأنواع من الأقمشة الناقلة لها تطبيقات محتملة عديدة لما تتميز به من مواصفات المرونة للقماش ووزنه الخفيف والتكلفة القليلة لتوظيفه في تطبيقات عديدة، إذ يمكن استخدام الأقمشة الناقلة كهربائياً في حماية الأسطح من التأثيرات الضارة لطاقة التردد اللاسلكية مثل ترددات الموبايل، الترانزستورات، أقمشة المضيفة، أجهزة الاستشعار المختلفة، مكثفات لتخزين الطاقة، الالكترونات المرنة [9].

2- هدف البحث:

يهدف البحث إلى:

1. تحضير طلاء ناقل للكهرباء حاوي على الغرافيت.
2. تطبيق هذا الطلاء بتقنية الطلاء بالسكين على عينات من الأقمشة الممزوجة (قطن 65%، بوليستر 35%) تختلف بعضها عن بعضها الآخر بعدد طبقات الطلاء المطبقة على سطحها.
3. إجراء دراسة تأثير عدد طبقات الطلاء الناقل للكهرباء في قيم الناقلية الكهربائية للأقمشة المعالجة، ومدى تأثيرها على بعض خصائص القماش (الصلابة، التمزق، وزن المتر المربع).

3- مواد وطرق البحث:

3-1- مواصفات القماش المستخدم:

يوضح الجدول (1) مواصفات القماش المستخدم في البحث وهو قماش مجهز مقصور من خامة ممزوج (قطن 65% / بوليستر 35%)، إذ تم اختيار هذا الصنف من القماش بناءً على دراسة أجريت

سابقة على أصناف مختلفة وتبين نتيجة الدراسة أن القماش الممزوج بهذه المواصفات هو الأفضل [10].

الجدول (1) مواصفات القماش

وزن المتر المربع المجهز g/m ²	نمر خيوط Ne	الكثافة خيوط/سم	التركيب النسيجي	نسبة المزج	الخامة
258	السداء (2*30) الحدف (2*30)	36سداء 24حدف	1/2مبرد	65% قطن 35% بوليستر	ممزوج (قطن/بوليستر)

3-2- تحضير الطلاء الناقل:

يتم تحضير الطلاء الناقل لتطبيقه على القماش وذلك بمزج المكونات الأساسية المذكورة في الجدول (2) في جهاز الخلط والمجانسة عند سرعة 8000 دورة بالدقيقة لمدة ثلاث دقائق.

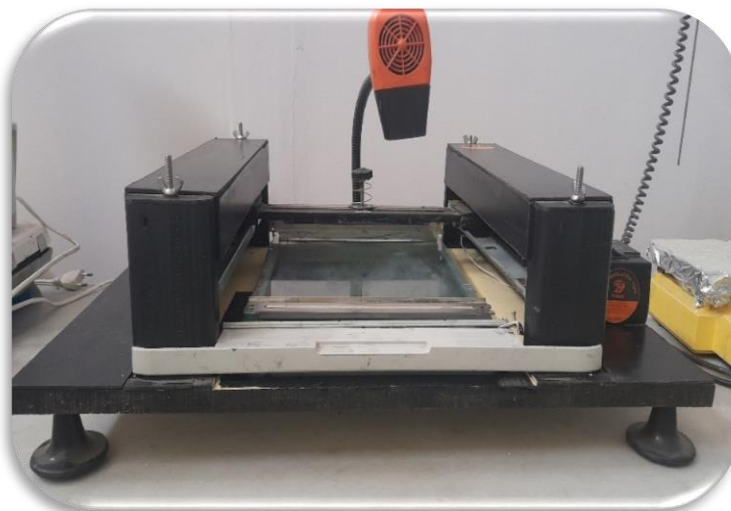
الجدول (2) نسب مكونات الطلاء الناقل

نوع المادة	مادة ناقل (جرافيت)	مشتت المادة الناقلة (ماء مقطر)	مادة مطحنة (أجينات الصوديوم)	مادة مرطبة (بوريا)	تكمل النسبة إلى 100% بالماء مقطر
النسبة المئوية الوزنية	5%	10%	0.5%	10%	74.50%

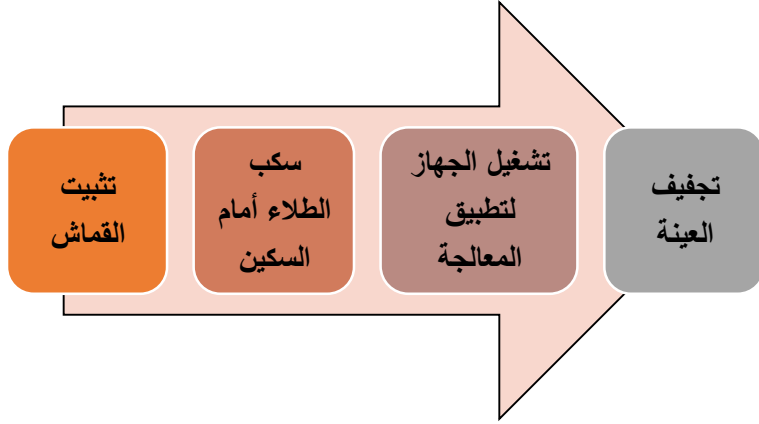
3-3- تطبيق الطلاء على القماش:

يتم في هذه المرحلة تطبيق المعالجة بالطلاء على القماش الممزوج (قطن/ بوليستر)، وذلك باستخدام جهاز الطلاء بالسكين المخبري الموضح في الشكل (1)، والذي يعتمد مبدأه على تثبيت

القماش بين طرفي لوح زجاجي مستوي أملس بواسطة آلية شد خاصة، ومن ثم يتم سكب كمية الطلاء المطلوبة (2ml) على كامل عرض العينة أمام السكين ويتم تشغيل الجهاز لتحريك السكين بأشواط ذهاباً وإياباً على سطح القماش لتوزيع كامل كمية الطلاء وبشكل متجانس، ويكون ذلك عند سرعة (0.2 cm/s) لحركة السكين ويعدد أشواط 8، وتليها مرحلة تجفيف العينات بالهواء الساخن بواسطة أداة التجفيف المثبتة أعلى الجهاز، وبذلك يكون قد تم وضع أول طبقة طلاء على القماش وسوف تتكرر هذه العملية 6 مرات تبعاً لعدد طبقات الطلاء المراد تطبيقها على عينات القماش وهي تتراوح من 2 إلى 6 طبقات، يوضح الشكل (2) تسلسل العملية لوضع طبقة واحدة من الطلاء وتتكرر هذه العملية بحسب عدد طبقات الطلاء المراد تطبيقه على القماش المعالج.



الشكل (1) جهاز الطلاء بالسكين



الشكل (2) مخطط سير عملية الطلاء على القماش

4- الاختبارات:

4-1- اختبار حساب نسبة تغلغل الطلاء ضمن القماش:

تعد عملية حساب نسبة تغلغل الطلاء ضمن القماش ضرورية لمعرفة نسبة الطلاء التي تغلغت ضمن القماش وتلك التي بقيت على السطح، وهذا مؤشر مهم في البحث لأن عملية المعالجة المطبقة على القماش سطحية ويفضل أن يكون الطلاء مطبقاً على السطح من دون أن يتغلغل بشكل كبير لمنع وصوله إلى الوجه الآخر من القماش، وأيضاً لأن قياس الناقلية الكهربائية يكون سطحياً وهذا يتطلب بقاء أكبر قدر ممكن من الطلاء الحاوي على جزيئات المادة الناقلة على سطح القماش ليتمكن الجهاز من قراءتها بشكل صحيح وبالتالي كلما كان التغلغل أقل، كلما كانت الطبقة السطحية ذات ناقلية أعلى.

ويتم حساب نسبة التغلغل بناءً على العلاقة الآتية: [11]

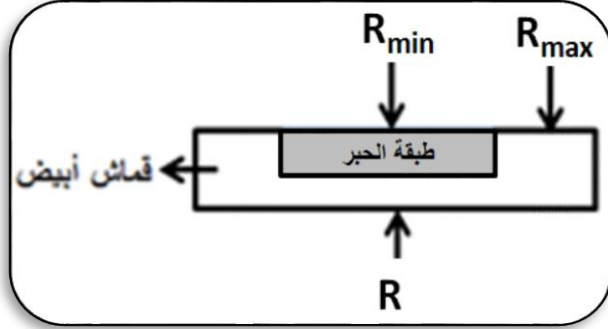
$$p = \frac{R_{\max} - R}{R_{\max} - R_{\min}} * 100 \dots \dots (1)$$

R: معامل الانعكاس على الوجه الخلفي للقماش المطلي.

R_{max} : معامل الانعكاس للقماش غير المطلي

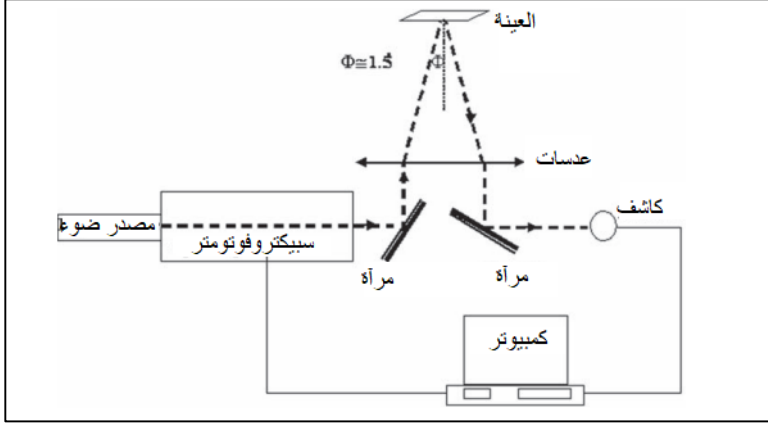
R_{min} : معامل الانعكاس على الوجه الملون (المطلي) للقماش.

والشكل (3) يوضح أماكن قياس الانعكاسية في الأقمشة المطلية



الشكل (3) أماكن قياس الانعكاسية في الأقمشة المطلية

عندما تكون ($R=R_{min}$) فإن كمية الطلاء على الوجه الخلفي تساوي كميتها على الوجه العلوي المطلي، ويكون التغلغل كاملاً ($P=100\%$)، أما عندما تكون ($R=R_{max}$) فذلك يعني أن طبقة الطلاء بقيت على السطح المطلي، ولا يوجد فيه تغلغل، ويبقى الوجه الخلفي أبيض ($P=0$) [11]، وقد تم حساب قيم الانعكاسية الثلاث لكل عينة باستخدام جهاز قياس الانعكاسية الضوئية (سبيكتروفوتومتر) (Triax-550-Jobin Yvon) الموضح في الشكل (4).



الشكل (4) جهاز الانعكاسية الضوئية

4-2- قياس الناقلية الكهربائية باستخدام جهاز المسابر الأربعة:

تم قياس قيم المقاومة الكهربائية باستخدام جهاز المسابر الأربعة وهو من تصنيع شركة (SIGNATURE) كما هو مبين في الشكل (5)، يتألف الجهاز من أربعة مسابر تعمل كمجسات لقياس قيمة المقاومة الكهربائية، إذ يقوم مجسين خارجيين بتقديم تيار للعينة ومجسين داخليين يقومان بقياس قيم الفولط في العينة وعلى أساسها يتم حساب قيمة المقاومة النوعية والناقلية الكهربائية مع الأخذ بالحسبان سماكة العينة وطول وعرض المنطقة المطلية ومسافة القياس للمسابر الأربعة وذلك وفقاً للعلاقات التالية [12]:

$$\rho = G * t * \frac{V}{I} \dots \dots \dots (3)$$

ρ : هي قيمة المقاومة النوعية وتقدر ب ($\Omega \cdot \text{cm}$)

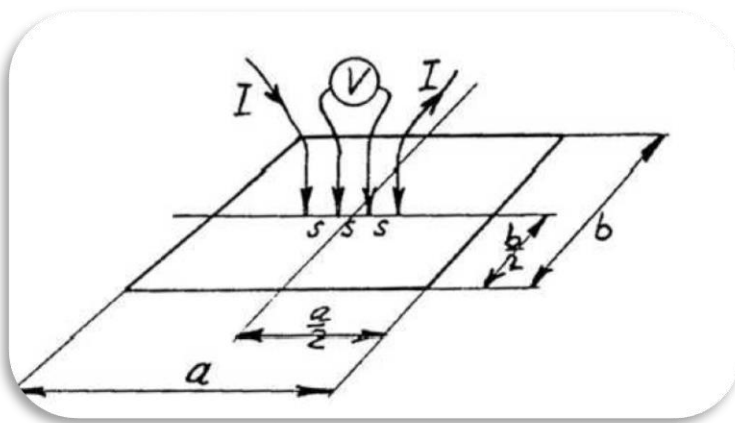
G: قيمة ثابت تؤخذ من الجدول المرفق مع الجهاز وفقاً لطول وعرض العينة ومسافة القياس للمسابر.

V/I: قيمة المقاومة المتوسطة والتي تؤخذ من ميل المستقيم المتشكل من قيم الفولط الناتجة عن شدة التيار المدخلة وتقدر ب Ω .

t: سماكة العينة (سماكة الطلاء الناقلة أو الطبقة الناقلة) تقدر cm.

$$\sigma = 1/\rho \dots \dots \dots (4)$$

σ : قيمة الناقلية الكهربائية تقدر ب $S.cm^{-1}$



الشكل (5) مخطط جهاز المسابر الأربعة

تم أخذ خمس قراءات للعينة بتيارات مختلفة ومن ثم أخذ قيمة متوسطة للمقاومة الناتجة عن قراءات الفولط المقاسة مع الأخذ بعين الاعتبار سماكة الطبقة والمسافة بين المسابر، يشار إلى النتائج في فقرات لاحقة.

3-4- دراسة الانتقالات الالكترونية (حساب المجال المحظور):

يتم الاستفادة من جهاز الانعكاسية الذي تم ذكره في الفقرة (4-1) من أجل حساب قيمة المجال المحظور وذلك لدراسة الانتقالات الالكترونية للعينات الناقلة، ويتم ذلك من خلال أخذ قيم الانعكاسية للعينة عند مجال طيفي بين $(400-700cm^{-1})$ ، إذ أن المجال المحظور يمثل المنطقة الفاصلة بين حزمتي التكافؤ والناقلية، وفيها يتواجد الإلكترون أقل فترة زمنية ممكنة ثم ينتقل الإلكترون من حزمة التكافؤ إلى حزمة الناقلية بعد امتصاصه الطاقة الحركية [13] ويتم ذلك بطريقتين:

أ- الانتقالات الالكترونية المباشرة:

وهي الانتقالات الحاصلة بين أعلى نقطة من حزمة التكافؤ وأخفض نقطة من حزمة الناقلية ويدعى هذا الانتقال بالانتقال المباشر المسموح أما عندما يكون الانتقال من المناطق المجاورة لمنطقة الانتقال المباشر المسموح عندها يعرف هذا الانتقال بالانتقال المباشر الممنوع ويمكن حساب معامل الامتصاصية α بالعلاقة الآتية:

$$\alpha hv = A1(hv - Eg)^r \dots\dots(5)$$

حيث أن:

A1: ثابت يعتمد على خصائص حزمتي التكافؤ والناقلية

hv: طاقة الفوتون الممتص.

Eg: طاقة المجال المحظور.

r: فإن قيمته تعتمد على طبيعة الانتقالات، في حال الانتقال المباشر المسموح تكون قيمته (1/2) وفي حال الانتقال المباشر الممنوع تكون قيمة الأس مساوية (2/3) [13,14].

ب- الانتقالات الالكترونية غير المباشرة:

تكون الانتقالات من قمة حزمة التكافؤ وقعر حزمة الناقلية في مناطق مختلفة من الفضاء المدروس، يوجد نوعان من الانتقالات غير المباشرة، ففي حالة الانتقال من أعلى نقطة في حزمة التكافؤ إلى أخفض نقطة من حزمة الناقلية الموجودة في مناطق مختلفة من الفضاء المدروس، يكون الانتقال غير المباشر مسموحاً، أما عندما يكون في الانتقال من المناطق المجاورة لأعلى نقطة من حزمة التكافؤ إلى المناطق المجاورة لأخفض نقطة من حزمة الناقلية فعندها يكون الانتقال غير المباشر ممنوعاً، ويمكن حساب معامل الامتصاص α لها بالمعادلة التالية:

$$\alpha hv = B(hv - Eg \pm Eph)^r \dots\dots(6)$$

حيث أن:

B: ثابت يعتمد على درجة الحرارة إضافة إلى خصائص حزمتي التكافؤ والناقلية، ويعبر عن احتمالية الانتقال.

E_{ph} : طاقة الفوتون المساعد بحيث تؤخذ إشارة + عند امتصاص الفوتون، وإشارة - عند انبعائه.

r: قيمة تساوي 2 في حالة الانتقال غير المباشر المسموح، وتساوي 3 في حال الانتقال غير المباشر الممنوع

تم حساب المجال المحظور في هذه الدراسة من أجل الانتقالات المباشرة المسموحة، عن طريق رسم علاقة بين تغيرات $((\alpha h\nu)^2 (m. eV^2))$ بدلالة $((h\nu)(eV))$ ، سيتم تمديد الجزء الخطي للمنحنى فتكون نقطة تقاطع مع المحور $(h\nu)$ هي قيمة المجال المحظور للانتقالات الالكترونية الأساسية بين حزمة التكافؤ والناقلية (eV) ، إذ أن h هو ثابت بلانك $(h=6.26*10^{-34} J.sec)$ [13,14]

فبالنسبة للمعامل الامتصاص α كون العينات المدروسة معتمة وانعكاسيتها عالية فكان من الصعب حساب النفوذية لها لكي نحسب معامل الامتصاص من خلال علاقة النفوذية، لذلك توجد علاقة ثنائية تحسب من خلالها معامل الامتصاص كالتالي [15]:

$$\alpha \approx F(R) = \frac{(1-R)^2}{2R} = \frac{K}{S} \dots \dots (7)$$

حيث أن :

R : قيمة الانعكاسية للعينه في الوجه المطلي.

K/s : تعبر عن نسبة قوة اللون.

4-4- حساب نسبة تحميل الطلاء على القماش:

يتم في هذا الاختبار حساب نسبة التحميل الجاف للطلاء على القماش ويكون ذلك من خلال وزن العينة قبل تطبيق الطلاء وبعده بمساحة محددة، ومن ثم تطبيق العلاقة (8) نسبة التحميل

$$\text{الجاف} = \frac{\text{وزن العينة قبل التحميل} - \text{وزن العينة بعد التحميل}}{\text{وزن العينة قبل التحميل}} \times 100 \dots\dots\dots (8)$$

4-5- اختبار قوة التمزق:

تم إجراء اختبار قوة التمزق للعينات لقياس متانة القماش بعد المعالجة من أجل دراسة مدى تأثير المعالجة المطبقة على متانة التمزق للعينات، إذ تم ذلك باستخدام جهاز اختبار قوة التمزق (Elmendorf test) المكون من فكين أحدهما ثابت والآخر متحرك حيث يتم تحضير عينات بأبعاد (100*75 cm) وعمل شق في العينة بمقدار 2cm ثم يوضع طرفا العينة الممزقة بين فكي الجهاز، ومن ثم تحرير نواس مثبت عليه قرص ثقل محدد ليقوم بتمزيق العينة وقد أنه تم إجراء الاختبار لثلاث قراءات لكل عينة حسب المواصفة القياسية (ASTM D5587-15(2019). [16]

4-6- اختبار الصلابة:

يتم إجراء اختبار الصلابة على العينات المعالجة لملاحظة مدى تأثير المعالجة على صلابة ومقاومة الانحناء لعينة القماش، يقوم مبدأ هذا الاختبار على قدرة القماش على تشكيل دعامة كابول (دعامة مثبتة من طرف واحد) قبل أن ينحني تحت تأثير وزنه، يتم إجراء الاختبار وفق المواصفة القياسية الأمريكية (ASTM D1388-2002)، تم إجراء الاختبار بناءً على الخطوات الآتية: [13]

- 1- يتم تحضير ثلاث عينات من كل عينة معالجة لإجراء ثلاث قراءات لكل عينة وكانت كل عينة بعرض (2.5cm) وبطول (20cm)
- 2- توضع كل عينة على مستوي أفقي بحيث يتطابق حرف عينة الاختبار مع حافة المستوي الأفقي، ثم توضع مسطرة مدرجة فوق عينة الاختبار كما في الشكل (6)

- 3- يتم دفع المسطرة للأمام وتتدفع معها للعينة، ويتم الاستمرار بالدفع حتى يلتقي حرف العينة مع الخط المائل بزاوية (41.5°) ثم تسجل قراءة المسطرة بعد فترة زمنية تتراوح بين (6) إلى (8) ثواني، وبعد قراءة المسطرة هي طول الثني للعينة
- 4- يحسب صلابة القماش بتطبيق العلاقة الآتية: [17]

$$G = K * C^3 * W \dots\dots (9)$$

G: صلابة القماش (g.m).

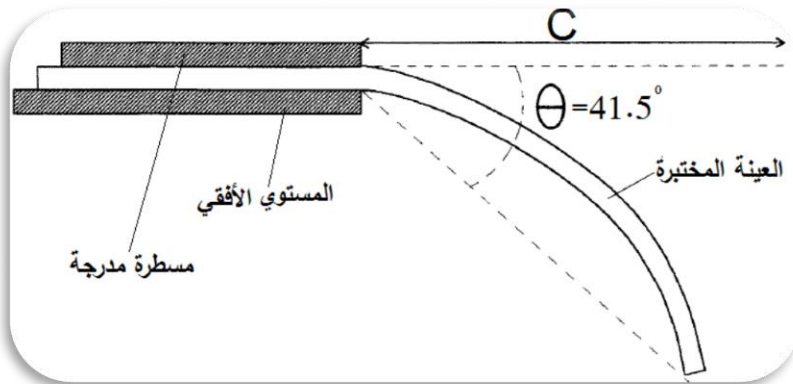
C: طول الثني (m)

W: وزن المتر المربع (g/m^2) .

K: ثابت، حيث أنه يحسب من العلاقة:

$$K = \frac{\cos \frac{1}{2} \theta}{8 \tan \theta} \dots\dots (10)$$

θ : زاوية الانحناء.



الشكل (6) اختبار الصلابة

5- النتائج ومناقشتها:

5-1 نتائج حساب نسبة التغلغل:

يوضح الجدول (4) قيم نسبة التغلغل للعينات المعالجة، إذ تم حساب الانعكاسية لكل عينة على ثلاثة أوجه للقماش (الوجه الخلفي للقماش المطبوع (R)، الوجه المطلي للقماش (Rmin)، والوجه الأبيض غير المطلي (Rmax)، ومن ثم تم أخذ قيمة الانعكاسية لكل وجه من القماش وتطبيقه في العلاقة (1).

الجدول (3) نتائج حساب نسبة التغلغل

رقم العينة	اسم العينة حسب عدد طبقات	Rmin	Rmax	R	P%
1	2	0.00411	0.01019	0.00885	22%
2	3	0.00415	0.01019	0.00858	26%
3	4	0.00189	0.01019	0.00839	21%
4	5	0.00187	0.01019	0.00872	17.6%
5	6	0.00165	0.01019	0.00906	13.2%

يلاحظ من الجدول (3) أنه مع ازدياد عدد الطبقات ازدادت نسبة تغلغل إلى حد معين وبعدها بدأت بالانخفاض، وهذا يفسر بأنه مع ازدياد طبقات الجرافيت شكلت طبقة كثيفة على سطح القماش وبالتالي لن يمتص القماش الطبقات المطلية بعدها وهذا بدوره قلل من نسبة تغلغل الطلاء ضمن القماش وتشكيل تراكم للطبقات على السطح وبالتالي كثافة أعلى للمادة الناقلة على السطح وهذه النتيجة جيدة بالنسبة للخاصية المطلوبة لأن المعالجة سطحية (التطبيق سطحي للطلاء) وبالتالي الناقلة الكهربائية.

5-2- نتائج قياس الناقلية الكهربائية:

الجدول (4) نتائج قياس الناقلية الكهربائية للعينات

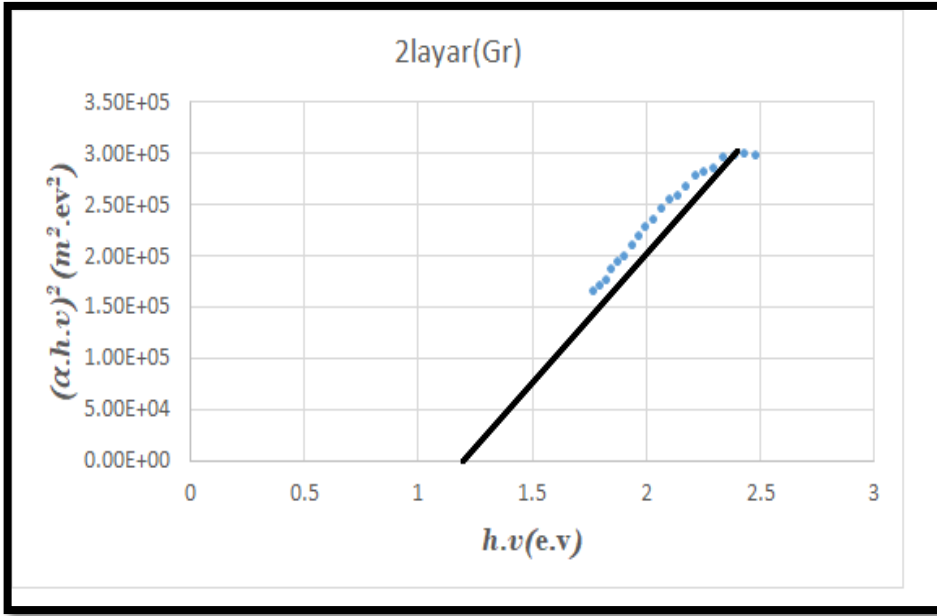
عدد الطبقات	المقاومة الكهربائية $R \times 10^6$ (Ω)	سماكة الطلاء ضمن العينة t (cm)	معامل التصحيح G	المقاومة النوعية $P \times 10^{+3}$ ($\Omega \cdot \text{cm}$)	الناقلية الكهربائية $\sigma \times 10^{-3}$ ($\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$)
2	40	0.0103 6	3.2721	1.35600	0.737
3	30	0.0124 7	3.2721	1.22400	0.817
4	4	0.01298	3.2721	0.16990	5.89
5	2	0.01368	3.2721	0.08985	11.2
6	1	0.0140 1	3.2721	0.04586	21.8

تبين النتائج الموضحة في الجدول (4) أن مع زيادة طبقات الطلاء على سطح القماش أدى إلى زيادة الناقلية الكهربائية، وهذا مطابق لنتيجة حساب نسبة تغلغل، إذ تبين أن زيادة عدد الطبقات أدت إلى تراكم طبقات الطلاء على السطح، وبالتالي زيادة كثافة المادة الناقلة على السطح وبدوره يزيد الناقلية الكهربائية، لأن الناقلية المقاسة هي ناقلة سطحية لسطح القماش، فكلما ازدادت الطبقة الناقلة على السطح كلما ازدادت الناقلية الكهربائية للعينات.

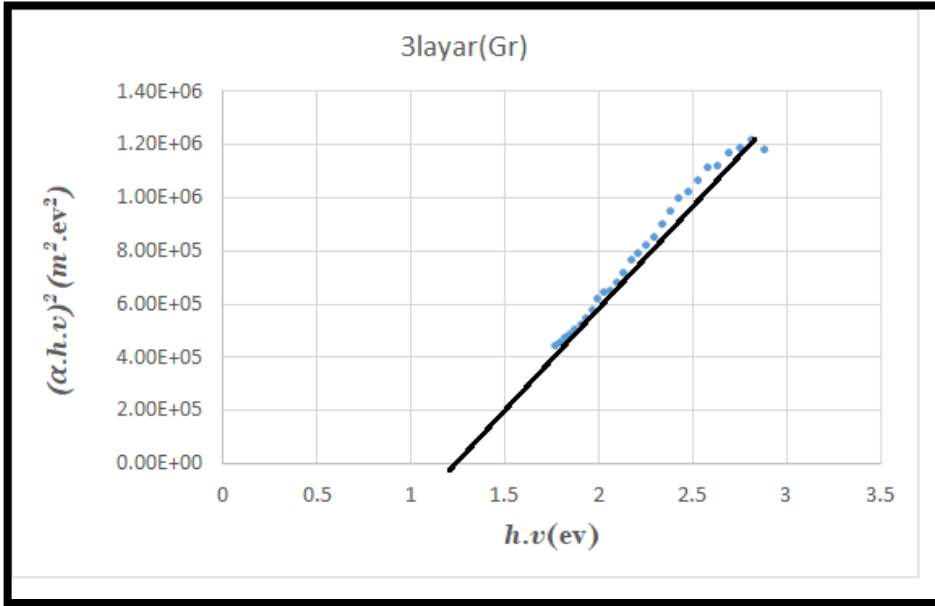
5-3- نتائج دراسة الانتقالات الالكترونية (حساب المجال المحظور):

توضح الاشكال (7-a, 7-b, 7-c, 7-d, 7-e) مخططات الانتقالات الالكترونية للعينات المعالجة وكيفية حساب قيمة المجال المحظور لكل عينة إذ تم رسم مخطط يوضح العلاقة بين تغيرات

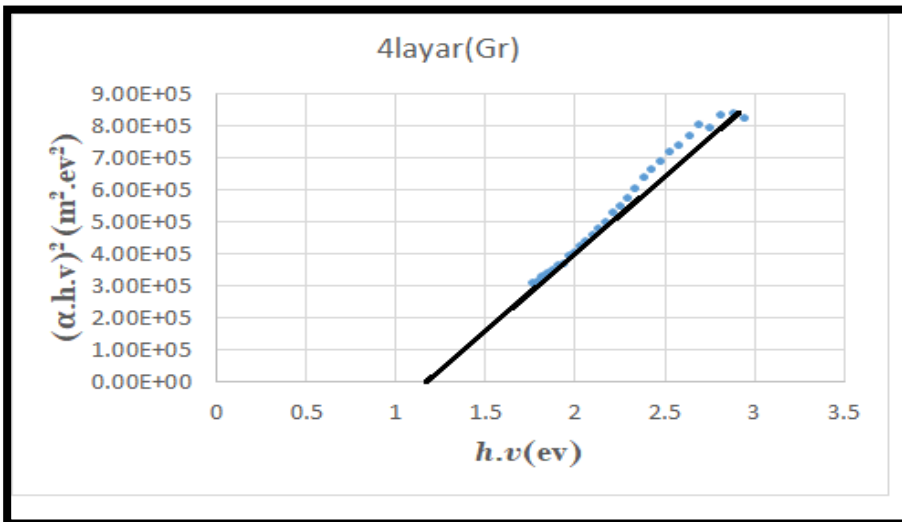
$((\alpha h\nu)^2 (m \cdot eV^2))$ بدلالة $((h\nu)(eV))$ ، من ثم تم تمديد الجزء الخطي للمنحني فتكون نقطة تقاطع مع المحور $(h\nu)$ هي قيمة المجال المحظور للانتقالات الالكترونية الأساسية بين حزمة التكافؤ والناقلية حيث تم رسم المماس باستخدام برنامج Orgiin.



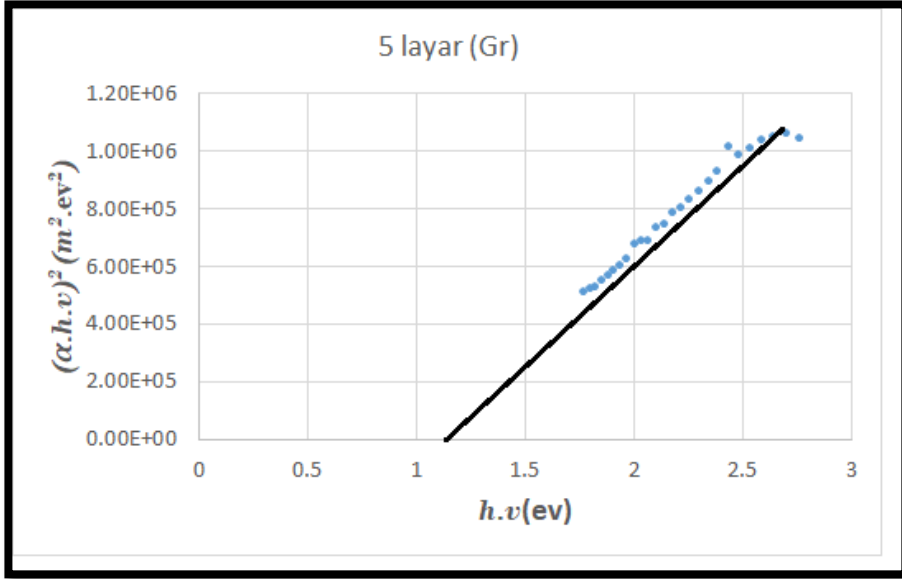
الشكل (7-a) المجال المحظور من أجل قماش مطلي بطبقتين



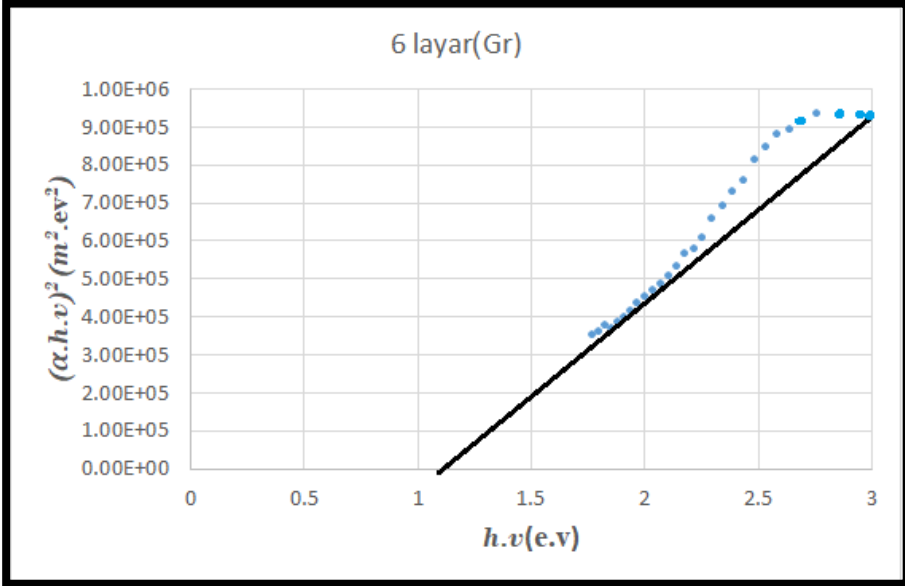
الشكل (7-b) المجال المحظور من أجل قماش مطلي بثلاث طبقات



الشكل (7-c) المجال المحظور من أجل قماش مطلي بأربع طبقات



الشكل (7-d) المجال المحظور من أجل قماش مطلي بخمس طبقات



الشكل (7-e) المجال المحظور من أجل قماش مطلي بست طبقات

يتبين من خلال المخططات السابقة وبعد رسم مماس لكل مخطط يتقاطع مع المحور الأفقي قيم المجال المحظور لكل عينة كما في الجدول (5)، وكانت قيمة المجال الأصغر عند العينة ذات الست طبقات من الجرافيت وقيمتها (1.08e.v) وهذا يتطابق قيمة الناقلية لهذه العينة لأنه كلما ازدادت الناقلية انخفضت قيمة المجال المحظور.

الجدول (5) قيم المجال المحظور للعينات المعالجة

العينة	طبقتين	ثلاث طبقات	أربع طبقات	خمس طبقات	ست طبقات
قيمة المجال المحظور (e.v)	1.2	1.2	1.14	1.1	1.08

4-5- نتائج حساب نسبة التحميل:

يوضح الجدول (6) نتائج حساب نسبة التحميل الجاف للطلاء على العينات (القطن والممزوج)

لجدول (6) نتائج حساب نسبة تحميل الجاف للطلاء على العينات المعالجة

العينة	وزن العينة بعد التحميل (g)	وزن العينة قبل التحميل (g)	نسبة التحميل %
طبقتين	0.296	0.251	18%
ثلاث طبقات	0.306	0.251	20%
أربع طبقات	0.328	0.251	31%
خمس طبقات	0.336	0.251	33%
ست طبقات	0.35	0.251	40%

لوحظ من خلال نتائج المبينة في الجدول (6) أن مع زيادة عدد الطبقات زادت نسبة تحميل الطلاء على السطح وهذا الشيء منطقي لأن ازدياد كمية الطلاء المطبقة وبالتالي ازدياد وزن العينة بعد التحميل.

5-5- نتائج اختبار الصلابة:

يبين الجدول نتائج اختبار الصلابة للعينات المعالجة ومقارنتها مع العينة المرجعية (غير المعالجة) حيث تم أخذ إجراء الاختبار لكل عينة معالجة ثلاث مرات وحساب طول النثي ومن ثم إيجاد متوسط طول النثي للقراءات الثلاثة وتطبيقها في علاقة معامل الصلابة.

الجدول (7) نتائج اختبار الصلابة

معامل الصلابة G(g.m)	وزن المتر المربع	K	متوسط طول الثني (m)	العينة
0.0009	251	0.1328	0.03	المرجعية
0.0201	296	0.1328	0.08	طبقتين جرافيت
0.0348	306	0.1328	0.095	ثلاث طبقات جرافيت
0.0504	328	0.1328	0.105	أربع طبقات جرافيت
0.0577	336	0.1328	0.109	خمس طبقات جرافيت
0.067	350	0.1328	0.113	ست طبقات جرافيت

لوحظ من خلال نتائج هذا الاختبار أن مع ازدياد عدد الطبقات ازدادت صلابة العينات المعالجة وذلك بسبب زيادة وزن المتر المربع للعينات مع زيادة الطبقات، وهذا بدوره يؤثر على قيمة معامل الصلابة لأنه يتأثر بقيمة وزن المتر المربع للعينة.

5-6- نتائج اختبار قوة التمزق:

يبين الجدول (8) نتائج اختبار قوة التمزق للعينات المعالجة ومقارنتها مع العينة المرجعية غير المعالجة، إذ تم إجراء ثلاث قراءات لكل عينة على جهاز قوة التمزق وحساب المتوسط لقوة التمزق.

الجدول (8) نتائج اختبار قوة التمزق

قيمة الانحراف المعياري	متوسط قوة التمزق N	العينة
0.015	10.01	المرجعية (غير معالجة)
0.4	10.5	طبقتين جرافيت

0.2	11.79	3طبقات جرافيت
0.4	12.53	4طبقات جرافيت
0.2	12.8	5طبقات جرافيت
0.16	13.04	6طبقات جرافيت

يبين من خلال نتائج الجدول (8) أن عملية المعالجة المطبقة مع زيادة طبقات الطلاء زادت من قوة تمزق العينة المعالجة مقارنة مع العينة المرجعية، وهذا بدوره يوضح أن هذه المعالجة لم تؤثر سلباً على قوة تمزق العينات، بل بالعكس ازدادت ويمكن أن يعزى ذلك إلى أن طبقات الطلاء المطبقة زادت من ترابط والتصاق الألياف مع بعضها مما زاد من قوة التمزق.

6- الاستنتاجات:

يمكن الاستنتاج من خلال هذا البحث ما يلي:

- ✓ زيادة عدد طبقات الطلاء الناقل على القماش ممزوج (قطن/بوليستر) أدى إلى زيادة الناقلية الكهربائية للعينات المعالجة
- ✓ بالإضافة إلى تأثير إيجابي من ناحية التغلغل، إذ انخفض تغلغل الطلاء ضمن القماش وذلك عند الوصول إلى ثالث طبقة طلاء عندها شكلت طبقة كثيفة على سطح القماش، وأصبحت الطبقات بعدها تتراكم فوق بعضها البعض من دون تغلغل ضمن بنية القماش، حيث تم التوصل إلى نسبة تغلغل عند ست طبقات (13.2%)، وبالتالي تواجد كثيف للمادة الناقلة على السطح وهذا بدوره أدى إلى زيادة الناقلية الكهربائية وصولاً إلى قيمة ناقلية لعينة الست طبقات $(21.8 \times 10^{-3} \text{ S/cm})$.
- ✓ عند دراسة الانتقالات الالكترونية لحساب المجال المحطور للعينات المعالجة تبين النتائج أن قيم المجال المحطور مطابقة لقيم الناقلية الكهربائية إذ لوحظ انخفاض قيمة المجال المحطور مع زيادة الناقلية الكهربائية فكانت قيمة المجال المحطور للعينة ذات الست طبقات وذات الناقلية الكهربائية الأعلى هي (1.08).
- ✓ عند حساب نسبة التحميل فكانت 40% من وزن القماش.

- ✓ لوحظ أيضاً أن عملية زيادة عدد طبقات القماش لم تؤثر سلباً على قوة تمزق العينات مقارنة بالعينة المرجعية غير المعالجة بل ازدادت قوة التمزق للعينات المعالجة.
- ✓ زادت المعالجة من صلابة القماش عند إجراء اختبار الصلابة،
- ✓ من خلال نتائج هذا البحث تبين أن تطبيق عدد من طبقات الطلاء على سطح القماش كانت مجدية وأعطت نتائج جيدة ولم تؤثر على بعض مواصفات القماش، وبالتالي يمكن اعتمادها لتشكيل قماش تقني ناقل للكهرباء بمواصفات جيدة من ناحية الناقلية والتغلغل وقوة تمزق وصلابة العينات
- ✓ توظيفها في تطبيقات عدة تم ذكرها في مقدمة البحث (تطبيقات الحماية، التدريع المغناطيسي، تشكيل مستشعرات مرنة، تطبيقات الخلايا الشمسية).

7-المقترحات:

هناك تطلع في المستقبل إلى إجراء دراسات واسعة تشمل تغير نوع المادة الناقلة المعالج بها القماش لدراسة مدى تأثيرها على القماش، وأيضاً إجراء اختبارات توصيفية أخرى للعينات (مثل صور مجهر المسح الالكتروني لتوضيح كيفية توزيع الطلاء على السطح، اختبار قوة الشد، اختبار التدريع المغناطيسي (لتوظيف القماش الناقل))، ومن الممكن دراسة تأثير نوع المادة الأولية من خلال تغيير نسب المزج للألياف، وأيضاً من الممكن من خلال نتيجة هذا البحث إيجاد تطبيق للقماش المعالج وتشكيل منتج ذكي منه (كالمستشعرات المرنة).

رقم المرجع	المراجع العلمية
1	Weng, W., Chen, P., He, S., Sun, X., & Peng, H. (2016). <u>Smart electronic textiles</u> . <i>Angewandte Chemie International Edition</i> , 55(21), 6140-6169.
2	Shabitadanur, N, &Sear, W (1995). <u>Handbook of industrial textile's</u> technomic, Lancater PA(USA)
3	Zhu, Hovgli,etal. (2014) Lightweight, <u>conductive hollow fibers from nature as sustainable electrode materials for microbial energy harvesting</u> . <i>Nano Energy</i> , 10,268-276
4	Skrifvars, M., Rehnby, W., & Gustafsson, M. (2008). <u>Coating of textile fabrics with conductive polymers for smart textile applications</u> . In <i>Ambience 08, Borås, Sweden, June 2-3, 2008</i> .
5	Sen, A. K. (2001). <u>Coated textiles: principles and applications</u> . By Technomic Publishing Company
6	Fung, W. (2002). <u>Coated and laminated textiles (Vol. 23)</u> . Woodhead Publishing
7	Sharouf. H,2022- <u>Studying the Use of Nanofinishing to Give Fabrics Electrical Conductivity and Anti-UV Properties</u> . A Thesis Submitted for The Ph.D. in Spinning and Textile Engineering (Textile Engineering and Its Treatment). Faculty of Chemical and Petroleum Engineering, Homs University. .(in Arabic)
8	Sahito, A, Khatri, A, Ahmed, Afzel, A. (2017). <u>Smart and electronic textiles</u> advanced Techniques (PP295-314)
9	Palamutcu, S., Ahmet, Ö. Z. E. K., Karpuz, C., & Nermin, D. A. Ğ. (2010). <u>Electrically conductive textile surfaces and their electromagnetic shielding efficiency measurement</u> . <i>Textile and Apparel</i> , 20(3), 199-207
10	AlAtrash. N, Tuhmaz. Gh, Saffour.Z,2024- <u>Coating Technology Treatment to Obtain a Technical Electrically Conductive Fabric</u> . Homs university journal publication.(in Arabic)

11	Saffour.z ,2017-<u>printing technology. Theoretical part. Homs University publication. .(in Arabic)</u>
12	Neama.M,2016- <u>preparation of polypyrrole sensor by ultrasonic spraying.</u> A Thesis Submitted for The master in physics (polymer science and technology). Higher institute of applied sciences and technology. (in Arabic).
13	Salamon, R, 2021- <u>The Development of Types of Textile to be used in The Production of Solar Cells.</u> A Thesis Submitted For The Ph.D. in Spinning and Textile Engineering (Textile Engineering and ItsTreatment). Faculty of Chemical and Petroleum Engineering, Al- Baath University, (in Arabic).
14	Khitam Kanjarawi And Ahmad Sulieman, (2014) <u>Studding Of The Optical Characteristics Of Sno2 Thin Films, And Calculating The Energy Gap For The Electronic Transfers.</u> Tishreen University Journal For Research And Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (36) No. (5) 4102
15	Kortum,G.(1969). <u>Experimental Testing of the"Kubelka-Munk" theory.In Refelactance Spectroscopy</u> (pp.170-216).springer,Berlin Heidelberg.
16	ASTMD5587-15(2019), Standrad Test Method for Tearing Strendgth of Fabrics By Trapezoid Procedure. https://webstore.ansi.org/standards/astm/astm5587152019
17	B P Saville,(1999) <u>Physical Testing Of Textiles:</u> Chapter10: Objective Evaluation Of Fabric Handle, Woodhead Publishing Limited, [8-5]

