

5-26-2021

## The Mechanical Properties of Needle Punched Fabrics by Using Mechanical or Electrical Models.

Adel El-Hadidy

*Assistant Professor of Textile Engineering Department, Faculty of Engineering, Mansoura University, Mansoura, Egypt., hadidyy@mans.edu.eg*

Follow this and additional works at: <https://mej.researchcommons.org/home>

---

### Recommended Citation

El-Hadidy, Adel (2021) "The Mechanical Properties of Needle Punched Fabrics by Using Mechanical or Electrical Models.," *Mansoura Engineering Journal*: Vol. 14 : Iss. 2 , Article 28.

Available at: <https://doi.org/10.21608/bfemu.2021.172506>

This Original Study is brought to you for free and open access by Mansoura Engineering Journal. It has been accepted for inclusion in Mansoura Engineering Journal by an authorized editor of Mansoura Engineering Journal. For more information, please contact [mej@mans.edu.eg](mailto:mej@mans.edu.eg).

THE MECHANICAL PROPERTIES OF NEEDLE PUNCHED FABRICS  
BY USING MECHANICAL OR ELECTRICAL MODELS.

الخواص الميكانيكية للاقمشة الغير منسوجة باستخدام نموذج ميكانيكي أو كهربى .

Dr. Adel El-Hadidy

Textile Engineering Dept., Mansoura University.

**ABSTRACT:**

The mechanical properties for mechanically punched N.W. fabrics could be represented by high degree of accuracy by using mechanical model or equivalent electric model.

The mechanical models are composed from elements that differ in number and order (or arrangement) according to the properties to be represented and are often a spring to describe complete elasticity and a dash pot to describe the complete plasticity.

In the present work given the relationships are given to be used for the conversion from mechanical models to electric models, because the analysis of electric circuits is always much easier than that of equivalent mechanical models.

The results obtained in this work for N.W. fabrics proved that the stress-strain relationship is not sufficient enough to describe the mechanical behaviour of these fabrics, therefore it is necessary to study the effect of time, this is what known as creep, then its behaviour is measured after unloading, this is known as relaxation.

**1. INTRODUCTION**

**مقدمة:**

نقطة البدء في هذا البحث هي محاولة إيجاد قواعد التشابه ( analogy ) بين النماذج الميكانيكية والكهربية التي يمكن الاستفادة بها في حل المشاكل المتعلقة بخواص الاقمشة الغير منسوجة .

ايضا في هذا البحث محاولة لتخليص المشكلة التي تحت الدراسة الاساليب العلمية والتكنولوجية المؤثرة ، الموديلات الرياضية المقترحة ، التشابه بين الموديلات الميكانيكية والكهربية المستخدمة لوصف سلوك الاقمشة الغير منسوجة ميكانيكيا .

ويهدف هذا البحث الى اعتبار أن خواص القماش الغير منسوج ميكانيكيا كنظام حقيقي ( AS ) والانحراف الحادث فيه بسبب اجهاده يمكن وصفه رياضيا في صورة موديل طبيعي ( PM ) ويمكن بدوره تشبيهه بالتشوه الحادث في البلمرات ( A ) وتسجل المشاهدات أثناء اجهاد القماش ( O ) ونهتم هنا بتسجيل الاستطالة في مرحلتى الحمل رفع الحمل ( M ) لنحصل على دلائل التحليل ( SA ) ويمكن نقتراح الموديل الرياضى ( MM ) الذى يصف هذه الخواص وتقارن خواص الموديل المقترح بخواص القماش الحقيقى ( C ) خطوات نظم التحليل يوضحها شكل ١ .

١٠١ - الخواص الميكانيكية للاقمشة الغير منسوجة:

Mechanical Properties of Mechanically Bonded NW Fabrics

تعتبر الخواص الميكانيكية من أهم الخواص التي تحظى بأهتمام كل من المنتجين والمستهلكين للاقمشة ، ومفهوم الخواص الميكانيكية يعنى كل الخواص مجتمعة معاً والاقمشة أثناء

الاستخدام تتعرض للاجهادات بطرق متعددة تؤثر بلاشك في تركيبها الاصلى .  
وغالبا تدرس العلاقة بين القوة المؤثرة على الاقمشة والتشوه الحادث فيها ، وهي علاقة  
معقدة اذ تعتمد على صف طويل من المتغيرات مثل التركيب الكيميائي والطبيعي للخامات  
النسيجية ، خواص هذه الالياف ، طريقة التصنيع ، درجة حرارة ورطوبة الاختبار ، طريقة التحميل ،  
سرعة التحميل ..... وعموما يمكن تمثيل هذه المتغيرات رياضيا هكذا :-

$$F(\sigma, \epsilon, \frac{\partial \sigma}{\partial \epsilon}, \frac{\partial^2 \sigma}{\partial \epsilon^2}, \frac{\partial \epsilon}{\partial t}, \frac{\partial^2 \epsilon}{\partial t^2}, \frac{\partial^2 \epsilon}{\partial \sigma \partial t}, \theta, t, T, \theta, \dots \dots \dots (1)$$

$\theta, \dots \dots, C) = \text{Constant}$

حيث  $\sigma$  الاجهاد ،  $\epsilon$  = الانفعال ،  $\frac{\partial \sigma}{\partial \epsilon}$  = تغير الحمل الواقع  
 $\frac{\partial^2 \sigma}{\partial \epsilon^2}$  = معدل تغير الحمل الواقع ،  $\frac{\partial \epsilon}{\partial t}$  = سرعة التشوه ،  $\frac{\partial^2 \epsilon}{\partial t^2}$   
التغير في سرعة التحميل ،  $\theta$  = كمية تصف طريقة وضع الحمل ،  $t$  = الزمن ،  $T$  = درجة  
الحرارة ،  $\theta$  = معامل يصف تركيب الشغيرات ،  $C$  = معامل يصف تركيب القماش ، .....  
 $C$  = ثابت يصف شروط بدء الحركة . كما أن الخواص الميكانيكية تعتمد ايضا على خواص أخرى  
مثل (الخواص الكهربائية ، الخواص الحرارية ، الخواص المجهريه ، الخواص الناتجة من دمج أى  
منهما مع الآخر) .

وعلى ذلك فانه من الصعب عمليا تصنيع اقمشة غير منسوجة لها أقصى قيمة لاي من هذه  
الخواص (لان ذلك يفسد ويصل بقيمة أخرى الى نهايتها الصغرى) والتي يقل بعض منها أو  
يكاد ينعدم .

ومنعا للتعقيد سوف تدرس المعادلة (1) بأخذ 3 متغيرات فقط هي الاجهاد ،  
الانفعال ، الزمن وعليه تؤول المعادلة (1) الى الصورة التالية :-

$$F(\sigma, \epsilon, t) = 0 \quad \dots \dots \dots (2)$$

شكل (2) يوضح العلاقة بين المتغيرات الثلاثة في المعادلة (2) والذي يمكن منه دراسة  
العلاقة بين أى متغيرين من الثلاثة بتثبيت الآخر هكذا :-

$$F(\epsilon, t) = 0 \quad \dots \dots \dots (3)$$

حيث يكون الاجهاد  $\sigma$  ثابتا وهذه العلاقة معروفة بأسم الزحف (Creep)

$$F(\sigma, t) = 0 \quad \dots \dots \dots (4)$$

حيث يكون الانفعال  $\epsilon$  ثابتا وهذه العلاقة معروفة بأسم الارتخاء (Relaxation)  
والمعادلات 3 ، 4 يمكن استخدامها في تصميم موديل رياضى ميكانيكى أو كهبرى يصف  
السلوك التى تسلكها هذه الاقمشة عند تعرضها للاجهاد .

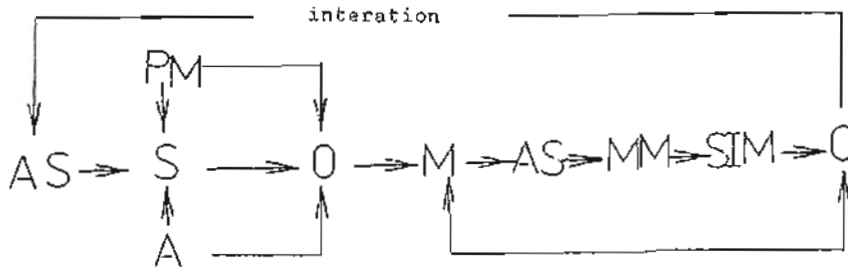
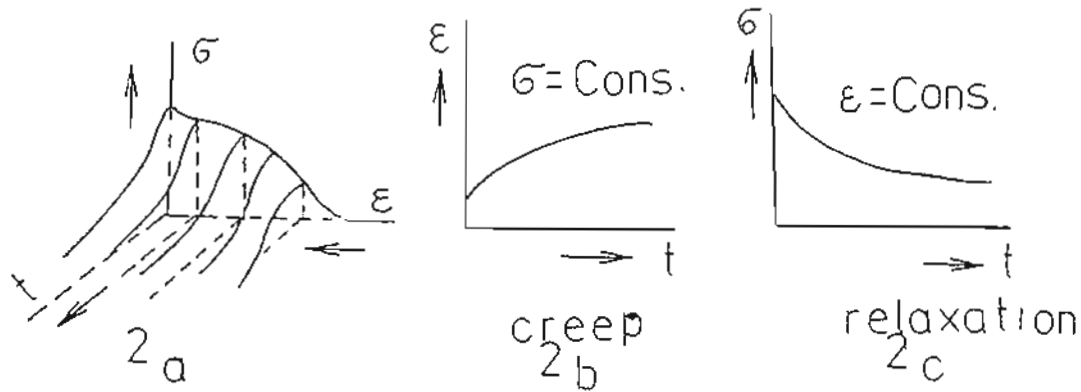


Fig.(1): The stages of systems analysis /1/.

AS = Actual system, S = System, PM = Physical model  
 A = Analogy, O = Observations, M = Measurements,  
 SA = Signal analysis, MM = Mathematical model,  
 SIM = Simulation, C = Comparison.

Fig.(2-a,b & c): Indicates the relationship between stress  $\sigma$ , strain  $\epsilon$ , and time  $t$  schematically./2/

٢٠١- الموديلات الميكانيكية (الكهربية) للاقمشة الغير منسوجة:

#### The Mechanical and/or Electrical Models for Non-Woven Fabrics



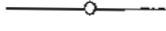
أثبتت الدراسات<sup>٣</sup> التشابه الذي يمكن حدوثه بين الاقمشة الغير منسوجة والبوليميرات في حدود مجال خواص الارتخاء حيث أجهدت عينة من القماش الغير منسوج (لم يسبق اجتهادها) في حدود الشد ثم تركت لتعود ثانية بعد زمن معين وأمكن تقسيم كمية الانفعال الى ثلاثة اقسام هي:-

- |                         |                           |
|-------------------------|---------------------------|
| ١- انفعال عالي المرونة, | high elastic deformation, |
| ٢- انفعال مرونة         | elastic deformation, and  |
| ٣- انفعال لبدن          | plastic deformation       |

ولكى يمكن وصف سلوك الاقمشة الغير منسوجة خلال اقسام الانفعال الثلاثة السابقة وذلك باقتراح موديل ميكانيكي أو كهربى فانه من الافضل التعرف على مكونات أى موديل.

جدول (١) يوضح العناصر التي يتكون منها أى موديل مقترح

أ- بالنسبة للموديلات الميكانيكية

لوصف الانفعال عالى المرونة ، والمرن		spring
لوصف الانفعال اللين ،		dash-pot
لوصف كتلة النقطة المادية .		mass

ب- بالنسبة للموديلات الكهربائية



٣٠١- التشابه بين الموديلات الميكانيكية والكهربية:

The Similarity Between the Mechanical and Electrical Models

لسهولة حل الدوائر الكهربائية يكثر تحويل الموديلات الميكانيكية الى موديل مكافئ كهربى على أساس أن الشحنة على المكثف q تشبه معامل المرونة العالى  $E_{he}$  ، المقاومة المادية R تشبه معامل اللزوجة  $\eta$  ، وسعة المكثف c تشبه معامل المرونة  $E_e$  .

ويوجد نظامان للتشابه بين الموديلات الكهربائية يوضحها جدول (٢)

عناصر الموديل الميكانيكى	عناصر الموديل الكهربى	عناصر الموديل الكهبرى
طبقا للنظام الامريكى	طبقا للنظام الهولندى	
$\mathcal{E}$ الانفعال	q الشحنة	E فرق الجهد
$\mathcal{C}$ الاجهاد	E فرق الجهد	I التيار
J معامل المرونة	C السعة	R المقاومة
$\eta$ معامل اللزوجة	R المقاومة	C السعة
n الكتلة	L الممانعة	
v السرعة	I التيار	

وللتحويل من نظام الى آخر نستخدم العلاقات التالية

$\mathcal{E} = J \mathcal{C}$	(8)	قانون هوك
$q = C \cdot \mathcal{E}$	(9)	قانون كولمب
$E = I \cdot R$	(10)	قانون أوم
$\mathcal{C} = J \frac{d\mathcal{E}}{dt}$	(11)	قانون نيوتن

$$E = L \cdot \frac{dI}{dt} \quad (12) \quad \text{قانون هنرى}$$

$$E = \sum_1^n E_i, \quad I = \sum_1^n I_i \quad (13) \quad \text{قانون كير شينوف (توالى - توازى)}$$

$$G = m \frac{d^2 E}{dt^2} \quad (14) \quad \text{قانون نيوتن للحركة}$$

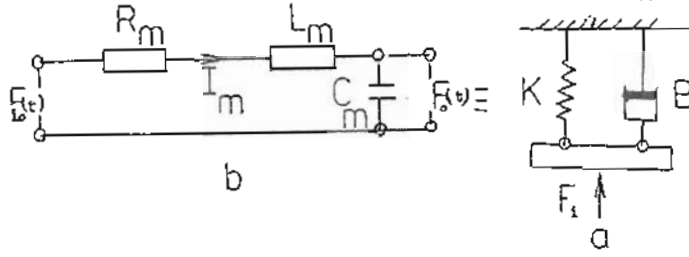
$$= m \frac{dv}{dt} \quad (15) \quad \text{قانون نيوتن للحركة}$$

شكل (٣) يوضح موديل ميكانيكى والموديل الكهربى المكافئ له ومنه نجد أن:

المقاومة  $R_M$  تماثل  $B$  (damping)

السعة  $C_M$  تماثل  $K$  (inverse of spring constant)

المانعة  $L_M$  تماثل الكتلة  $m$



فى ملحق هذا البحث ( Appendix ) عرض لآكثر الموديلات الميكانيكية والكهربية المكافئة لها المعروفة والمقترحة.

#### ٤٠١- خواص الارتخاء Relaxation Properties

من المعروف أن الاجسام تامة المرونة تخضع مباشرة لقانون هوك حيث يتناسب الاجهاد  $G$  والانفعال  $E$  عند أى لحظة  $t$  . وعلى ذلك فان تأثير الزمن لا وجود له .

والارتخاء هو العملية التى يتم فيها انتقال المادة (NW) من حالة عدم الاستقرار الى حالة الاستقرار التى تحتاج الى زمن ربما يصل الى عدة أيام أو عدة شهور .

قيست خواص الارتخاء للآقمشة الغير منسوجة بنفس الطريقة التى سبق اتباعها عند تقييم خواص البوليمرات ٤٢ ، ٤٤ ، ٥٥ وذلك باتباع الآتى :-

- ١- تعيين قيم الانفعال للآقمشة الغير منسوجة عند تعرضها لحمل ثابت مع الزمن .
- ٢- تعيين قيم الارتخاء للآقمشة الغير منسوجة بعد رفع الحمل كدالة مع الزمن .

## ٠٢ الجزء النظري : The Theoretical Part

عند قياس استطالة ( elongation ) عينات من الاقمشة الغير منسوجة معرضة لحمل ثابت على فترات زمنية متساوية ومتتالية يمكن ملاحظة الآتى :-

يفرض أن طول العينة الاصلى  $L_0$  ، والطول النهائى  $L_k$   
فان الاستطالة  $L$  يمكن حسابها من المعادلة (16) حيث

$$L = L_k - L_0 \quad \dots\dots\dots(16)$$

والاستطالة السابقة  $L$  تنقسم الى ثلاثة اقسام:  $L_{he}$  (الاستطالة عالية المرونة) ،  $L_e$  (استطالة المرونة) ،  $L_p$  (استطالة اللدونة) وعليه يكون :-

$$L = L_{he} + L_e + L_p \quad \dots\dots\dots(17)$$

وبقسمة المعادلة (17) على طول العينة الاصلى  $L$  نحصل على :

$$1 = \frac{L_{he}}{L} + \frac{L_e}{L} + \frac{L_p}{L}$$

$$\text{i.e. } 1 = D_{he} + D_e + D_p \quad \dots\dots\dots(18)$$

$D_{he}$  هي نصيب المرونة العالية من الانفعال الكلى  
 $D_e$  هي نصيب المرونة من الانفعال الكلى  
 $D_p$  هي نصيب اللدونة من الانفعال الكلى

ولكن جرت العادة على أن تنسب الاستطالة الكلية الى الطول الاصلى وعليه بقسمة المعادلة (17) على  $L_0$  نجد أن :

$$\frac{L}{L_0} = \frac{L_{he}}{L_0} + \frac{L_e}{L_0} + \frac{L_p}{L_0}$$

$$\text{i.e. } \mathcal{E} = \mathcal{E}_{he} + \mathcal{E}_e + \mathcal{E}_p \quad \dots\dots\dots(19)$$

حيث :

$\mathcal{E}_{he}$  تمثل الانفعال النسبى فى مرحلة المرونة العالية ،  
 $\mathcal{E}_e$  تمثل الانفعال النسبى فى مرحلة المرونة ،  
 $\mathcal{E}_p$  تمثل الانفعال النسبى فى مرحلة اللدونة .

ومن وجهة نظر الاستطالة فان :-

$$L_{he} = L_1 - L_2 \quad \dots\dots\dots(20)$$

$$L_e = L_2 - L_3 \quad \dots\dots\dots(21)$$

$$L_p = L_3 - L_0 \quad \dots\dots\dots(22)$$

حيث:

$$L_1 = \text{طول العينة بعد فترة زمنية اختيارية من وضع الحمل}$$

$$L_2 = \text{طول العينة مباشرة عند رفع الحمل (نهاية فترة التحميل)}$$

$$L_3 = \text{طول العينة بعد فترة اختيارية من رفع الحمل}$$

## ٠٣ الجرز العطلى:

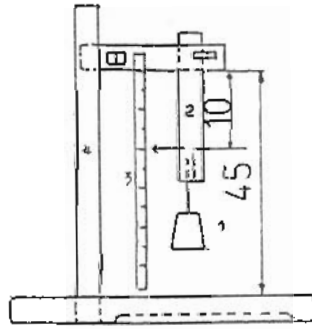
## ١٠٣- الخامات والطريقة المستخدمة عند الفحص:

عينتان من القماش الغير منسوج ميكانيكيا احدهما من شعيرات البولي استر (virgin) والآخرى مصنوعة من عوادم شعيرات البولي استر (waste)، طبقا للنظام التشيكي القياسى<sup>١</sup> اختيرت العينات فى اتجاه القماش المنتج على الماكينه بعرض وطول ١٠٠ سم.

هذه العينات كل على حده حملت بحمل ثابت (١٣٠٠ ث.جم) لمدة ساعة ، سجلت الاستطالة فيها مرة كل دقيقتين ثم رفع الحمل وسجلت خواص الارتخاء ايضا مرة كل دقيقتين .

العينات عرضت للجو القياسى فى المعمل (٢٠ ± ٢ م<sup>٤</sup> ، ٦٥ ± ٢ ٪ رطوبة) شكل رقم (٤) يوضح رسما تخطيطيا للتركيبه المستخدمة عند قياس الاستطالة عند حمل ثابت وايضا خواص الارتخاء .

طبقا للمرجع<sup>٧</sup> اختير حمل الشد الاولى بمقدار (٥ ± ٠.٥ نيوتن) وذلك للاقمشة الغير منسوجة حتى وزن ٥٠٠ جم/م<sup>٢</sup> واختير (١٠ ± ٠.١ نيوتن) للاقمشة الغير منسوجة التى كتلة المتر المربع لها فوق (٥٠٠ جم/م<sup>٢</sup>) .



1- Load, 2- Non-Woven Fabric,  
3- Scale, 4- Wood attachment.

Fig,(4)



## ٠٤ النتائج والمناقشة:

جدول رقم (3) يوضح بعض الخواص الهامة للقمشة الغير منسوجة المستخدمة في هذا البحث.

النوع	كثافة التفرزيز (غززة/سم <sup>2</sup> )	وزن المتر المربع (جم/م <sup>2</sup> )	السبك (مم)	الطراوة (مم)	معامل التعبئة (Ø)
A قماش غير منسوج من (شعيرات لم يسبق استخدامها)	100	700	10.8	0.4	1.0 x 40.9
B قماش غير منسوج من (شعيرات سبق استخدامها)	60	800	12.2	0.5	1.0 x 43.5

استخدم جهاز (Instron) في تعيين العلاقة بين الحمل والاستطالة للعينات المختبرة تحت الظروف التالية:-  
 ١- مدى القوة (٢٠ كجم)  
 ٢- سرعة الفحص (٥٠ سم/دقيقة)  
 ٣- سرعة الورقة (١٠ سم/دقيقة).

شكل (5) يوضح العلاقة بين الحمل والاستطالة لكل من العينتين المختبرتين والذي منه يمكن استخلاص النتائج التالية:-

(أ) المدى الاول: ( $\alpha - \alpha$ ) Before the yield point

في هذا المدى نجد أن خواص اللزوجة للقماش (B) اقل منها للقماش (A) ملاحظ ان قوى الاحتكاك في هذه الحدود يمكن اهمالها اذا قورنت بكل من قيم  $E$  ,  $\gamma$  وان القماش B أكثر صلابة من القماش A لقرب المماس له من المحور الرأس.

(ب) المدى الثاني: ( $\beta - \beta$ ) After the yield point

بالنسبة للقماش (A) نجد أن الانفعال بدأ بمعدل أكبر عما كان عليه قبل نقطة الخضوع مقارنة بسلوك القماش (B) وهذا يدل على أن مقدار التشوه اللدن للقماش A أكبر من نظيره B.

(ج) المدى الثالث: (بعد الخط  $\beta - \beta$ )

بالرغم من اختلاف معدل التشوه للقماش A عن B فان أى زيادة جديدة فى الانفعال الحادث فى كلا العينتين - ترجع الى تركيب القماش نفسه وظاهره (Orientation) للشعيرات المكونه لهم وأن الشغل اللازم لقطع العينة (A) أكبر من الشغل اللازم لقطع العينة (B).

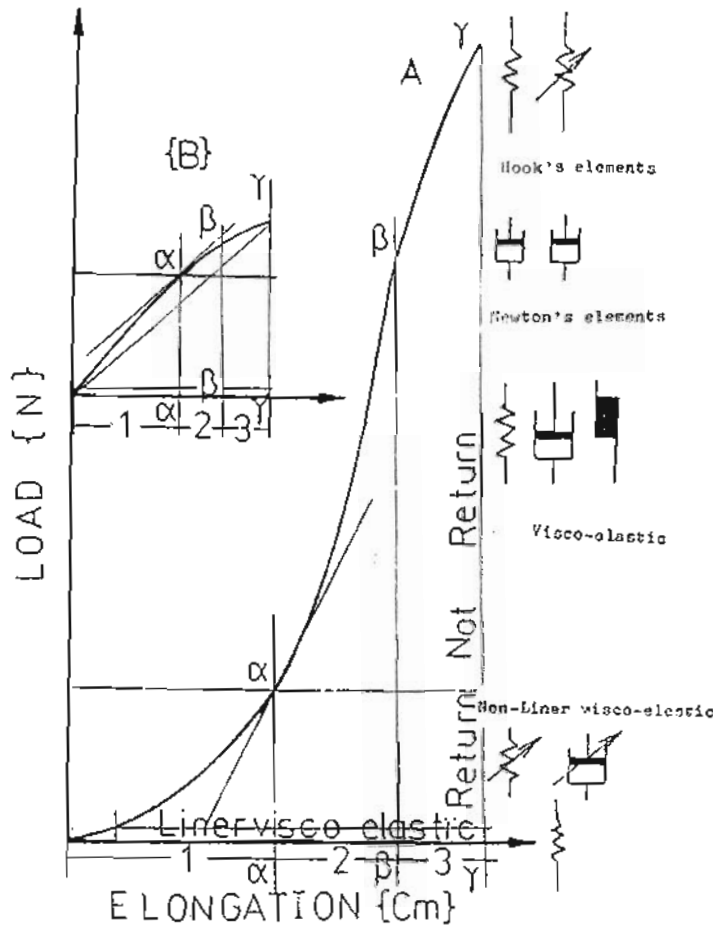


Fig.(5); Shows the behavior of tensile properties of needle punched nonwoven fabrics, A = PES<sub>s</sub>, B = PES<sub>waste</sub>.

ولتكوين موديل يصف الخواص الاحتكاكية ، فانه من الضروري دراسة سلوك العينات بعد رفع الحمل وللعينات السابقة الذكر فان موديل كلفن (شكل 6) يصلح لوصف سلوك القماشين (A, B) . ويوضح شكل (7) تأثير تحميل كل من القماشين الغير منسوجتين (A, B) بحمل ثابت مقداره (1300 جم) ولمدة ساعة ومنه يتضح ان العينات في البداية تستطيل بكمية كبيرة وبسرعة كبيرة ايضا ثم يقل معدل الاستطالة مع الزمن ، والذي يعرف بـ (time dependent elongation) والذي يسمى بالزحف، وعندما يزال الحمل تعود بسرعة ثم يبطء واخيرا يتبقى جزء من الاستطالة والذي يعرف بـ (Perment set)<sup>8</sup>.

سلوك الاقمشة الغير منسوجة في كلا الاختبارين الحمل والاستطالة ، كذلك الارتخاء (شكل 7) ، ومقارنة قيم  $\epsilon_p$  ،  $\epsilon_e$  ،  $\epsilon_{ne}$  ، لكل من القماش الغير منسوج (A) والغير منسوج (B) كما هو واضح من جدول رقم (٤) .

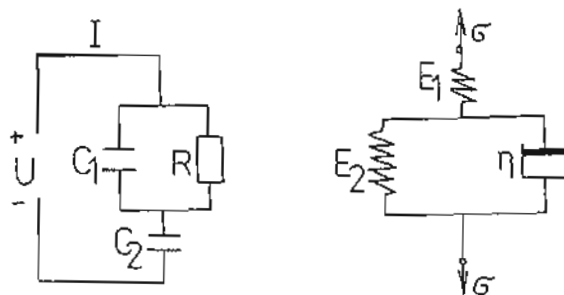


Fig.(6): Indicates schematically diagrams for mechanical and equivalent electrical model according to Kelvin.

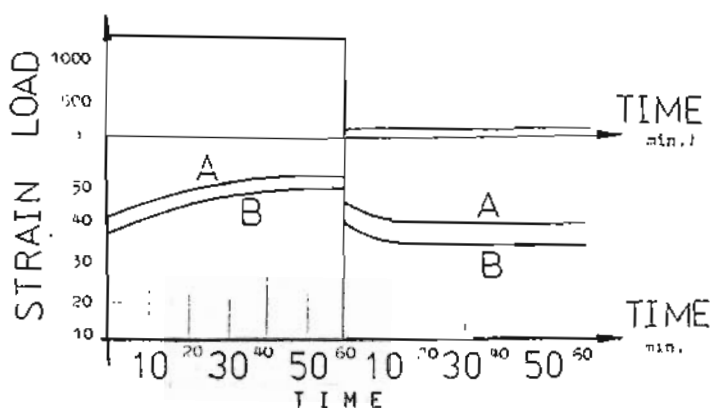


Fig.(7): Strain and relaxation versus time of mechanically punched non-woven Fabrics.

A- NW made of virgin PES<sub>g</sub> fibers, B- NW made of waste PES<sub>g</sub> fibers.

جدول (٤) يوضح نتائج الارتخاء للاقمشة الغير منسوجة المختبرة.

الثابت A(%)	الانفعال اللدن $\epsilon_p$ (%)	الانفعال المرن $\epsilon_e$ (%)	الانفعال عالي المرونة $\epsilon_{he}$ (%)	نوع القماش
21.7	24.1	13.4	1.0	A
27.4	31.0	5.8	0.7	B
	اجهاد اللدونة $E_p$ (N/cm <sup>2</sup> )	الاجهاد المرن $E_e$ (N/cm <sup>2</sup> )	الاجهاد عالي المرونة $E_{he}$ (N/cm <sup>2</sup> )	
	$1.09 \times 10^7$	$0.29 \times 10^3$	$5.9 \times 10^3$	A
	$1.91 \times 10^7$	$0.60 \times 10^3$	$4.9 \times 10^3$	B

قيم كل من  $\epsilon_{he}$  و  $\epsilon_e$  للقماش (A) أكبر من نظيره (B) والعكس يتضح بمقارنة قيمة  $\epsilon_p$  لكلاهما والذي منه يتضح سهولة التشوه في القماش الثاني أكثر من الاول.

ومقارنة قيمة E للاقمشة المختبرة يمكن أن نجد مايلي :

قيمة  $E_e, E_{he}$  للقماش (A) اقل منهم للقماش (B) وهذا يشير الى أن القماش (A) سيكون أكثر طراوة من نظيره (B) وهذا يشير الى أن القماش B بالرغم من أنه من عوادم شعيرات البولي استر الا ان خواصه ليست من السوء بحيث يتحكم تجنبه بالعكس نجد خواصه ترشحه كخشو في صناعة الملابس، وكطبقة وسيطة في صناعة السجاد والمويك وغيرها .

طبقا لـ (Kpčma) فان انفعال الارتخاء عند حمل ثابت يمكن وصفه بالمعادلة:

$$E = A_1 e^{-t/\tau_1} + A_2 e^{-t/\tau_2} + \dots + A_n e^{-t/\tau_n} \quad \dots\dots\dots(23)$$

حيث n تشير الى عدد العناصر  $A_1, A_2, \dots, A_n$  ثوابت والمعادلة (23) يمكن اعادتها كتابتها لعنصر واحد هكذا

$$E = A e^{-t/\tau} \quad \dots\dots\dots(24)$$

بأخذ اللوغاريتمات

$$\text{Log } E = \text{Log } A - \text{Log } e^{t/\tau} \quad \dots\dots\dots(25)$$

وبفرض أن كمية الاجهاد الواقع على القماش هي  $\sigma$  فان :

$$\sigma = F./s \quad \dots\dots\dots(26)$$

حيث:  $F$  - هي القوة المؤثرة على عينة القماش (kp)  
 $s$  - هي مساحة مقطع العينة (cm<sup>2</sup>)

وعموما القول<sup>3</sup> يمكن تمثيل الانفعال الكلي بموديل يتكون من جزأ خاص بالانفعال المرن وجزء يتوقف على الزمن طبقا للمعادلة:

$$E = \frac{\sigma}{E_1} + \frac{\sigma}{E_2} (1 - e^{-t/\tau}) \quad \dots\dots\dots(27)$$

حيث:  $E$  = الانفعال الكلي  
 $\sigma$  = الاجهاد  
 $E_1$  = معامل المرونة العالية  
 $t$  = زمن انفعال العينة  
 $\tau$  = زمن الارتخاء  
 $E_2$  = معامل المرونة

وطبقا لموديل كلفن - نوجا<sup>3</sup> نجد أن :

$$\tau = \frac{2\tau_2}{E_2} \quad \dots\dots\dots(28)$$

وهذا الموديل يمكن تحقيقه باستخدام خواص الارتخاء .

المعادلة (27) يمكن اعادتها كتابتها هكذا :-

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_y + A(1 - e^{-t/\tau}) \quad \dots\dots\dots(29)$$

حيث:

 $\mathcal{E}_y$  = قيمة الانفعال المرن

A = ثابت

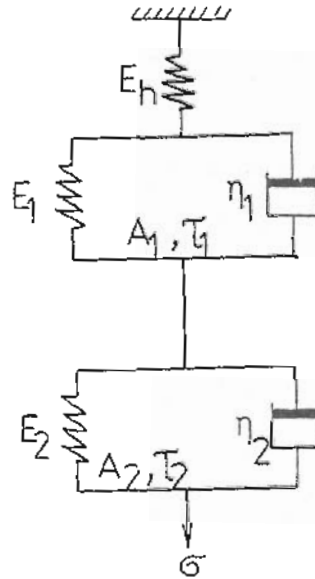
شكل (8) يوضح رسماً تخطيطياً للموديل المقترح بواسطة (Krčma) <sup>٣</sup>

Fig.(8): The suggested mechanical model for needle punched nonwoven fabrics.

٥ - الخاتمة:

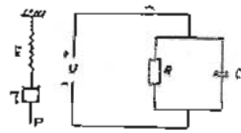
- ١- الخواص الميكانيكية للقمشة الغير منسوجة في صورة اجهاد وانفعال فقط ثبت أنها غير كافية لوصف السلوك الاحتكاكي لهذه القمشة ولا تكتمل هذه الخواص الا بدراسة خواص الارتخاء.
- ٢- العلاقة بين الاجهاد ، الانفعال ، الزمن للقمشة الغير منسوجة - اقترح لتشيلها موديل رياضي قسم الانفعال الحادث في القمشة الى ثلاثة اقسام طبقا للمعادلة التالية:  $(\mathcal{E} = \mathcal{E}_{he} + \mathcal{E}_e + \mathcal{E}_p)$ .
- ٣- قواعد تحويل الموديل (الميكانيكي) الى آخر (كهرسي مكافئ).
- ٤- العلاقة بين الاجهاد والانفعال والزمن للقمشة الغير منسوجة ميكانيكيا يمكن وصفها باستخدام موديل ميكانيكي معادلته طبقا للمعادلة  $(\mathcal{E} = \frac{\sigma}{E_1} + \frac{\sigma}{E_2} (1 - e^{-t/\tau}))$
- ٥- ثبت أن الخواص الميكانيكية للقمشة الغير منسوجة المختبرة قد اتضحت بصورة أفضل باستخدام الموديل الميكانيكي المقترح ، لذا اقترح أفضل استخدام للقمشة المختبرة في هذا البحث.

REFERENCES:

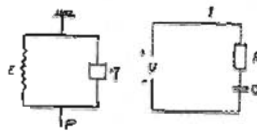
1. Mela, M.J. et al.: "Systems thinking and operation research", National Operation Research Conf., Zag. University, Vol. II, p. 1, 1988.
2. Hladík, V.: Textilní Vlákná, SNTL, Praha, S. 47 - 60, 1970.
3. Krčma, R.: "Struktura NT", Doktorská disertační práce, VŠST, Liberec, ČSSR, 1977.
4. Tichomirov, V.B. et al.: Mechničeskaja model i relaksacionnye svojstva netkanych kleen-yh materialov. Nauka i issledovanija v tekstilnoj pro syšlennosti XII S. 91-104, 1972.
5. Krčma, R. et al.: Využití mechanických modelů při studiu pojených, textilí z dvousložkových vláken a ze spleteí. Textil, ČSSR, 1973.
6. Č S N 800815 Zkoušení pevnostia tažnosti.
7. Košková, B.: Zatěžovac Krývka mechanického namáhání textilního vlákna, Sbornik, V S S T, Liberec, ČSSR, S. 287, 1981.
8. Booth, J.E.: Principles of textile testing, National Trade Press, London, P. 362, 1961.

APPINDEX

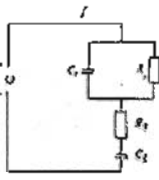
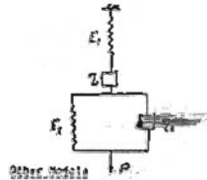
Maxwell's Model



Alexis-Forg's Model



Brocard's Model



Other Models

