

# مجلة جامعة البعث

سلسلة العلوم الهندسية البترولية والكيميائية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 45 . العدد 1

1444 هـ - 2023 م

الأستاذ الدكتور عبد الباسط الخطيب

رئيس جامعة البعث

المدير المسؤول عن المجلة

رئيس هيئة التحرير	أ. د. محمود حديد
رئيس التحرير	أ. د. درغام سلوم

مديرة مكتب مجلة جامعة البعث

بشرى مصطفى

عضو هيئة التحرير	د. محمد هلال
عضو هيئة التحرير	د. فهد شريباتي
عضو هيئة التحرير	د. معن سلامة
عضو هيئة التحرير	د. جمال العلي
عضو هيئة التحرير	د. عباد كاسوحة
عضو هيئة التحرير	د. محمود عامر
عضو هيئة التحرير	د. أحمد الحسن
عضو هيئة التحرير	د. سونيا عطية
عضو هيئة التحرير	د. ريم ديب
عضو هيئة التحرير	د. حسن مشرقي
عضو هيئة التحرير	د. هيثم حسن
عضو هيئة التحرير	د. نزار عبشي

تهدف المجلة إلى نشر البحوث العلمية الأصيلة، ويمكن للراغبين في طلبها

الاتصال بالعنوان التالي:

رئيس تحرير مجلة جامعة البعث

سورية . حمص . جامعة البعث . الإدارة المركزية . ص . ب (77)

. هاتف / فاكس : ++ 963 31 2138071

. موقع الإنترنت : [www.albaath-univ.edu.sy](http://www.albaath-univ.edu.sy)

. البريد الإلكتروني : [magazine@ albaath-univ.edu.sy](mailto:magazine@albaath-univ.edu.sy)

**ISSN: 1022-467X**

## شروط النشر في مجلة جامعة البعث

الأوراق المطلوبة:

- 2 نسخة ورقية من البحث بدون اسم الباحث / الكلية / الجامعة) + CD / word من البحث منسق حسب شروط المجلة.
  - طابع بحث علمي + طابع نقابة معلمين.
  - إذا كان الباحث طالب دراسات عليا:  
يجب إرفاق قرار تسجيل الدكتوراه / ماجستير + كتاب من الدكتور المشرف بموافقة على النشر في المجلة.
  - إذا كان الباحث عضو هيئة تدريسية:  
يجب إرفاق قرار المجلس المختص بإنجاز البحث أو قرار قسم بالموافقة على اعتماده حسب الحال.
  - إذا كان الباحث عضو هيئة تدريسية من خارج جامعة البعث :  
يجب إحضار كتاب من عمادة كليته تثبت أنه عضو بالهيئة التدريسية و على رأس عمله حتى تاريخه.
  - إذا كان الباحث عضواً في الهيئة الفنية :  
يجب إرفاق كتاب يحدد فيه مكان و زمان إجراء البحث ، وما يثبت صفته وأنه على رأس عمله.
  - يتم ترتيب البحث على النحو الآتي بالنسبة لكليات (العلوم الطبية والهندسية والأساسية والتطبيقية):  
عنوان البحث .. ملخص عربي و إنكليزي ( كلمات مفتاحية في نهاية الملخصين).
- 1- مقدمة
  - 2- هدف البحث
  - 3- مواد وطرق البحث
  - 4- النتائج ومناقشتها .
  - 5- الاستنتاجات والتوصيات .
  - 6- المراجع.

- يتم ترتيب البحث على النحو الآتي بالنسبة لكليات ( الآداب - الاقتصاد - التربية - الحقوق - السياحة - التربية الموسيقية وجميع العلوم الإنسانية):
- عنوان البحث .. ملخص عربي و إنكليزي ( كلمات مفتاحية في نهاية الملخصين).
- 1. مقدمة.
- 2. مشكلة البحث وأهميته والجديد فيه.
- 3. أهداف البحث و أسئلته.
- 4. فرضيات البحث و حدوده.
- 5. مصطلحات البحث و تعريفاته الإجرائية.
- 6. الإطار النظري و الدراسات السابقة.
- 7. منهج البحث و إجراءاته.
- 8. عرض البحث و المناقشة والتحليل
- 9. نتائج البحث.
- 10. مقترحات البحث إن وجدت.
- 11. قائمة المصادر والمراجع.
- 7- يجب اعتماد الإعدادات الآتية أثناء طباعة البحث على الكمبيوتر:
  - أ- قياس الورق 25×17.5 B5.
  - ب- هوامش الصفحة: أعلى 2.54- أسفل 2.54 - يمين 2.5- يسار 2.5 سم
  - ت- رأس الصفحة 1.6 / تذييل الصفحة 1.8
  - ث- نوع الخط وقياسه: العنوان . Monotype Koufi قياس 20
- . كتابة النص Simplified Arabic قياس 13 عادي . العناوين الفرعية Simplified Arabic قياس 13 عريض.
- ج . يجب مراعاة أن يكون قياس الصور والجداول المدرجة في البحث لا يتعدى 12سم.
- 8- في حال عدم إجراء البحث وفقاً لما ورد أعلاه من إشارات فإن البحث سيهمل ولا يرد البحث إلى صاحبه.
- 9- تقديم أي بحث للنشر في المجلة يدل ضمناً على عدم نشره في أي مكان آخر، وفي حال قبول البحث للنشر في مجلة جامعة البعث يجب عدم نشره في أي مجلة أخرى.
- 10- الناشر غير مسؤول عن محتوى ما ينشر من مادة الموضوعات التي تنشر في المجلة

11- تكتب المراجع ضمن النص على الشكل التالي: [1] ثم رقم الصفحة ويفضل استخدام التهميش الإلكتروني المعمول به في نظام وورد WORD حيث يشير الرقم إلى رقم المرجع الوارد في قائمة المراجع.

تكتب جميع المراجع باللغة الانكليزية (الأحرف الرومانية) وفق التالي:  
آ . إذا كان المرجع أجنبياً:

الكنية بالأحرف الكبيرة . الحرف الأول من الاسم تتبعه فاصلة . سنة النشر . وتتبعها معترضة ( - ) عنوان الكتاب ويوضع تحته خط وتتبعه نقطة . دار النشر وتتبعها فاصلة . الطبعة ( ثانية . ثالثة ) . بلد النشر وتتبعها فاصلة . عدد صفحات الكتاب وتتبعها نقطة .  
وفيما يلي مثال على ذلك:

-MAVRODEANUS, R1986- Flame Spectroscopy. Willy, New York, 373p.

ب . إذا كان المرجع بحثاً منشوراً في مجلة باللغة الأجنبية:

. بعد الكنية والاسم وسنة النشر يضاف عنوان البحث وتتبعه فاصلة، اسم المجلد ويوضع تحته خط وتتبعه فاصلة . المجلد والعدد ( كتابية مختزلة ) وبعدها فاصلة . أرقام الصفحات الخاصة بالبحث ضمن المجلة.  
مثال على ذلك:

BUSSE,E 1980 Organic Brain Diseases Clinical Psychiatry News ,  
Vol. 4. 20 – 60

ج . إذا كان المرجع أو البحث منشوراً باللغة العربية فيجب تحويله إلى اللغة الإنكليزية و  
التقيد

بالبنود ( أ و ب ) ويكتب في نهاية المراجع العربية: ( المراجع In Arabic )

## رسوم النشر في مجلة جامعة البعث

1. دفع رسم نشر (20000) ل.س عشرون ألف ليرة سورية عن كل بحث لكل باحث يريد نشره في مجلة جامعة البعث.
2. دفع رسم نشر (50000) ل.س خمسون ألف ليرة سورية عن كل بحث للباحثين من الجامعة الخاصة والافتراضية .
3. دفع رسم نشر (200) مئتا دولار أمريكي فقط للباحثين من خارج القطر العربي السوري .
4. دفع مبلغ (3000) ل.س ثلاثة آلاف ليرة سورية رسم موافقة على النشر من كافة الباحثين.

## المحتوى

الصفحة	اسم الباحث	اسم البحث
38-11	بشار الحيدر د. فداء ريشة د. يوسف جمول	إمكانية استخدام مستخلص بذر الكتان كمثبط للتآكل الحمضي للفولاذ الكربوني
60-39	حلا آغا د. خلدون يوسف د. وائل السلوم	دراسة تأثير تغيير بعض المتغيرات التشغيلية على المظهرية النهائية للأقمشة المنسوجة
94-61	د. عهد النجار	دراسة تأثير استخدام مواد صديقة للبيئة على خصائص الأقمشة المعالجة لتأخير اللهب
128-95	حسن الحسين د. حسين اليتيم د. عبد الناصر الأعرج	دراسة تحسين كفاءة الطاقة ونسبة مشاركة الطاقة الكيميائية في فرن القوس الكهربائي العامل في مدينة حسياء الصناعية





# إمكانية استخدام مستخلص بذر الكتان كمثبط للتآكل الحمضي للفولاذ الكربوني

كلية الهندسة الكيميائية والبتروولية قسم الهندسة الكيميائية ماجستير هندسة العمليات

الطالب: بشار الحيدر المشرف العلمي: د. فداء ريشة

المشرف المشارك: د. يوسف جمول

## المخلص

تمت دراسة تأثير مستخلصات نبات بذر الكتان على تأكل الفولاذ الكربوني في 0.5M حمض الكبريت، عند درجات حرارة مختلفة. أُجريت عمليات الاستخلاص باستخدام الايثانول والماء (50% حجماً)، وبطريقتي النقع والأمواج فوق الصوتية. تمت دراسة آلية تأثير المثبط الذي أعطى أفضل كفاءة تثبيط، من خلال دراسة الامتزاز والتآكل بالطرق الكهروكيميائية (مخططات تافل، ومطيافية المقاومة الكهروكيميائية) والحسابات الترموديناميكية.

لم يختلف سلوك التثبيط باختلاف طريقة الاستخلاص حيث أبدت مخططات كفاءة التثبيط بدلالة التركيز قمتين عند 50 ppm و 200 ppm في كل من الحالتين، ولكن كانت درجة الحماية أعلى بشكل واضح لمستخلص طريقة النقع عند التركيز 200 ppm (98% مقارنةً ب 56% للأمواج فوق صوتية). أشارت دراسة آلية التثبيط لهذا المستخلص إلى إمكانية تشكل مركب وسطي مع السطح المعدني من خلال الامتزاز الكيميائي. أبدت فعالية التثبيط ارتفاعاً مع ارتفاع درجة الحرارة حتى 45°C ثم عادت للانخفاض في درجات الحرارة الأعلى.

## كلمات مفتاحية

مثبطات تآكل، تآكل حمضي، مستخلص بذر كتان، فولاذ كربوني، اختبارات كهروكيميائية.

## The Possibility of Using Linseed Extract as An Acidic Corrosion Inhibitor For Carbon Steel

### abstract

The effect of linseed plant extracts on the corrosion of carbon steel in 0.5M sulfuric acid at different temperatures was studied. Extractions were carried out using ethanol and water solution (50% by volume). Two extracting methods were used; soaking and ultrasound. The inhibition mechanism of the inhibitor that gave the best efficiency was investigated via studying the adsorption and corrosion processes by electrochemical methods (Taffel diagrams and electrochemical resistance spectroscopy) and thermodynamic calculations.

The results of the study showed no effect of the extraction method on the inhibition behavior, where the inhibition efficiency as a function of concentration showed two peaks at 50 ppm and 200 ppm in both methods. However, the inhibition efficiency of the soaking method was significantly higher at 200 ppm (98%) compared to 56% for the ultrasound method. The study of the inhibition mechanism of this extract indicated the possibility of forming an intermediate complex with the metal surface through chemical adsorption. Inhibition activity increased with temperature up to 45°C and then decreased at higher temperatures.

### Keywords

Corrosion inhibitors, acidic corrosion, linseed extract, carbon steel, electrochemical tests.

## 1- المقدمة

ينتج تآكل المعادن، الذي يؤدي إلى التدمير التدريجي للهياكل والمعدات المعدنية، عن التفاعلات الكهروكيميائية والكيميائية للسطح المعدني مع العوامل العدائية في الوسط المحيط (مثل  $H^+$ ،  $Cl^-$ ، .. إلخ) لتشكيل مواد أكثر استقراراً.

يتسبب التآكل بأضرار مختلفة وخسائر اقتصادية كبيرة. وينتج عنه إتلاف ما يقارب في كميته ربع الإنتاج السنوي من الفولاذ، وهو ما يقدر بحوالي 150 مليون طن سنوياً، أو 5 طن في الثانية. حيث تمثل الخسائر الاقتصادية % (3-4) من حجم الإنتاج الوطني الإجمالي في الدول الصناعية.

يعتبر التآكل أمراً لا يمكن تجنبه، لكن يمكن الحد منه بشكل كبير باتخاذ إجراءات الوقاية والحماية المناسبة. وتحظى إجراءات تثبيط تفاعلات التآكل عن طريق الإضافات الكيميائية المناسبة إلى الوسط باهتمام كبير ومتزايد في التطبيقات الصناعية، لاسيما في حماية الفولاذ الكربوني الذي يعد من أهم السبائك المستخدمة في مجموعة واسعة من المجالات الصناعية. وعلى الرغم من الموصفات الميكانيكية الجيدة للفولاذ الكربوني، والكلفة الاقتصادية المنخفضة مقارنةً بالأنواع الأخرى للفولاذ، وعلى الرغم من أن بعض الإضافات السبكية قد تزيد مقاومة الفولاذ للتآكل، إلا أنه يبقى عرضة للتآكل الشديد في بعض الأوساط والشروط. تتضح شدة هذا التآكل، بشكل خاص، في الأوساط الحمضية المستخدمة في عمليات التنظيف الحمضي والمعالجة السطحية للمعادن عند الإنتاج، والتنظيف وإزالة الترسبات في المبادلات الحرارية، وتنشيط آبار النفط والغاز. في مثل هذه الحالات، يعد استخدام مثبطات التآكل الطريقة العملية الأكثر فعالية لحماية المعادن من التآكل.

لقد تم اكتشاف وتصنيع أنواع مختلفة من المركبات العضوية وغير العضوية، مثل المركبات الحلقية غير المتجانسة المكونة من ذرات الكبريت والأكسجين والنيتروجين، وتطبيقها على الأسطح المعدنية كمثبطات للتآكل. وبالرغم من إثبات أن هذه المثبطات الصناعية العضوية وغير العضوية فعالة في تخفيض سرعة التآكل، إلا أن استخدامها كان محدوداً بسبب الكلفة العالية لإنتاجها، والحاجة إلى تقنيات إنتاج نوعية، بالإضافة إلى سميتها وخطورتها على الإنسان والبيئة. لذلك، يجري حالياً البحث، وعلى نطاق واسع، في إمكانية إيجاد مثبطات تآكل فعالة على أساس مواد طبيعية متوفرة، يتم إنتاجها وفق تقنيات بسيطة، وتكون صديقة للبيئة، تعرف أيضاً باسم "البدائل الخضراء" أو "المثبطات الخضراء"، لتحل محل المواد الكيميائية السامة أو الخطرة. من بين المثبطات الخضراء، تحظى المستخلصات النباتية بكثير من الاهتمام، وتعتبر مثبطات واعدة لكونها قائمة على مواد متوفرة، بل وقابلة لزيادة إنتاجها من خلال تطوير زراعتها، وأيضاً، قابلة لزيادة فعاليتها بالمعرفة الأعمق بالمواد الفعالة فيها وتطوير عمليات استخلاصها. [17,13,8,7,2].

## 2- هدف البحث:

يهدف البحث إلى دراسة إمكانية الاستفادة من بذر الكتان في الحصول على مثبط للتآكل الحمضي للفولاذ الكربوني، في وسط حمض الكبريت، عن طريق الاستخلاص، وتحديد شروط عملية الاستخلاص، وشروط الوسط المناسبة لاستخدام المثبط (المنتظر)، التي تتحقق فيها أفضل حماية للمعدن من التآكل، وذلك ضمن مجال الدراسة.

### 3- المواد وطرائق البحث:

تتضمن الدراسة:

- أ- تحضير مستخلصات بذر الكتان بطريقتي النقع العادي، والأمواج فوق الصوتية.
- ب- دراسة تأثير المستخلصات المحضرة بالطريقتين على تآكل عينات محضرة من الفولاذ الكربوني، في وسط  $0.5M H_2SO_4$ .
- ت- دراسة آلية التثبيط للمستخلص الذي يحقق أفضل فعالية تثبيط للتآكل في مجال الدراسة (من خلال دراسة الامتزاز، والدراسة الكهروكيميائية للتآكل).
- ث- إجراء حسابات ترموديناميكية لعملية التآكل والتثبيط، وذلك للمثبت ذي الكفاءة الأفضل عند درجات الحرارة  $(25-45-70) ^\circ C$ .

### 3-1 الأجهزة والأدوات المستخدمة:

- جهاز مثبت الجهد **Potentiostat** وملحقاته Gill AC 1395.
- جهاز تحليل طيف الإصدار SPECTROLAB S OES analyser.
- جهاز تحويل فورييه للتحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء FT-IR-4100 من شركة jasco اليابانية.
- حمام مائي بالأمواج فوق صوتية، تردد **40kHz**، صيني الصنع موديل **PS-80A**.
- ميزان مخبري بدقة **0.1mg**، حمام مائي، مطحنة، مناخل مخبرية، مجفف هوائي، بياكوليس، و أوراق زجاجية (برداغ).
- أدوات زجاجية مخبرية مختلفة لتحضير المستخلصات والمحاليل الحمضية.

### 3-2 المواد المستخدمة في البحث:

- النبات المستهدف: بذور الكتان
- المواد الكيميائية: حمض الكبريت، الإيثانول، خلات الرصاص، كلوريد الحديد، هيدروكسيد البوتاسيوم.

### 3-2-1 تحضير العينات المعدنية:

تمت الدراسة المخبرية على عينات فولاذية مطابقة لغلغاف المبادل الحراري E1 من الوحدة 21 في مصفاة حمص. أظهر تحليل طيف الإصدار للعينات المعدنية التركيب الكيميائي المبين في الجدول 1.

الجدول 1: التركيب الكيميائي لعينات الفولاذ الكربوني.

C %	Si %	Mn %	P %	S %	Cr %	Mo %
0.42	0.2051	0.764	0.0371	0.0232	0.0318	<0.0020
Ni %	Al %	Co %	Cu %	Nb %	Ti %	V %
0.0415	<0.0005	0.0133	0.0588	<0.0021	<0.0005	0.0055
W %	Sn %	As %	Zr %	Ca %	Ce %	Sb %
<0.0050	0.0036	0.0313	<0.0010	<0.0010	<0.0030	0.011
Ta %	B %	N %	Fe %			
<0.0050	<0.0002	<0.0010	98.34			

تم قطع عينات الفولاذ الكربوني ميكانيكياً بالأبعاد التالية 3.8\*2.7\*0.5 cm من أجل الاختبارات الوزنية، وبالأبعاد 3\*0.7\*0.5 cm للاختبارات الكهروكيميائية، ليتم بعد ذلك تنظيف وتسوية السطح باستخدام ورق زجاجي بقياسات متدرجة mesh (80-100 - 180 - 600 - 800 ) على التوالي إلى أن يصبح السطح صقيلاً ناعماً. تم

غسل العينات بعد ذلك بالماء، وتنظيفها باستخدام قطعة مطاوية، ثم بوساطة الأسيتون لإزالة المواد الدهنية المحتمل وجودها على سطوح هذه العينات. تم تجفيف العينات في مجفف كهربائي، لتعرض بعدها للوسط الأكال.

### 3-2-2 تحضير المستخلصات النباتية:

أظهرت الدراسات المرجعية احتواء بذور الكتان على نسب عالية لمركبات بولي فينول. وبالنظر إلى المعطيات التي تؤكد دور مجموعات الفينول والحجم الجزيئي للمركبات التي تبدي خواص تثبيط للتآكل، تم اختيار بذور الكتان لتكون مادة الدراسة. تم إجراء عمليات الاستخلاص على بذور الكتان في محلول مائي للإيثانول 50% (حجماً) الذي يتميز باستخلاص بولي فينول ذي الوزن الجزيئي المنخفض والمركبات الفينولية القطبية والتي تعتبر مركبات نشطة ذات أثر تثبيطي هام.

في البداية، تم طحن البذور باستخدام مطحنة. يمثل تصنيف النخل للبذور بعد الطحن (جدول 2) التوزع النسبي المئوي لأبعاد حبيبات مطحون البذور المستخدمة في الاستخلاص.

الجدول 2: تصنيف النخل لبذور الكتان بعد الطحن.

تصنيف النخل	% بذر الكتان
$\geq 1.6\text{mm}$	5.254
1.6mm-710Mic	60.537
710-300 Mic	34.209
300-150 Mic	---
$\leq 150\text{ Mic}$	---
المجموع	100.000

Mic: Micro meter

تم تحضير مستخلص للبذور بنسبة (صلب : سائل) تعادل (10:1) وذلك بطريقتين هما النقع والأمواج فوق الصوتية، عند الدرجة  $50^{\circ}\text{C}$  لمدة 2h ثم ترك عند درجة حرارة المخبر  $25^{\circ}\text{C}$  لمدة 24h . ليتم ترشيح الخلاصة ثم تجفيفها باستخدام مجفف بتيار هوائي عند الدرجة  $25^{\circ}\text{C}$ ، لمدة ثلاثة أيام. يظهر الجدول 3 نسبة الاستخلاص في كل من الطريقتين.

الجدول 3 : النسبة المئوية الوزنية لاستخلاص بذور الكتان.

رمز المستخلص	الطريقة	نسبة الاستخلاص%
G1	أمواج فوق صوتية	5.43
G2	نقع	11.95

### 3-3 اختبارات التآكل:

أجريت الاختبارات الوزنية والكهروكيميائية لتحديد سرعة التآكل. فعلى الرغم من وجود التقنيات الحديثة الكهروكيميائية التي تتيح الاختبارات المسرعة للتآكل، إلا أن الاختبارات الوزنية تعطي فكرة أوضح عن التغيرات الحاصلة في المنظومة (معدن - وسط) مع الوقت، لاسيما أن التآكل بحد ذاته عملية تعتمد على الوقت.

### 3-3-1 الاختبارات الوزنية:

تمت دراسة تآكل العينات المعدنية بعد تحضيرها وتجفيفها ووزنها، وذلك بغمرها في الوسط  $0.5\text{M H}_2\text{SO}_4$ ، عند درجة حرارة المخبر  $25^{\circ}\text{C}$ ، لمدة 24 ساعة في 200 ml من المحلول الحمضي. بعد انتهاء فترة الاختبار، تم غسل العينات بالماء المقطر وتجفيفها وتسجيل الوزن بعد الغمر. يتم حساب معدل التآكل (CR (Corrosion rate) وفق العلاقة 1:

$$CR = \frac{w_1 - w_2}{At} \quad (1)$$

حيث CR: معدل التآكل ( $\text{g/cm}^2\text{h}^1$ )،  $w_1$ : وزن العينة المعدنية قبل التعرض للوسط الأكال (g)،  $w_2$ : وزن العينة المعدنية بعد التعرض للوسط الأكال (g)، A: مساحة سطح العينة المعدنية [ $\text{cm}^2$ ]، و t: زمن الغمر (h).

تعطى درجة الحماية (فعالية المثبط) التي يؤمنها المثبط  $\eta\%$  بالعلاقة 2:

$$\eta\% = \frac{CR_0 - CR_1}{CR_0} \times 100\% \quad (2)$$

حيث  $CR_0$ ،  $CR_1$  معدل التآكل ( $\text{g/cm}^2\text{h}$ )، بغياب وبوجود المثبط على التوالي. [14,13].

### 3-3-2 استقطاب الجهد الحركي (PDP (Potential dynamic Polarization):

تمثل قياسات استقطاب الجهد الحركي وسيلة أخرى لقياس معدل التآكل، وكفاءة مثبطات التآكل، وفهم آلية الحماية من التآكل من خلال القياسات الكهروكيميائية.

أجريت التجارب الكهروكيميائية لاستقطاب الجهد الحركي باستخدام خلية نموذجية ثلاثية الأقطاب، تحت الظروف التهوية الطبيعية. تم تسجيل منحنيات الاستقطاب بمعدل مسح ثابت قدره  $1.66 \text{ mV} / \text{s}$  للمجال  $\pm 325 \text{ mV}$  حول كمون التآكل للعينة المعدنية ( $E_{\text{corr}}$  (Corrosion Potential)، وذلك بعد غمر القطب العامل (Working Electrode) في محلول الاختبار لمدة 66 دقيقة حتى الوصول إلى جهد الدارة المفتوحة .OCP (Open Circuit Potential)

تُعطى فعالية المثبط بالعلاقة 3 [2,4]:

$$\eta\% = \frac{i_{\text{Ccorr}}^0 - i_{\text{Ccorr}}^1}{i_{\text{Ccorr}}^0} \times 100\% \quad (3)$$

حيث  $i_{\text{Ccorr}}^0$  و  $i_{\text{Ccorr}}^1$  قيم كثافة تيار التآكل بغياب ووجود المثبط على التوالي.

### 3 – 3 – 3 مطيافية المقاومة الكهروكيميائية ( electrochemical impedance spectroscopy ) :EIS

تمثل EIS طريقة أساسية لمراقبة التغيرات الكهروكيميائية الموضعية، مع فهم العمليات الفيزيائية التي تحدث على السطح الفاصل معدن-كهليلت، مثل تلك المعلومات المتعلقة بحركية القطب وخصائص السطح والآلية التي يمكن أخذها من مخططات الممانعة [4].  
تم إجراء قياسات المقاومة الكهروكيميائية باستخدام إشارة التيار المتناوب بسعة موجة 32mV (من الذروة إلى الذروة) عند كمون الدارة المفتوحة، في نطاق تردد من 4.5kHz إلى 10mHz. وذلك في خلية نموذجية ثلاثية الأقطاب، في ظروف التهوية الطبيعية عند درجة حرارة المختبر 25°C.

تم حساب درجة الحماية ( $\eta\%$ ) من بيانات EIS باستخدام المعادلة 4 [10]:

$$\eta\% = 1 - \frac{R_{ct}^0}{R_{ct}^1} \times 100 \quad (4)$$

حيث  $R_{ct}^0$  و  $R_{ct}^1$  هي مقاومة نقل الشحنة بوجود وغياب المثبط، على التوالي.

#### 4- النتائج والمناقشة

##### 1-4 نتائج الاختبارات الوزنية

أجريت الاختبارات الوزنية على العينات المعدنية لقياس سرعة التآكل بدون مثبت، وعند وجود تراكيز مختلفة للمثبت ppm (50، 100، 200، 300) ، وذلك للمستخلصات المحضرة G1 و G2 ، وتم حساب درجة الحماية.

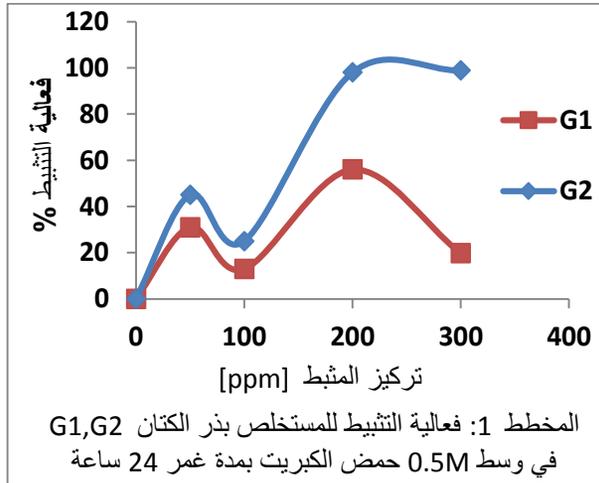
يظهر الجدول 4 نتائج الاختبارات الوزنية للمستخلصين G1 و G2، ويمثل المخطط 1 هذه النتائج بيانياً. لمستخلص G1 في وسط حمض الكبريت 0.5 M

الجدول 4: نتائج الاختبار الوزنية للمستخلصين G1 و G2

تركيز المثبت [ppm]	معدل التآكل [g/cm <sup>2</sup> h <sup>1</sup> ]	درجة الحماية %
<b>لمستخلص G1 في وسط حمض الكبريت 0.5 M</b>		
0	0.838	---
50	0.574	31.5
100	0.730	12.9
200	0.366	56.3
300	0.672	19.8
<b>لمستخلص G2 في وسط حمض الكبريت 0.5 M</b>		
0	0.838	---
50	0.461	45.0
100	0.626	25.3
200	0.011	98.7
300	0.009	99.0

من الجدول 4 يلاحظ أن لكلا المستخلصين أثر تثبيط للتآكل الحمضي للفولاذ الكربوني في وسط 0.5M حمض الكبريت.

لم تؤثر طريقة الاستخلاص على السلوك العام لفعالية المستخلص النباتي مع التركيز، فنرى قمتين عند 50ppm و 200ppm في كلتي الحالتين. يمكن أن يعود هذا السلوك إلى التفاعلات الكهروستاتيكية من تجاذب وتنافر بين المركبات الموجودة في التركيب الكيميائي للمستخلص وأيضاً إلى التفاعلات الكهروستاتيكية بين هذه المركبات وسطح المعدن وعلاقة هذه التفاعلات بالتركيز. فتأثيرات التنافر الكهروستاتيكي قد تعيق وصول مركبات فعالة في تثبيط التآكل إلى سطح المعدن ومشاركتها في زيادة درجة التغطية السطحية في عملية الامتزاز كما نلاحظ عند التركيز 100ppm.



تأثرت درجة الحماية من التآكل التي يؤمنها المستخلص النباتي بشكل كبير بطريقة الاستخلاص، فتميز مستخلص النقع G2 بدرجة حماية أفضل ولا سيما عند التركيز الأمثل 200 ppm (98% مقارنة بـ 56% للمستخلص G1). يمكن أن يعود ذلك إلى إمكانية تخريب بعض المركبات الفعالة تحت تأثير الأمواج فوق صوتية.

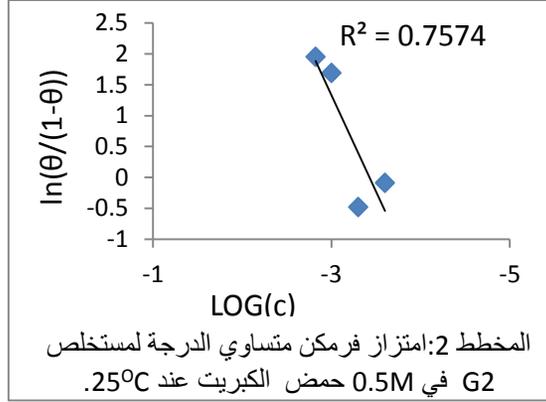
إذاً أعطت عملية الاستخلاص بالنقع مثبباً ذا درجة حماية أفضل لذلك اقتصرنا دراسة آلية التثبيط على هذا المثبط.

## 4-2 دراسة الامتزاز

كثيراً ما يكون امتزاز المكونات الفعالة الخطوة الأولى في التثبيت . وبذلك يتم تفسير الفعل التثبيطي للمستخلصات النباتية غالباً استناداً إلى الامتزاز الجزيئي. يستخدم الامتزاز متساوي الدرجة لوصف تفاعلات جزيئات المثبط مع المواقع النشطة على سطح المعدن. هناك العديد من النماذج الرياضية التي تعبر عن الامتزاز متساوي الدرجة والتي تقدر كمية الامتزاز (أي جزيئات / أيونات المثبطات) على المادة المازة (أي سطح المعدن) عند درجة حرارة ثابتة ، مثل Freundlich ، Frumkin ، Temkin ، Langmuir ، Flory–Huggins ، Bockris –Swinkels . يعرض الجدول 5 المعادلات الرياضية لهذا الامتزاز متساوي الدرجة مع الوصف الموافق.[16,13,8].

الجدول 5: التمثيل الرياضي للامتزاز متساوي الدرجة		
المتساوي الدرجة	النموذج الرياضي	الشكل الخطي
لانغموير	$\log \left( \frac{C}{\theta} \right) = \log C - \log K_{ads}$	$\left( \frac{C}{\theta} \right) \text{ VS } \log C$
فريندليش	$\log \left( \frac{C}{\theta} \right) = \log K_{ads} + n \log(1 - \theta)$	$\log \left( \frac{C}{\theta} \right) \text{ VS } \log(1 - \theta)$
فرمكن	$\log \left( \frac{\theta}{1 - \theta} \right) = \log K_{ads} + y \log (C)$	$\log \left( \frac{\theta}{1 - \theta} \right) \text{ VS } \log C$
تمكن	$\theta = B \log K_{ads} + B \log C$	$\theta \text{ VS } \log C$
هاركن-جورا	$\frac{1}{\theta^2} = \frac{B}{A} - \left( \frac{1}{A} \right) \log C$	$\frac{1}{\theta^2} \text{ VS } \log C$
دوبين-ريدشكفيتش	$\log(\theta) = \log K_{ads} + K_{DR} (\varepsilon)^2$	$\log(\theta) \text{ VS } (\varepsilon)^2$
ايلفوفيتس	$\log \left( \frac{\theta_e}{C} \right) = \log K_e q_m - \frac{\theta_e}{\theta_m}$	$\log \left( \frac{\theta_e}{C} \right) \text{ VS } \frac{\theta_e}{\theta_m}$

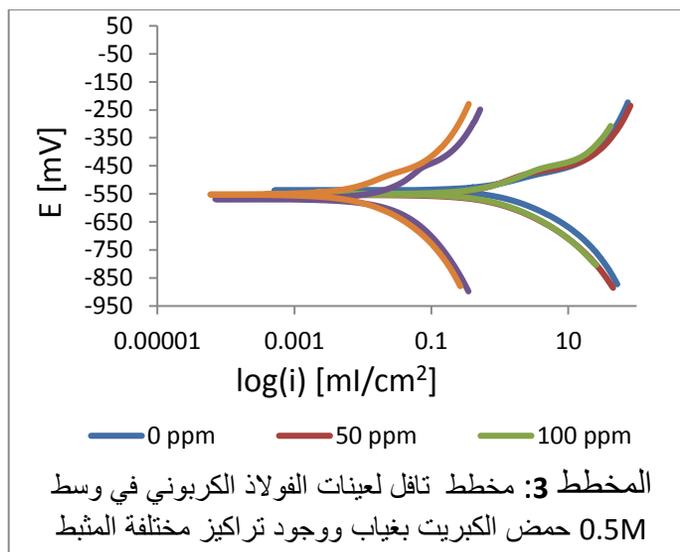
بتطبيق المعادلة الرياضية السابقة المعبرة عن الامتزاز متساوي الدرجة على القيم التي تم الحصول عليها من التجارب الوزنية بالنسبة للمستخلص G2 نجد أنه خاضع لامتزاز فرمكس بمعامل ارتباط  $R^2 = 0.757$  كما يظهر في المخطط 2.



لذا لا يمكن تفسير عملية التنشيط بشكل كامل اعتماداً على الامتزاز متساوي الدرجة، لذلك تم استكمال الدراسة باستخدام تقنيات كهروكيميائية داعمة.

#### 3-4 استقطاب الجهد الحركي PDP

يظهر منحنى الاستقطاب الديناميكي للفولاذ الكربوني في 0.5M من حمض الكبريت بغياب ووجود تراكيز مختلفة من G2 عند 25°C في المخطط 3. تم حساب المؤشرات الكهروكيميائية (كمون التآكل  $E_{corr}$ ، كثافة تيار التآكل  $i_{corr}$ ، الميل في منحنيات تافل للاستقطاب الكاثودي والأنودي ( $\beta_a$ ،  $\beta_c$ ) والتي تظهر في الجدول 6 باستخدام برنامج analysis الملحق بجهاز الاختبار.



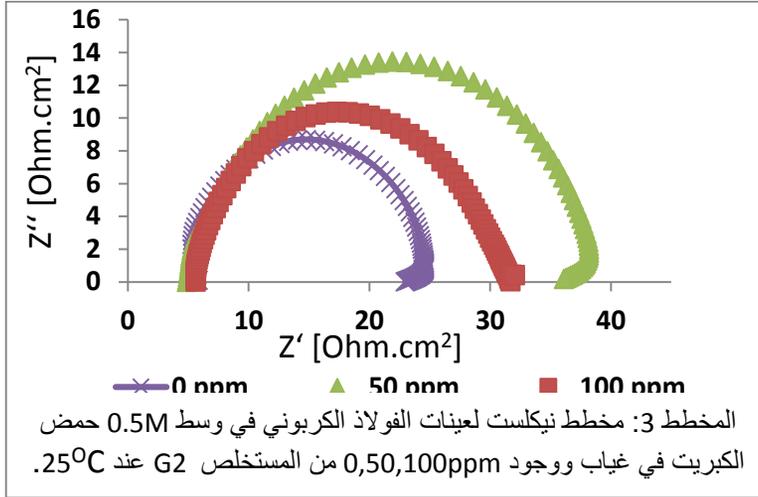
يلاحظ من الجدول أن تغير كمون التآكل بوجود المثبط كان أقل من 75mV عن كمون التآكل بغياب المثبط، إذاً المستخلص G2 مثبط من النوع المختلط. كما يلاحظ أيضاً تغير كبير في قيم ثوابت تافل الأنودية والكاثودية، مما يشير إلى تغير في آلية كل من انحلال الحديد وانطلاق الهيدروجين من خلال مشاركة المثبط. أي أن هناك إمكانية لأن يشكل المثبط معقد مع سطح المعدن يرفع من طاقة التنشيط اللازمة لعملية الانحلال وكذلك انطلاق الهيدروجين. [9,6,3,1].

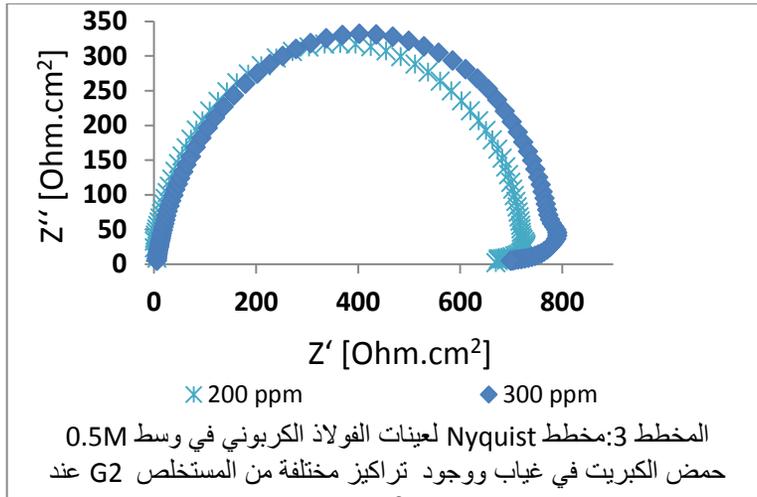
الجدول 6 : مؤشرات مخططات تافل وفعالية التثبيط

تركيز المثبط	كمون التآكل [mV]	كثافة التيار [mA/cm <sup>2</sup> ]	$\beta_a$ [mv/dec]	$\beta_c$ [mv/dec]	فعالية التثبيط E%
0 ppm	-548.0	1.81	140	185	0
50 ppm	-559.9	0.98	88.9	209.6	45.5
100 ppm	-555.6	1.34	126.3	211.9	25.6
200 ppm	-573.3	0.029	206.3	314.4	98.4
300 ppm	-557.9	0.026	226.7	341.7	98.6

#### 4-4 مطيافية المقاومة الكهروكيميائية

تظهر مخططات Nyquist للفولاذ الكربوني في محلول 0.5M حمض الكبريت في غياب ووجود تركيزات مختلفة من المستخلص G2 عند 25°C في المخطط 3. يلاحظ من المخطط 3 أن المخططات البيانية للمقاومة الكهروكيميائية Nyquist في معظم الحالات لا تظهر نصف دائرة مثالية ، بسبب تشتت التردد نتيجة لخشونة السطح أو عدم تجانسه بسبب امتزاز المثبط.





تظهر هذه المخططات أيضا حلقة سعوية واحدة، مما يشير إلى أن عملية تآكل الفولاذ يتم التحكم فيه بشكل أساسي عن طريق عملية نقل الشحنة.

تم تحليل مخطط Nyquist عن طريق توافق البيانات التجريبية مع نموذج دائرة مكافئ بسيط ، والذي يتضمن مقاومة المحلول  $R_s$  وسعة الطبقة المزدوجة  $C_{dl}$  التي يتم وضعها بالتوازي مع مقاومة نقل الشحن  $R_{ct}$  من خلال برنامج analysis أيضا. تظهر بيانات مخطط Nyquist التي تم حسابها في الجدول 7 .

**الجدول 7:** مؤشرات مطيافية المقاومة الكهروكيميائية وفعالية التثبيط

تركيز المثبط	$R_{ct}$ [ $\Omega.cm^2$ ]	$R_{sol}$ [ $\Omega.cm^2$ ]	$C_{dl}$ [ $\mu F$ ]	فعالية التثبيط % E
0 ppm	19.4	5	220	0.00
50 ppm	34.9	2.4	413	44.4
100 ppm	25.6	5.6	700	24.2
200 ppm	734	1.13	9.5	97.3
300 ppm	790	4.12	15	97.5

من الجدول 7 يلاحظ ازدياد مقاومة انتقال الشحنة مع زيادة التركيز المثبط وهذا يتفق مع دراسة الامتزاز ودراسة مخطط تافل من خلال الإمكانية المقترحة لتشكيل المركب الوسطي.

لا نجد سلوك محدد لسعة الطبقة المزدوجة وقد يعود ذلك الى أن الطبيعة المعقدة لتأثير المثبط على الطبقة المزدوجة و ثابت العزل الكهربائي المحلي أي على ترتيب الشحنت داخل الطبقة المزدوجة الكهربائية و على سطح المعدن. [12,2].

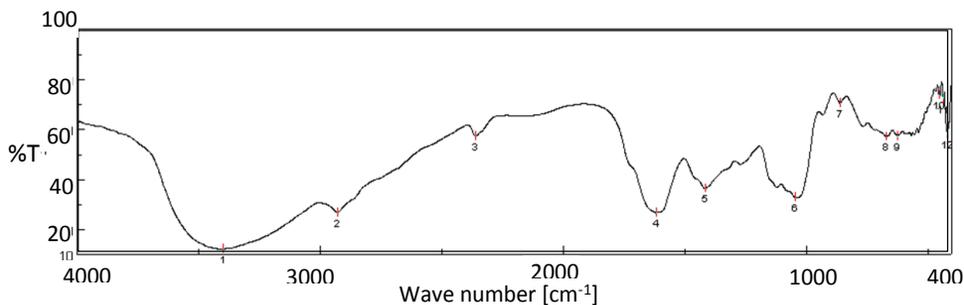
#### 4-5 تحليل FT-IR

تم استخدام تقنية التحليل FT-IR لتقييم تركيبة المستخلص النباتي G2 والتحقق من الروابط والمجموعات الوظيفية الموجودة في المستخلص مدعوماً بالكشف الكيفي للفينولات والفلافونيدات وكذلك الصابونيات.

يظهر تحليل أطياف FT-IR لمستخلص بذر الكتان بالإيثانول بطريقة النقع G2 في المخطط 4. كما تظهر نتائج التحليل الكيفي في الجدول 8.

تُعزى حزمة الامتصاص العريضة والقوية جداً عند عدد الموجة  $3333\text{ cm}^{-1}$  إلى تمدد O - H للمجموعة الفينولية. وتُعزى حزمة الامتصاص عند  $3060\text{ cm}^{-1}$  إلى تمدد C = H غير المشبعة  $SP^2$ . في حين ترتبط حزمة الامتصاص عند  $2926\text{ cm}^{-1}$  بامتطاط الرابطة C-H المشبعة  $SP^3$ . أما حزمة الامتصاص عند  $1731\text{ cm}^{-1}$  إلى اهتزاز التمدد المترافق مع C = O في الحموض الكربوكسيلية.

يُعزى حزمة الامتصاص عند  $1631\text{ cm}^{-1}$  إلى تمدد الرابطة C = C. يمكن أن يعزى النطاقات عند  $1411\text{ cm}^{-1}$  إلى تشوهات الزاوية ل C-H. يُعزى النطاق عند  $1270\text{ cm}^{-1}$  إلى امتداد C-O-C أو N-H في الحموض الأمينية. يمكن تخصيص حزمة الامتصاص عند  $1121-1044\text{ cm}^{-1}$  لتشوهات C-OH.



المخطط 4: أطياف FT-IR لمستخلص بذر الكتان بالإيثانول بطريقة النقع G2

يتفق تحليل FT-IR في المراجع فيما يخص طبيعة الروابط والمجموعات الوظيفية النشطة والفعالة في تثبيط التآكل الحمضي للفولاذ الكربوني. كما تتفق نتائج تحاليل الكشف الكيفية مع العديد من الأبحاث التي أجريت على المستخلصات النباتية كمثبطات للتآكل الحمضي للفولاذ الكربوني بوجود الفينولات والفلافونيدات والتانينات. [13]

الجدول 8: نتائج تحليل الكشف الكيفي ل G2

G2	نوع الكاشف	الكشف عن
+	كلوريد الحديد	الفينولات
+	خلات الرصاص	التانينات
+	محلول كحولي 10% هيدروكسيد البوتاسيوم	الفلافونيدات
-	رج المستخلص بعد إضافة الماء المقطر	التريينات

#### 4-6 دراسة المتغيرات الترموديناميكية و الحركية لعملية التآكل:

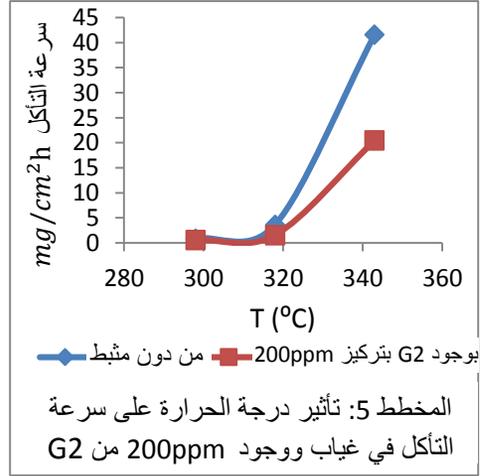
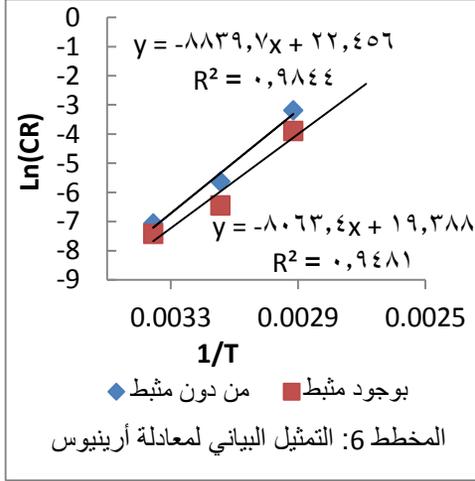
تمت الدراسة الترموديناميكية لعملية التآكل عند ثلاث درجات حرارة مختلفة حيث تم تحديد سرعة التآكل عند درجات الحرارة  $25^{\circ}C$ ,  $45^{\circ}C$ ,  $70^{\circ}C$  بطريقة فاقد الوزن بمدة غمر 2h للمثبط G2 في وسط 0.5M حمض الكبريت.

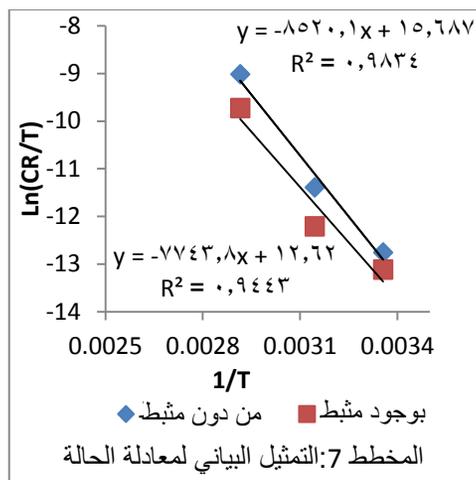
يعرض الجدول 9 والمخطط 5 تأثير درجة الحرارة على سرعة تآكل الفولاذ الكربوني المدروس بغياب ووجود المثبط G2 في 0.5M حمض الكبريت.

**الجدول 9:** سرعة التآكل و فعالية التثبيط بغياب ووجود 200ppm من G2 عند 25,45,70°C بطريقة فقدان الوزن لمدة 2h.

70°C	45°C	25°C	درجة الحرارة
41.57	3.607	0.858	سرعة التآكل بغياب مثبط
20.44	1.573	0.598	سرعة التآكل بوجود المثبط بتركيز 200ppm
50.8	58.4	30.2	فعالية التثبيط

يظهر التمثيل البياني لمعادلة أرينوس لعملية التآكل في وجود وغياب المثبط G2 في المخطط 6. في حين يظهر التمثيل البياني لمعادلة الحالة لعملية التآكل في وجود وغياب المثبط G2 في المخطط 7 .





يعرض الجدول 10 مؤشرات التنشيط للمستخلص G2 في وسط 0.5M من حمض الكبريت بوجود وغياب 200ppm

الجدول 10: مؤشرات تنشيط عمليات التآكل في وسط 0.5M من حمض الكبريت بوجود وغياب 200ppm من مستخلص G2

التركيز	طاقة التنشيط	الانتالبي	الإنتروبي
Ppm	kJ/mol.K	kJ/mol.K	kJ/mol.K
0	73.50	70.83	-0.327
200	67.03	64.37	-0.302

لا بد من الإشارة إلى ازدياد درجة الحماية مع الزمن من 30.2% عند غمر 2h إلى 98% عند غمر 24h. ويمكن تفسير ذلك بإمكانية تفاعل المثبط الممتز على سطح المعدن وفق تفاعل كهروكيميائي، مؤدياً إلى تشكيل منتجات جديدة لها تأثير مثبط أعلى (المركب الوسيط).

يلاحظ من الجدول 9 ازدياد سرعة التآكل الحمضي للفولاذ الكربوني في الوسط المدروس مع ارتفاع درجة الحرارة فمن الجدول 10 نجد تغير الأنتالبية لعملية الانحلال موجبة

الإشارة  $\Delta H = +73.5 \text{ kJ/mol.K}$  أي أنها عملية ماصة للحرارة ومن وجهة نظر الترموديناميك تزداد سرعة العملية مع ارتفاع درجة الحرارة وهذا ما يحدث أيضا بوجود المثبط.

يلاحظ من الجدول 10 أن قيمة طاقة التنشيط بوجود المثبط أقل من غيابه مع زيادة في فعالية التنشيط حيث انخفضت طاقة التنشيط بوجود المثبط G2 بتركيز 200ppm من  $E_a = +73.50 \text{ kJ/mol.K}$  إلى  $E_a = +67.03 \text{ kJ/mol.K}$ . هذا الانخفاض في طاقة التنشيط قد يشير إلى وجود امتزاز كيميائي للمستخلص على سطح الفولاذ الكربوني وهذا ما يدعم تشكل مركب وسطي مثبط-حديد على السطح المعدني ويمكن تفسير هذا أيضا أنه عند الحد الأعلى لدرجات الحرارة ، يزداد السطح المغطى بالمثبط وتصبح الخطوة المتحكمة بانحلال المعدن هي الانتشار من خلال غشاء منتجات التآكل والمثبط. وبذلك يصبح معدل الانحلال كمجموع لمعدلي تآكل ؛ معدل التآكل للسطح المعدني المكشوف ومعدل التآكل على السطح المغطى بالمثبط الممتز. في حالة التغطية السطحية العالية ، لا يكون للعملية الأولى مساهمة كبيرة. في هذه الحالة ، تشتمل آلية التآكل على تفاعل مباشر لجزيئات المثبط مع السطح المعدني ويمكن أن تكون طاقة التنشيط أصغر أو أعلى مما هي عليه في حالة عدم وجود المانع.

كما نجد أيضا أن قيم  $E_a$  أكبر من القيم المماثلة لـ  $\Delta H$  ، مما يشير إلى أن عملية التآكل يجب أن تتضمن تفاعلاً غازياً ، ببساطة تفاعل تطور الهيدروجين ، المرتبط بانخفاض في إجمالي حجم التفاعل.

في حين أن التغيير في الأنتروبي للنظام في وجود وغياب المثبط كان سالب الإشارة مما يشير إلى أن المنظومة تميل أكثر إلى الانتظام بمعنى أن المركب الواسطي للتفاعل ينتج

عن مرحلة اتحاد لتشكيل المعقد لا مرحلة تفكك. مما يعني أن انخفاض الأنتروبية يستمر بالتحول من المواد المتفاعلة إلى المركب الوسطي. [14,5]

## 5- الاستنتاجات والتوصيات

### 5-1 الاستنتاجات

يمكن للمستخلص 50% إيتانول لبذر الكتان أن يعمل على إعاقة وتثبيط التآكل الحمضي للفولاذ الكربوني في 0.5M حمض الكبريت.

1- السلوك العام لفعالية المستخلص النباتي مع التركيز متشابه عند الاستخلاص بطريقتي النقع والأمواج فوق الصوتية.

2- تحقق مستخلصات طريقة النقع نتائج حماية أفضل من التآكل للفولاذ الكربوني. وتصل فعالية الحماية إلى 98% عند التركيز 200 ppm لمستخلص النقع، مقارنة بـ 56% لمستخلص الأمواج فوق الصوتية عند نفس التركيز.

3- تعمل مستخلصات النقع المدروسة كمثبطات امتزاز من النوع المختلط.

4- يخضع امتزاز المستخلصات المدروسة لتابع فرمكس للامتزاز بمعامل ارتباط  $R^2=0.757$  وبذلك لا يمكن أن يعزى فعل التثبيط إلى عملية الامتزاز فقط.

5- يؤدي استخدام المستخلص إلى انخفاض طاقة التنشيط الظاهرية ( $E_a$ ) لانهال الفولاذ الكربوني.

6- يمكن أن يعزى عمل المستخلص كمثبط تآكل للفولاذ الكربوني في المحلول الحمضي إلى تشكل مركب وسطي مثبت-حديد السطح المعدني من خلال الامتزاز الكيميائي.

7- يشير انخفاض الأنتروبية في المنظومة بوجود المثبط إلى الوصول إلى حالة أكثر انتظاماً، أي أن المركب الوسطي يتشكل في عملية ارتباط لا تفكك.

8- يناسب مستخلص النقع درجات الحرارة المتوسطة حيث تحققت أفضل كفاءة تثبيط في مجال الدراسة عند  $45^{\circ}\text{C}$ .

## 5-2 التوصيات

1- استكمال البحث في التطبيق العملي لاستخدام مستخلص بذر الكتان بطريقة النقع G2 في التخزين قصير وطويل المدى لمحاليل حمض الكبريت في خزانات من الفولاذ الكربوني

2- دراسة أثر المستخلصات المائية لبذر الكتان على تآكل الحمض للفولاذ الكربوني.

3- دراسة إمكانية زيادة درجة الحماية مع ارتفاع درجة الحرارة فوق  $45^{\circ}\text{C}$  من خلال أثر التآزر، باستخدام إضافات لاعضوية أو مستخلصات عضوية أخرى صديقة للبيئة.

4- دراسة طبيعة المعقد المتشكل على سطح المعدن لما له من أهمية في فهم عملية التثبيط، وإجراءات تعزيزها.

5- استخدام مستخلص بذر الكتان بطريقة النقع كمثبط للتآكل أثناء عمليات الغسيل الحمضي للمبادلات الحرارية والمراجل.

## 6- المراجع

1. A.M. Alsabagh, M. A. Migahed, M. Abdelraouf and E.A. Khamis, 2014- Utilization of Green Tea as Environmentally Friendly Corrosion Inhibitor for Carbon Steel in acidic media, International Journal of Electrochemical Science, 10(2),1855-1872
2. A.Y. El-Etre, M. Abdallah, Z.E. El-Tantawy, 2005- Corrosion inhibition of some metals using lawsonia extract. Elsevier, Corrosion Science 47 385-395.
3. Abd El-Aziz S.Fouda, Ayman Y. El-Khateeb, Nabila M. Elbahrawi, 2017- Cupressus sempervirens extract as green inhibitor for corrosion of carbon steel in hydrochloric acid solutions, International Journal of Corrosion and Scale Inhibition, 58(2),131-143.
4. Abdenacer Berradja, 2019- Electrochemical Techniques for Corrosion and Tribocorrosion Monitoring: Methods for the Assessment of Corrosion Rates, Corrosion Inhibitors,1-26.
5. Anees A. Khadom , Ahmed N. Abd , Nagham Arif Ahmed ,2018- Xanthium strumarium leaves extracts as a friendly corrosion inhibitor of low carbon steel in hydrochloric acid: Kinetics and mathematical studies, South African Journal of Chemical Engineering, Volume 25, 13-21.

6. Bogumi Eugeniusz Brycki, Iwona H. Kowalczyk, Adrianna Szulc, Olga Kaczerewska and Marta Pakiet, 2018– Organic Corrosion Inhibitors. Corrosion Inhibitors, Corrosion Inhibitors, Principles and Recent Applications, 1 Edition, 4–33.
7. Camila G. Dariva and Alexandre F. Galio, 2014– Corrosion Inhibitors – Principles, Mechanisms and Applications, Developments in Corrosion Protection, 1 Edition, 365–380.
8. HongyuWei, Behzad Heidarshenas, Laishui Zhou, Ghulam Hussain, Qin Li, Kostya (Ken) Ostrikov, 2020– Green Inhibitors for Steel Corrosion in Acidic Environment, State-of-art, Materials Today Sustainability, Volume 10 ,42p.
9. J. P. Flores–De los Ríos, M. Sánchez–Carrillo, C. G. Nava–Dino,2 J. G. Chacón–Nava, J. G. González–Rodríguez, E. Huape–Padilla, M. A. Neri–Flores,1 and A. Martínez–Villafañe, 2015– Opuntia ficus–indica Extract as Green Corrosion Inhibitor for Carbon Steel in 1 M HCl Solution, Hindawi, Volume, Article ID 714692, 9 pages
10. Kadhim, N. Betti, H.A. Al–Bahrani, M.K.S. Al–Ghezi, T. Gaaz, A.H. Kadhum and A. Alamiery, 2021– A mini review on corrosion, inhibitors and mechanism types of mild steel

inhibition in an acidic environment, Int. J. Corros. Scale Inhib. 10, no. 3, 861–884.

11. **Kulthum N., 2020– Study of the effect of some plant extracts on inhibiting the corrosion of carbon steel in an acidic medium. Kasdi Merbah– Ouargla University. 64p.( In Arabic)**
12. Lebe A. Nnanna<sup>1</sup>, Israel O. Owate , Onyinyechi C. Nwadiuko , Nneka D. Ekekwe , Wisdom J. Oji, 2013– Adsorption and Corrosion Inhibition of Gnetum Africana Leaves Extract on Carbon Steel, International Journal of Materials and Chemistry,3(1): 10–16
13. Lekan Taofeek Popoola, 2019– Organic green corrosion inhibitors (OGCIs): a critical review, Corrosion Reviews, 37(2),32p.
14. M. Saadawy,2015– An important world crop – barley – as a new green inhibitor for acid corrosion of steel, Anti-Corrosion Methods and Materials, Volume 62,220–228.
15. Marko Chigondo, Fidelis Chigondo, 2016– Recent Natural Corrosion Inhibitors for Mild Steel: An Overview, Volume 2016, Article ID 6208937, 7 pages.
16. Omnia S. Shehata, Lobna A. Korshed and Adel Attia, 2017– Green Corrosion Inhibitors, Past, Present, and

- Future, Corrosion Inhibitors, Principles and Recent Applications, first Edition, 122–142p.
17. Pierre R. Roberge, 2012– Handbook of Corrosion Engineering, Second Edition, McGraw–Hill, New York, 976p.
18. Yi Fang, Bavithira Suganthan, Ramaraja P. Ramasamy, 2019– **Electrochemical characterization of aromatic corrosion inhibitors from plant extracts**. Elsevier, Volume 840, Pages 74–83.

## دراسة تأثير تغيير بعض المتغيرات التشغيلية على المظهرية النهائية للأقمشة المنسوجة

طالب الدراسات العليا: حلا أحمد آغا

كلية الهندسة الكيميائية والبتروولية - جامعة: البعث

الدكتور المشرف: د. خلدون يوسف د. وائل السلوم

### الملخص

تم في هذا البحث دراسة تأثير المتغيرات التشغيلية لبعض أصناف الأقمشة المنسوجة على مظهريتها اللونية، هذه المتغيرات تتمثل في تغيير لون خيوط الحدف (أحمر، أزرق)، الكثافة الخطية لخيوط الحدف (16، 33) Tex، كثافة خيوط الحدف (10، 15، 20) حدفة/اسم، وكذلك تأثير التركيب النسيجي (سادة، ميرد، ساتان). تم دراسة القيم اللونية باستخدام جهاز المطيافية اللونية (Spectro photo-meter)، أظهرت النتائج أن القيم اللونية لمظهرية القماش تتأثر بشكل ملحوظ بنمرة وكثافة خيوط الحدف، وهذا التأثير يكون أكبر في حالة استخدام خيوط حدف بلون أحمر.

الكلمات المفتاحية: القيم اللونية، التركيب النسيجي، نمرة الخيوط، كثافة الخيوط، المظهرية النهائية للأقمشة المنسوجة.

# Study The Effect of Some Textile Parameters On the Final Appearance of Woven Fabrics

Dr. Khaldon Yosouf, Dr. Wael Al.Salloum

Eng: Hala Ahmad Agha

## Abstract

This paper has investigated the effect of different parameters on the final appearance of a woven fabrics, these parameters include the color of the weft (red, blue), weft count (16, 33) Tex, weft density (10, 15, 20) pick/cm, and the weave pattern (plain, twill, satin). The color values of the fabric samples were measured using Spectro photo-meter, the results indicated that the color values of the fabric are significantly affected by the count and density of the weft yarns, this effect is greater if red weft yarns are used.

**Key words:** color values, weave pattern, yarn count, yarn density, final appearance of woven fabrics

## 1- المقدمة:

إن التطورات التكنولوجية الحديثة اقترنت بالأساليب الجديدة في إنتاج الأقمشة الأكثر كفاءة من حيث النعومة، والمتانة، وقابلية التمدد. إضافة لهذه الخواص تمثل الخاصية الجمالية للقماش عاملاً مهماً في تلبية أذواق المستهلكين وذلك لتناسب أساليب الحياة المختلفة ومتطلبات العصر والموضة الجديدة المتغيرة بصفة مستمرة. أصبحت الأقمشة المنتجة حديثاً تحدياً لخبرات ومهارات وقدرات المصمم الذي يقوم بالتصميم، ومن الضروري أن يكون هناك ارتباطاً بين الأقمشة والملابس أو المفروشات وحاجاتنا بشكل يقود إلى قدر كبير من التباين والتنوع في الأقمشة. [1,2,3]

إن العامل الأهم الذي يجب ملاحظته هو إمكانيتنا الحصول على عدة تصاميم بتأثيرات مختلفة وذلك بتغيير إما في كثافة ونمر الخيوط أو في التركيب النسيجي [4,5] حيث يمكن الحصول على تأثيرات في مظهرية الأقمشة عن طريق اختلاف كثافات الخيوط، فاختلف كثافة خيوط السداء أو الحدف يؤدي إلى اختلاف في نسبة ظهور الخيوط في القماش المنسوج، وبالتالي الحصول على تأثيرات جمالية. [6,7,8]

كما تؤثر نمر الخيوط المستخدمة في النسيج بشكل واضح على مظهره، فمثلاً إعطاء مظهر الشفافية ينشأ نتيجة لاستخدام خيوط رفيعة، كما يمكن إعطاء شكل أضلاع في الأقمشة نتيجة لاختلاف نمر الخيوط والتي يستخدم بها خيوط سداء رفيعة مع خيوط حدف أكثر ثخانة، فينشأ عن ذلك التركيب خطوط مستقيمة واضحة في اتجاه الحدف. [9,10]

## 2- أهمية البحث:

تتمثل أهمية الدراسة في توظيف معطيات العلم والتكنولوجيا في مجال التصميم النسيجي من خلال قياس القيم اللونية للمظهرية النهائية وإمكانية التنبؤ اللوني بمظهرية القماش بناءً على المتغيرات التشغيلية مما يقلل من سوء التفاهم بين مصنعي المنسوجات وعملائهم، وذلك من خلال إبراز الإمكانيات المختلفة للتركيب النسيجية البسيطة (سادة، مبرد، ساتان)، وإمكانية الحصول على تأثيرات جمالية (تغير في قيم المظهرية اللونية النهائية) عن طريق تغيير ألوان ونمر وكثافات خيوط الحدف، وبالتالي المحاولة في إيجاد نسبة تأثير العوامل السابقة على المظهرية النهائية وتوفير الوقت والجهد للمصمم وتوفير الهدر في الطاقة والمواد الناتجة عن تشغيل نول النسيج خلال عمليات التجريب للوصول إلى المظهرية التي تلبى ذوق العميل تماماً.

## 3- أهداف البحث:

سيتم في هذا البحث دراسة العوامل المؤثرة في القيم اللونية للأقمشة المنسوجة من خلال:

- دراسة تأثير كثافة ونمر خيوط الحدف على المظهرية النهائية للقماش.
- دراسة تأثير التركيب النسيجي على المظهرية النهائية للقماش.
- دراسة تأثير ألوان خيوط الحدف على المظهرية النهائية للقماش.
- دراسة تأثير معامل الملء على المظهرية النهائية للقماش.

## 4- مواد وطرائق البحث:

تم تصنيع العينات باستخدام نول Picanol المزود بجهاز فتح النفس من نوع الجاكارد، وذلك بالإعتماد على برنامج Ned Graphics في تصميم العينات واختيار التركيب النسيجية وإضافة إعدادات الجاكارد، ولدراسة تأثير المتغيرات السابقة تم إنتاج مجموعتين من العينات المصنوعة من خيوط البوليستر والمنسوجة بتركيب نسيجية (سادة 1/1، مبرد 1/4، ساتان 5/2) مصنوعة من:

أ. خيوط سداء بلون أبيض كثافة خطية Tex 16 وكثافة خيوط warp/cm 44 وخيوط حذف بلون أحمر كثافة خطية (16 و 33) Tex وكثافة خيوط (10 و 15 و 20) حدفة اسم

ب. خيوط سداء بلون أبيض كثافة خطية Tex 16 وكثافة خيوط warp/cm 44 وخيوط حذف بلون أزرق كثافة خطية (16 و 33) Tex وكثافة خيوط (10 و 15 و 20) حدفة اسم

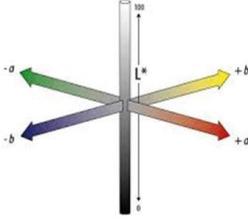
يعتمد اختيار ألوان خيوط الحذف كون اللونان (الأحمر والأزرق) يقعان في موقعين متعاكسين تماماً ضمن محاور الفضاء اللوني.

لمعرفة وإدراك مدى التغيير اللوني للعينات وكذلك لإدراك قيمة اللون للعينات المنسوجة يجب تحديد موقع هذا اللون الناتج عن تعاشق خيوط السداء والحذف بتركيب نسيجي معين ومتغيرات تشغيلية معروفة مسبقاً في الفضاء اللوني. يتم ذلك بواسطة جهاز spectro-photo meter وهو جهاز يعتمد في مبدأ عمله على قياس كمية الضوء التي تمتصها العينة وبالتالي تحديد موقع العينة في الفضاء اللوني. [11,12]

تم إجراء تجارب القيم اللونية على جهاز spectro photo-meter باستخدام الطيف الضوئي Flash SF 600Plus-CT، وفقاً للمعيار EN ISO 105-JO1 الذي يمثل المبدأ العام لقياس القيم اللونية على السطح، [13,14,15] حيث تم أخذ القياسات ضمن الشروط التالية:

- زاوية القياس  $10^\circ$
- ابعاد عدسة القياس  $d/8^\circ$
- الإضاءة القياسية D65
- انعكاس المرآة - تشغيل
- القيم المقاسة  $L^*, a^*, b^*, C, h$

حيث:



a: محور اللون الأخضر والأحمر الذي يتراوح بين القيمة 80- اللون الأخضر و 80+ اللون الأحمر.

b: محور اللون الأزرق والأصفر الذي يتراوح بين القيمة 80- اللون الأزرق و 80+ اللون الأصفر.

L: محور سطوع اللون الذي يمثل قيمة اللون الأبيض، الأسود والذي يتراوح بين القيمة 0 والتي تمثل اللون الأسود والقيمة 100 التي تمثل اللون الأبيض. [13]

H (Hue): تشير إلى المادة الملونة أو الصبغة التي تحدد هذا اللون، رياضياً توصف بأنها الزاوية من محور الأخضر-الأحمر. [13] ويتم حسابها من المعادلة التالية:

$$H = \arctan(a^*/b^*) \quad (1)$$

C (Croma): تشير إلى قوة ودرجة تشبع اللون، رياضياً هي مسافة اللون من محور الأبيض والأسود. [13] ويتم حسابها من المعادلة:

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (2)$$

كما تم إجراء جميع القياسات على مساحة دائرية مفتوحة بقياس 9 مم، ومن ثم تمت معالجة القياسات عن طريق حساب قيم  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$   $\Delta E$  CIE للتحقق من مقدار وصحة اختلاف اللون بين العينات [13,14,15] وذلك باستخدام المعادلات التالية:

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad (3)$$

$$\Delta L^* = L_{\text{sample}}^* - L_{\text{standard}}^* \quad (4)$$

$$\Delta a^* = a_{\text{sample}}^* - a_{\text{standard}}^* \quad (5)$$

$$\Delta b^* = b_{\text{sample}}^* - b_{\text{standard}}^* \quad (6)$$

## 6- النتائج والمناقشة:

### 6-1- تأثير كثافة خيوط الحدف على تغير القيم اللونية للمظهرية:

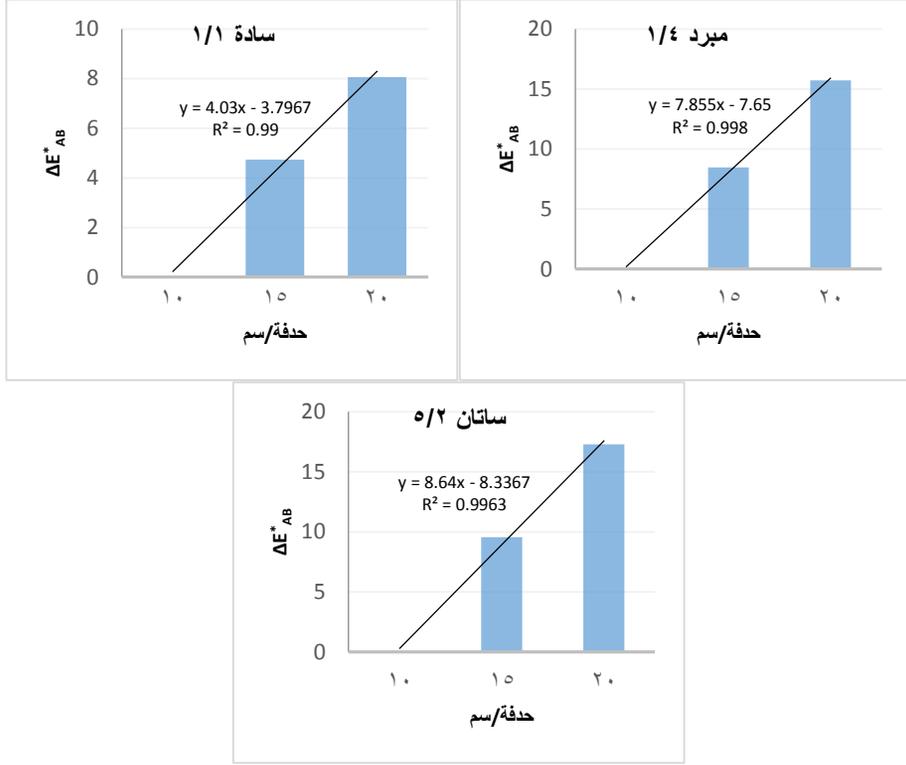
#### 6-1-1 خيوط الحدف باللون الأحمر:

تم إجراء التجارب باستخدام خيوط حدف بلون أحمر وكثافة خطية 16 Tex مع تغيير كثافة خيوط الحدف. لحساب قيمة  $\Delta E^*_{ab}$  تم اعتبار العينة المرجعية من كل تركيب نسيجي بحيث تكون العينة المنفذة بالنمرة والكثافة الأصغر. النتائج موضحة في الجدول (1) وفي الشكل (1).

الجدول (1) نتائج القيم اللونية للعينات المنتجة بخيوط حدف لون أحمر وكثافة خطية 16 Tex

$\Delta E^*_{ab}$	H	C	$b^*$	$a^*$	$L^*$	الكثافة	التركيب
0	15.43	8.23	2.19	7.93	72.31	10	سادة 1/1
4.73	16.30	11.59	3.25	11.12	68.97	15	سادة 1/1
8.06	18.01	15.19	4.69	14.44	65.40	20	سادة 1/1
0	19.38	15.92	5.28	15.02	66.40	10	ساتان 5/2
9.55	20.35	23.28	8.10	21.83	60.32	15	ساتان 5/2
17.28	21.71	29.68	10.98	27.58	55.98	20	ساتان 5/2
0	20.14	15.84	5.45	14.87	65.59	10	مبرد 1/4
8.47	20.63	22.64	7.98	21.18	60.53	15	مبرد 1/4
15.71	21.91	29.27	10.92	27.16	55.95	20	مبرد 1/4

دراسة تأثير تغيير بعض المتغيرات التشغيلية على المظهرية النهائية للأقمشة المنسوجة



الشكل (1) مخططات بيانية توضح تأثير كثافة الحدف على تغير القيم اللونية للمظهرية وذلك للعينات المصنوعة بلون حدف أحمر وكثافة خطية Tex 16

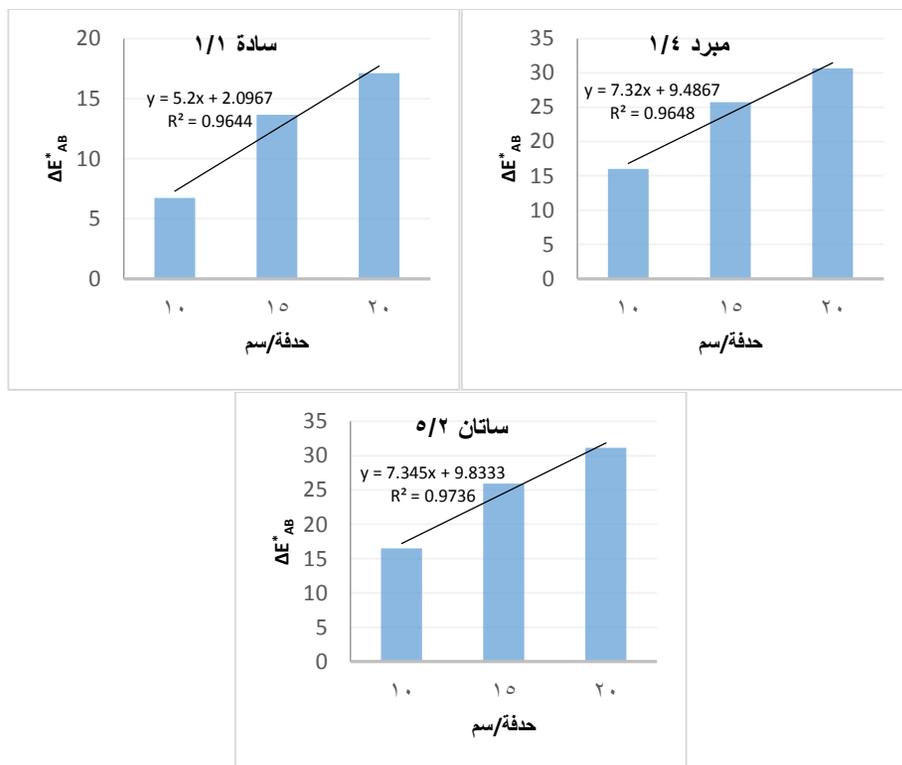
من خلال الجدول والمخطط نلاحظ:

- زيادة كثافة خيوط الحدف بمقدار 5 خيوط في واحدة القياس نلاحظ تغير في قيم المظهرية اللونية بمقدار 4 درجات للسادة و 7 درجات للمبرد أما بالنسبة للساتان تتغير القيم اللونية بمقدار 8 درجات.
- مقدار اختلاف القيم اللونية للتركيب النسيجية المبرد والساتان أكبر بحوالي الضعف من التركيب النسيجي السادة ويعود ذلك إلى التشييف الكبير لخيوط الحدف في التركيب النسيجية المبرد والساتان بالمقارنة مع السادة.

أما بالنسبة للعينات المنتجة بخيوط حدف بكثافة خطية Tex 33 فإن النتائج موضحة في الجدول (2) وفي الشكل (2).

الجدول (2) نتائج القيم اللونية للعينات المنتجة بخيوط حذف لون أحمر وكثافة خطية Tex 33

$\Delta E^*_{ab}$	H	C	$b^*$	$a^*$	$L^*$	الكثافة	التركيب
6.72	18.96	13.14	4.27	12.42	67.75	10	سادة 1/1
13.65	20.26	18.26	6.32	17.13	63.10	15	سادة 1/1
17.12	20.17	20.63	7.11	19.36	60.54	20	سادة 1/1
16.48	23.11	28.96	11.37	26.64	56.42	10	ساتان 5/2
25.92	24.35	37.14	15.32	33.84	51.66	15	ساتان 5/2
31.17	25.42	41.93	18.00	37.87	49.43	20	ساتان 5/2
16	23.49	29.27	11.67	26.86	57.01	10	مبرد 1/4
25.74	25.25	37.50	15.99	33.91	51.83	15	مبرد 1/4
30.64	26.06	41.84	18.38	37.59	49.59	20	مبرد 1/4

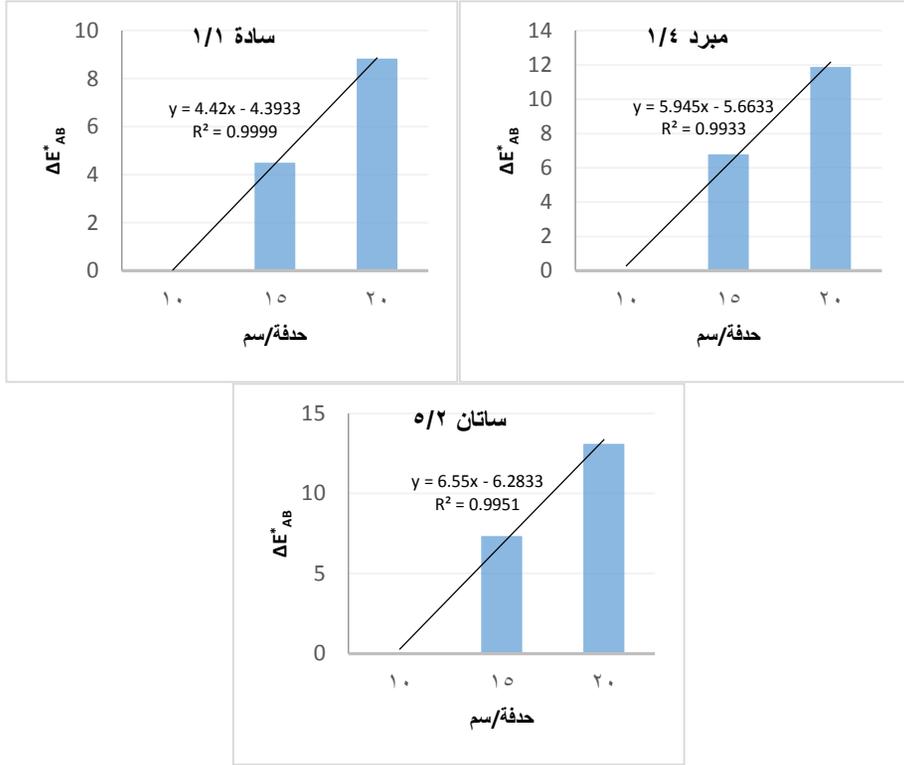


الشكل (2) مخططات بيانية توضح تأثير كثافة الحذف على تغير القيم اللونية للمظهرية وذلك للعينات المصنوعة بلون حذف أحمر وكثافة خطية Tex 33

ولوحظ هنا أيضاً أنه بزيادة كثافة خيوط الحدف بمقدار خمسة خيوط في واحدة القياس يزداد تغير القيم اللونية 5 درجات بالنسبة للسادة، وكما في الحالة السابقة تكون هذه الزيادة بشكل أكبر بالنسبة لكل من العينات المنتجة بتراكيب نسيجية مبرد وساتان.

### 6-1-2 خيوط الحدف باللون الأزرق:

بنفس الطريقة السابقة نبين النتائج بالنسبة للعينات المنتجة باستخدام خيوط حدف بلون أزرق وكثافة خطية 16 Tex.

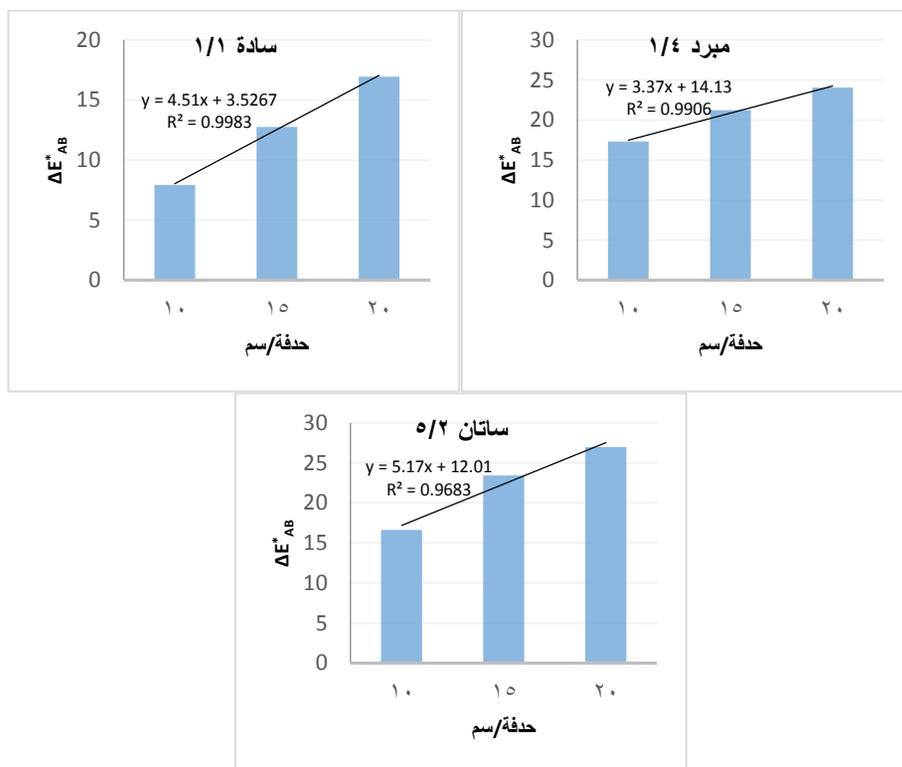


الشكل (3) مخططات بيانية توضح تأثير كثافة الحدف على تغير القيم اللونية للمظهرية وذلك للعينات المصنوعة بلون حدف أزرق وكثافة خطية 16 Tex

نجد تقارب في قيم الاختلاف اللوني الناتجة عن زيادة كثافة خيوط الحدف للعينات المصنوعة بتراكيب نسيجية سادة ومبرد وساتان وذلك بسبب درجة الإشباع الكبيرة التي يتمتع بها اللون الأزرق وتأثيره الواضح على القيم اللونية.

كما نلاحظ تقارب في قيم الاختلاف اللوني بالمقارنة مع العينات المنتجة بلون أحمر بشكل واضح في التركيب النسيجي السادة، أما بالنسبة للتركيب النسيجية المبرد والساتان فظهر تأثير تغيير لون خيط الحدف بشكل أكبر وذلك بسبب التشييف الكبير لخيوط الحدف في الحياكة، وبالتالي ظهور تأثير اختلاف درجات التشعب والخصائص اللونية للونين الأزرق والأحمر بشكل أكبر.

أما بالنسبة للعينات المنتجة بخيوط حدف بكثافة خطية 33 Tex فكانت النتائج كما تظهرها المخططات التالية:



الشكل (4) مخططات بيانية توضح تأثير كثافة الحدف على تغير القيم اللونية للمظهرية وذلك للعينات المصنوعة بلون حدف أزرق وكثافة خطية 33 Tex

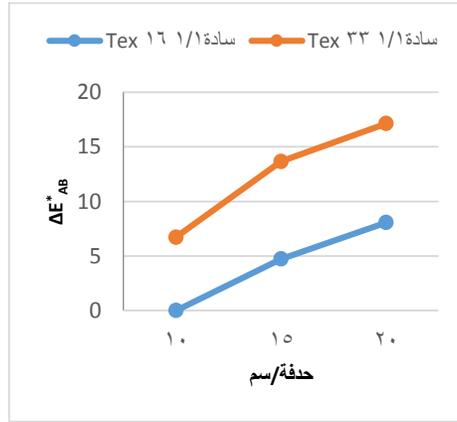
إن مقدار الاختلاف في المظهرية اللونية كان أقل بالمقارنة مع خيوط الحدف باللون الأحمر والمنتجة بنفس الكثافة الخطية 33 Tex ويمكن تفسير ذلك بالتشبع الكبير للون الأزرق وتأثيره الواضح بالمقابل مع خيوط السداء ذات اللون الأبيض.

كما لوحظ وجود تباعد في القيم اللونية للتراكيب النسيجية المبرد والساتان بمقدار درجتين وذلك بالمقارنة مع القيم اللونية للعينات المنتجة بخيوط حدف بلون أحمر، وذلك بسبب التباين الكبير بين لون الحدف الأزرق ولون السداء الأبيض اللذان يقعان في مناطق متعكسة في الفضاء اللوني مما سبب ظهور الخط المبردي الناتج عن لون السداء بشكل أوضح على وجه العينات وتأثيره على القيم اللونية والمظهرية النهائية.

#### 6-2- تأثير نمرة خيوط الحدف على تغير القيم اللونية للمظهرية:

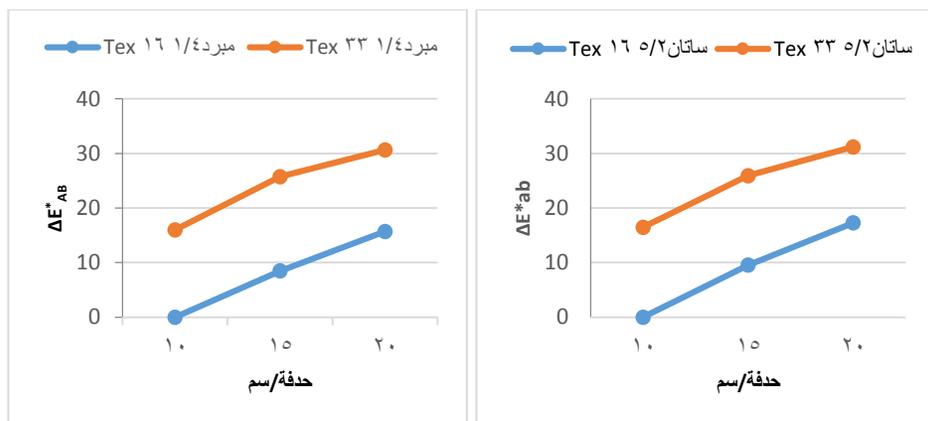
#### 6-2-1 خيوط الحدف باللون الأحمر:

لدراسة تأثير النمرة على المظهرية النهائية للعينات المنتجة من خيوط حدف بلون أحمر وبالاعتماد على النتائج السابقة المبينة في الجداول (1) و(2) نجد:



الشكل (5) مخطط يوضح تأثير تغيير النمرة للعينات السادة المنتجة بخيوط حدف لون أحمر

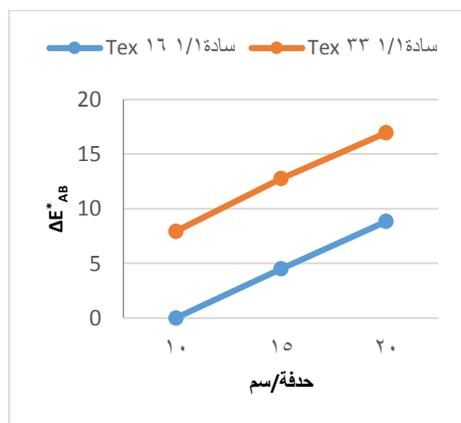
نلاحظ من الشكل البياني (5) أنه بزيادة النمرة بمعدل الضعف (من 16 إلى 33 Tex) يزداد مقدار اختلاف القيم اللونية المعبرة عن مظهرية القماش بتركيب نسيجي سادة بمقدار 6 درجات تقريباً.



الشكل (6) مخطط يوضح تأثير تغيير النمرة للعينات المبردة والساتان المنتجة بخيوط حدف لون أحمر من الشكل (6) نلاحظ وجود تقارب في مقدار اختلاف المظهرية الناتجة عن تغيير نمرة خيط الحدف بالنسبة للتركيبين النسيجيين المبردة والساتان، حيث بزيادة نمرة خيوط الحدف بمعدل الضعف يزداد مقدار الاختلاف اللوني حوالي 16 درجة وهو ما يمثل تقريبا ثلاثة أضعاف التغير اللوني الناتج عند اختيار التركيب السادة وذلك نظراً للتشبيف الكبير الموجود في التركيب النسيجية الساتان والمبردة بالمقارنة مع التركيب السادة.

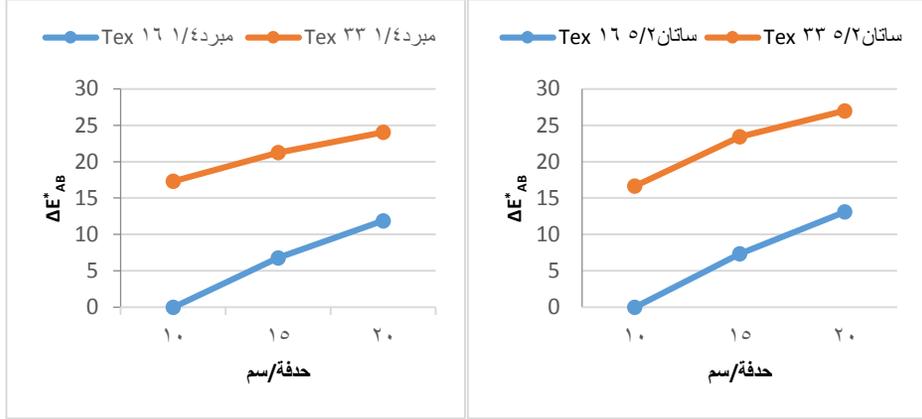
### 6-2-2 خيوط الحدف باللون الأزرق:

اما بالنسبة للعينات المنتجة بلون حدف أزرق وبالاعتماد على النتائج السابقة نجد المخططات التالية:



الشكل (8) مخطط يوضح تأثير تغيير النمرة للعينات السادة المنتجة بخيوط حدف لون أزرق

نلاحظ من المخطط السابق وباستخدام خيوط حذف بلون أزرق أنه بزيادة نمرة خيط الحذف بمقدار الضعف تزداد قيم الاختلاف اللوني بمقدار 8 درجات للقماش السادة.



الشكل (9) مخطط يوضح تأثير تغيير النمرة للعينات المبرد والساتان المنتجة بخيوط حذف لون أحمر

نجد من المخططين السابقين انه بزيادة نمرة خيوط الحذف بمعدل الضعف تزداد قيم الاختلاف اللوني بمقدار 16 درجة تقريباً وهي نتيجة متماثلة مع التي حصلنا عليها للعينات المصنوعة بخيوط حذف لون أحمر.

### 3-6- دراسة معامل التغطية هندسياً:

يمكن قياس معامل التغطية في اتجاه السداء والحذف وكذلك معامل التغطية الكلي للقماش بالاعتماد على المعادلات التالية: [5,7]

$$C_1 = \frac{[2(d_1 \times d_2) + 4d_1(p_2 - d_2)]}{2p_1 \times 2p_2} \times 100 \quad (7)$$

$$C_2 = \frac{[2(d_1 \times d_2) + 4d_2(p_1 - d_1)]}{2p_1 \times 2p_2} \times 100 \quad (8)$$

$$C_f = C_1 + C_2 \quad (9)$$

حيث:

$C_1$ : معامل التغطية لخيوط السداء

$C_2$ : معامل التغطية لخيوط الحذف

$C_f$ : معامل التغطية الكلي للقماش

$d_1$ : قطر خيط السداء

$d_2$ : قطر خيط الحدف

$P_1$ : المسافة بين خيطين سداء

$P_2$ : المسافة بين خيطين حدف

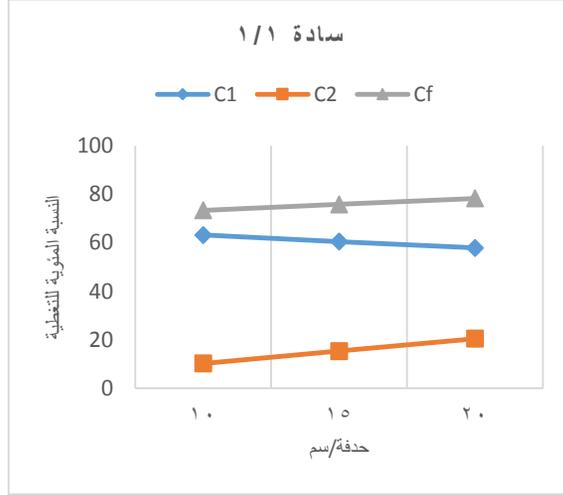
بتطبيق القوانين السابقة على العينات المنتجة باستخدام خيط حدف بنمرة Tex 16 كانت

النتائج كما هي موضحة في الجدول (3) التالي:

الجدول (3) جدول يوضح معامل الملء لخيوط السداء والحدف ومعامل الملء للقماش للعينات

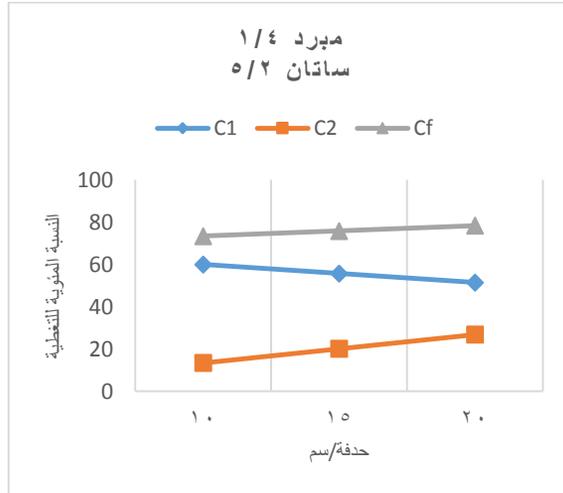
المصنوعة بكثافة خطية Tex 16

التركيب	الكثافة	$C_1$ %	$C_2$ %	$C_f$ %
سادة 1/1	20	57.85	20.45	78.3
سادة 1/1	15	60.5	15.35	75.8
سادة 1/1	10	63.17	10.22	73.4
ساتان 5/2	20	51.45	26.83	78.3
ساتان 5/2	15	55.70	20.14	75.8
ساتان 5/2	10	59.98	13.42	73.4
مبرد 1/4	20	51.45	26.83	78.3
مبرد 1/4	15	55.70	20.14	75.8
مبرد 1/4	10	59.98	13.42	73.4



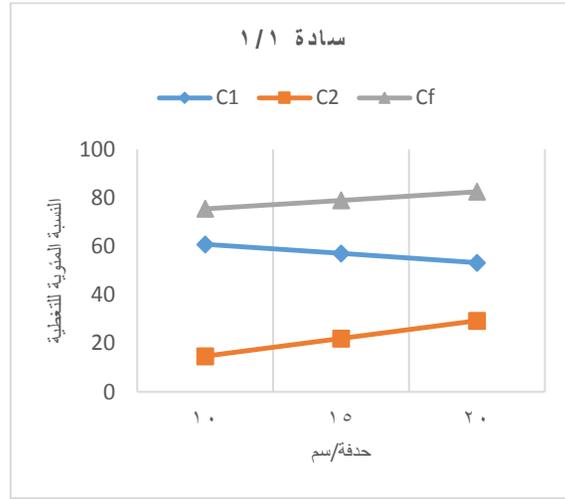
الشكل (11) مخطط يوضح معامل الملء لخيوط السداء والحذف ومعامل الملء للقماش وذلك للعينات المصنوعة بتركيب نسيجي سادة 1/1

المخطط السابق يوضح تأثير زيادة كثافة خيوط الحذف على معامل ملء خيوط السداء والحذف على وجه القماش وتأثيرها على معامل التغطية الإجمالية، حيث نجد أنه بزيادة كثافة خيوط الحذف بمقدار 5 خيوط في واحدة القياس تنقص معامل تغطية خيوط السداء بمعدل 5% تقريباً، ويزداد معامل تغطية خيوط الحذف بمعدل 10%.



الشكل (12) مخطط يوضح معامل الملء لخيوط السداء والحذف ومعامل الملء للقماش وذلك للعينات المصنوعة بتركيب نسيجي ميرد 1/4 وساتان 5/2

نجد تطابق في معامل التغطية لخيوط السداء والحدف في التراكيب النسيجية المبرد والساتان وذلك كون الطريقة الهندسية في التنبؤ اللوني تعتمد على قياس مساحة تغطية كل لون من ألوان الحياكة وذلك تبعاً لعدد التقاطعات ما بين خيوط السداء والحدف دون الأخذ بعين الاعتبار توزع التقاطعات وتأثيرها في المظهرية النهائية في الواقع. تصل أعلى تغطية إجمالية  $C_f$  باستخدام خيوط حدف بنمرة 16 Tex إلى 78% وذلك عند الكثافة 20 لجميع التراكيب النسيجية. أما بالنسبة للعينات المنتجة باستخدام خيط حدف بنمرة 33 Tex كانت النتائج موضحة في الشكل التالي:

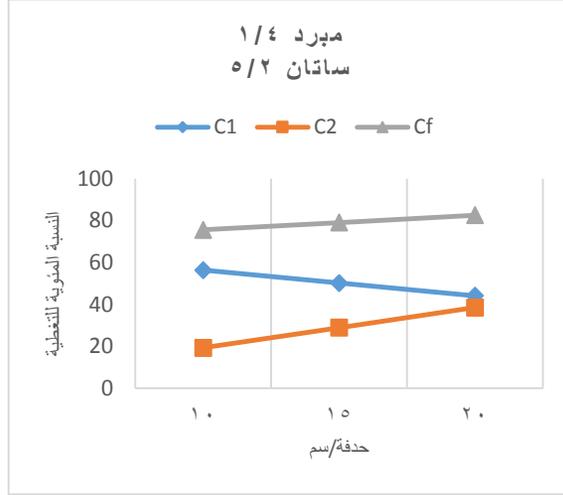


الشكل (13) مخطط يوضح معامل الملء لخيوط السداء والحدف ومعامل الملء للقماش وذلك للعينات المصنوعة بتراكيب نسيجية سادة 1/1

نلاحظ أنّ بزيادة نمرة خيوط الحدف إلى 33 Tex تكون أعلى تغطية إجمالية للخيوط  $C_f$  82% أي أعلى بأربع درجات مئوية من العينات المنتجة بخيوط حدف بنمرة 16 Tex

بزيادة كثافة خيوط الحدف من (10-20) حذفة/سم ينخفض معامل تغطية خيوط السداء  $C_1$  بمعدل 7%، بينما يرتفع معامل تغطية خيوط الحدف  $C_2$  حوالي 14% تقريباً.

## دراسة تأثير تغيير بعض المتغيرات التشغيلية على المظهرية النهائية للأقمشة المنسوجة



الشكل (12) مخطط يوضح معامل الملاء لخيوط السداء والحذف ومعامل الملاء للقماش وذلك للعينات المصنوعة بتركيب نسيجي ميرد 1/4 وساتان 5/2

نلاحظ من المخطط السابق أنه بزيادة كثافة خيوط الحذف في التركيب النسيجية الساتان والمبرد تنقص نسبة ظهور خيوط السداء  $C_1$  بمعدل 12%، وترتفع نسبة ظهور خيوط الحذف  $C_2$  بمعدل تقريبي 19%، وذلك بسبب تشييف خيط الحذف فوق 4 خيوط سداء. نلاحظ لجميع العينات أن نسبة ظهور خيوط السداء أكبر من نسبة ظهور خيوط الحذف وذلك بسبب فرق الكثافة الكبير.

## 7- النتائج:

كخلاصة عامة المظهرية النهائية للأقمشة المنسوجة تعتمد بشكل أساسي على نوع التركيب النسيجي المستخدم وألوان خيوط السداء والحدف بالإضافة إلى نمرة وكثافة خيوط السداء والحدف.

- القيم اللونية لمظهرية القماش تتأثر بشكل ملحوظ بالعلاقة مع نمرة وكثافة خيوط الحدف.
- مقدار اختلاف القيم اللونية نتيجة تغيير كثافة ونمرة خيوط الحدف أكبر بالنسبة للعينات المنتجة بخيوط حدف لون أحمر.
- المظهرية النهائية للعينات المصنوعة باستخدام التركيب النسيجي الساتان هي الأكثر تأثراً بتغيير المتغيرات التشغيلية (نمرة وكثافة خيوط الحدف).
- يوجد تقارب في قيم اختلاف المظهرية اللونية ما بين العينات المصنوعة باستخدام التراكيب النسيجية المبرد والساتان وذلك كونها تحتوي على نفس عدد التشبيفات لخيوط الحدف فوق خيوط السداء.
- بزيادة كثافة ونمرة خيوط الحدف يزداد معامل تغطية خيوط الحدف وينقص معامل تغطية خيوط السداء.
- تطابق نتائج معامل الملء في التراكيب النسيجية المبرد والساتان وذلك كون الطريقة الهندسية في الحساب تعتمد على قياس مساحة تغطية كل لون من ألوان الخيوط تبعاً لعدد التقاطعات بين خيوط السداء والحدف دون الأخذ بعين الاعتبار توزع هذه التقاطعات.
- تؤثر زيادة كثافة ونمرة خيوط الحدف على زيادة معامل تغطية خيوط الحدف في العينات المبرد والساتان بشكل أكبر من السادة.
- يزداد معامل التغطية الإجمالي للقماش بزيادة كثافة ونمرة خيوط الحدف.

## 8- التوصيات:

- دراسة تأثير تغيير لون خيوط السداء في قيم المظهرية النهائية للقماش ومقارنتها مع عينات البحث.
- دراسة تأثير نوع الصباغ والخامة لخيوط السداء والحدف (قطن، حرير، ..) على القيم اللونية.
- دراسة تأثير التراكيب النسيجية المركبة والمعقدة على المظهرية النهائية.
- إيجاد نموذج رياضي يساعد على التنبؤ بالمظهرية اللونية للقماش انطلاقاً من البارامترات التشغيلية.

9- المراجع العلمية:

- [1] QURESHI,M BUTT,R ARFEEN,M AKRAM,N 2022 Fully Automatic Weave Identification in Woven Fabrics Using Digital Image Processing, **Department of Textile Engineering**, vol 20,1 – 6
- [2] GUARNERA,G HALL,P CHESNAIS,A GLENCROSS,M 2017 Woven Fabrics Model Creation From Single Image. **ACM Transactions On Graphics**, vol 10,3 – 15
- [3] MENDOZA,A TRULLO,R WIELHORSKI,Y 2021 Descriptive Modeling Of Textiles Using FE Simulations And Deep Learning. **Composites Science And Technology**, vol 4,10 – 27
- [4] BEHERA,B HARI,P 2010 **Woven Textile Structure**. Cambridge,UK 462p
- [5] MATHUR,K HINKS,D SEYAM,A DONALDSON,R 2009 Towards Automation Of Color/Weave Selection In Jacquard Design: Model Verification. **Fiber And Polymer Science Program**, vol 34,3 - 8
- [6] MATHUR,K SEYAM,A 2011 Color and Weave Relationship in Woven Fabrics. **Advances In Modern Woven Fabrics Technology InTech**, 24p
- [7] HUANG,M FU,C 2018 Applying Image Processing To The Textile Grading Of Fleece Based On Pilling Assessment. **Fibers**, vol 6, 73 – 14
- [8] GOODE,A TOWNSEND,K 2011 **Textile Design Principles, Advances And Applications**. Cambridge,uk 411p
- [9] DIMITROVSKI,K GABRIJELČIČ,H 2004 Correction Of Color Values Of Woven Fabrics Using Changes To Constructional Parameters. **AUTEX Research Journal, Vol 4,4 - 7**
- [10] KHAN,B WANG,Z HAN,F IQBAL,A MASOOD,R 2017 Fabric Weave Pattern And Yarn Color Recognition And Classification Using Deep ELM Network. **Algorithms**, vol 10,117 – 13
- [11] GABRIJELČIČ,H DIMITROVSKI,K 2004 Influence of Yarn Count and Warp and Weft Thread Density on Color Values of Woven Surface. **FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe, Vol 12,1 - 8**
- [12] MATHUR,K 2006 **COLOR PREDICTION MODEL FOR JACQUARD TAPESTRY WOVEN FABRICS**. Raleigh, North Carolina 289p

- [13] DIMITROVSKI,K GRUM,U KOSTAJNŠEK,K 2018 Influence of Weave and Densities on Visual Appearance of Woven Fabrics Made From Two Colored Yarns. Researchgate, Vol 8,17 - 11
- [14] CHAE,Y 2015 **COLOR AND COLOR APPEARANCE PREDICTION FOR JACQUARD WOVEN FABRICS.** Hong Kong Polytechnic University Institute of Textiles and Clothing 242p
- [15] SHANBEH,M KHALILI,H HAJRASOULIHA,J SHIASI.A 2014 Evaluation of Color Difference, Whiteness, and Luster of Multifilament Polyester Woven Fabrics. Journal of Engineered Fibers and Fabrics, Vol 9,3 - 8

## دراسة تأثير استخدام مواد صديقة للبيئة على خصائص الأقمشة المعالجة لتأخير اللهب

المهندسة عهد النجار (دكتور عضو هيئة فنية)

قسم هندسة الغزل والنسيج - كلية الهندسة الكيميائية والبتروولية - جامعة البعث

### ملخص البحث:

تم في هذا البحث دراسة خصائص الأقمشة القطنية المعالجة باستخدام قشور البيض ومقارنتها بخصائص الأقمشة المعالجة كيميائياً لتأخير اللهب وتضمنت الخصائص بالإضافة لتأخير اللهب خصائص وظيفية مثل مقاومة البلل ومقاومة التجعيد وخصائص ميكانيكية كمقاومة التمزق والصلابة. بالإضافة إلى العينة المرجعية A ، المجموعة B تحتوي عينات تمت معالجتها باستخدام معقدات الفوسفور، والمجموعة C تحتوي عينات تمت معالجتها باستخدام قشور البيض و التقنيات التقليدية والمجموعة D تمّ فيها تطبيق قشور البيض على العينات باستخدام تقنية التغطية. اجريت اختبارات تأخير اللهب واختبارات مقاومة الاحتكاك ومقاومة الحجرة ومقاومة التمزق واختبارات الصلابة بالإضافة لاختبارات التصوير الضوئي . أثبتت تجارب تأخير اللهب أن استخدام قشور البيض كان فعّالاً بالمقارنة مع معقدات الفوسفور مع ضرورة مراعاة خصائص القماش من حيث الملمس، حيث أعطى اختبار الصلابة أثاراً سلبية يمكن تجاوزها من خلال ضبط كميات قشور البيض وطحنها بشكل أكبر . ولكن بالمقارنة الأثار السلبية لاستخدام معقدات الفوسفور وضررها المتوقع على الأقمشة، إلى جانب المشاكل الاقتصادية المرتبطة بتوفير المواد الكيميائية بالمقارنة مع استخدام قشور البيض المتوفرة في الوسط المحيط فإن إعادة تدوير قشور البيض من نفايات إلى مواد مؤخره للهب له الكثير من الإيجابيات على المستوى البيئي والاقتصادي.

**الكلمات المفتاحية:** تأخير اللهب، قشور البيض، معقدات الفوسفور، مقاومة البلل، مقاومة التمزق ، مقاومة الاحتكاك والاهتراء، مقاومة التجعيد، التصوير الضوئي

## Studying the effect of using environmentally friendly materials on the properties of fabrics treated for flam retardation

### Abstract

In this search, the properties of cooten fabrics treated using eggshells were studied and compared with the properties of chemically treated fabrics to produce flame retardant cotton fabrics and included an addition to the flame retardant functional properties .Such as water repellent, wrinkle resistance, and mechanical properties such as tear resistance and hardness . In addition to the reference sample A, the collection contains samples phosphorous complexes B.Th group C contains samples were treated with the eggshells using conventional techniques, and the group D was used to apply eggshells to the samples, coating methods. The flame retardant tests, abrasion and grain resistance and tear resistance tests and hardness tests were performed in addition to functional photometric tests, and the results were good for samples of fabrics treated with eggshell, as the samples retained their flame retardation properties. Flame retardant experiments proved that the use of eggshells was effective compared to phosphorous complexes, taking into account the properties of the cloth in terms of texture. the results that were given by experiments using of chemicals in addition to reducing the negative effects of using phosphorous complexes and their expected damage to fabrics, in addition to the economic problems associated with the provision of chemicals compared to the use of eggshells available in the surrounding environment, that is, recycling eggshells from waste to flame retardant materials has many advantages on the environmental and economic level .

**Keyword :** flame retardant, eggshells , phosphorous complexes , ,water repellent, abrasion and grain resistance, tear resistance, hardness ,wrinkle resistance, photometric.

**1 . مقدمة :**

تتالت الأبحاث التي استخدمت مواد متعددة كيميائية لمعالجة الأقمشة القطنية لرفع مقاومتها لانتشار اللهب، إلا أن معالجة الأقمشة القطنية لزيادة تأخير اللهب باستخدام مواد كيميائية اصطناعية له العديد من القيود السمية، والأخطار البيئية من حيث قابلية التحلل البيولوجي، بالإضافة للمصدر غير المتجدد والمكلف. لذلك كان الاتجاه لاستخدام مواد طبيعية في المعالجات بدلاً من المواد الكيميائية وذلك لمزاياها مثل: (التكلفة المنخفضة، وغير السامة، وسهولة المعالجة، وقلّة تآكل المواد أثناء المعالجة، والصديقة للبيئة بسبب قابليتها للتحلل البيولوجي).

في بحث سابق [1] تم إنتاج أقمشة قطنية مؤخرّة لانتشار اللهب باستخدام قشر البيض لتحل محل المواد الكيميائية المضادة للهب حيث يحتوي قشر البيض على معادن مقاومة للهب مثل كربونات الكالسيوم والفسفور والبتوتاسيوم والزنك. وفي هذا البحث سوف ندرس بعض خصائص الأقمشة المعالجة لتأخير اللهب باستخدام قشور البيض، وذلك بهدف معرفة تأثير المعالجات باستخدام المواد الطبيعية على بعض خصائص الأقمشة الوظيفية والميكانيكية، عن طريق مقارنتها بالأقمشة المعالجة بمواد كيميائية لتأخير اللهب.

**1-1 أهمية استخدام المواد الطبيعية وبقاياها في المعالجات النهائية****للأقمشة القطنية:**

إن الغرض من المعالجات النهائية للأقمشة هو تحسين مظهرها ونوعيتها وإكسابها خواص مرغوبة تعطي المظهر والملمس والأداء الملائم للاستخدام النهائي، ويتم تصنف عمليات الإنهاء الى أنواع مختلفة اعتماداً على وظيفة وطبيعة الأقمشة وديمومة

المعالجة، ومن عمليات الإنهاء الشائعة المطبقة لمعظم الأقمشة القطنية بهدف تحسين مظهرها ولمسها ، عمليات القصر أو التبييض تحضيراً لعمليات الصباغة والطباعة و أيضاً عمليات الإنهاء مثل مقاومة البلل ومقاومة التجعيد وتأخير اللهب وغيرها. في البداية تم استخدام مواد موجودة في الطبيعة مثل النشاء وغيرها لمعالجات الأقمشة القطنية لكن وبمرور الوقت وبسبب قلة الموارد الطبيعية واستنزافها من جهة، وضرورة الحفاظ عليها من أجل الأمن الغذائي العالمي ، بدأ التفكير باصطناع مواد تخفف من استهلاك المواد الطبيعية ، فوجدت الأنزيمات المستخدمة للكحت أو إزالة النشاء ، وعولجت الأقمشة القطنية بمواد كيميائية مختلفة وذلك لإكسابها خصائص وظيفية جديدة كتأخير اللهب ومقاومة البلل ومقاومة التجعيد. حالياً وبسبب الدراسات المتتالية التي بينت خطورة أو حتى سمية بعض هذه المواد الكيميائية حيث أن هناك دول وضعت معايير شديدة بهذا الخصوص ومنعت استخدام بعض المواد الكيميائية كونها مواد مسرطنة مثل الفورم ألدهيد المستخدم في المعالجات لمقاومة التجعيد . وتضمنت المواصفة ASTM (P-N الحد الأعلى المسموح به من الآزوت والفوسفور ) [4,2].

هذا إلى جانب التكلفة العالية لمثل هذه المواد وخاصة في الدول التي تقوم باستيرادها، فكان لا بد من ايجاد الحلول البديلة ،فجاءت فكرة إعادة تدوير بعض النفايات الطبيعية مثل قشور الجوز وقشور البيض التي استخدمت كمواد مدعمة أو مواد تعمل على زيادة تأخير اللهب[6].أو الاستفادة من النواتج الثانوية لبعض المعالجات مثل الدراسة التي بحثت في تعديل الديكسترينات وهي نواتج التحليل الأنزيمي للسكاكر المعقدة ، والتي تستخدم في عمليات التنشئة للمنتجات النسيجية النهائية لتحسين ملمسها [7] .

**1-2 أهمية استخدام قشور البيض في المعالجات النهائية:**

تعد قشور البيض وأغشيتها نواتج ثانوية وكذلك تحتوي على مركبات حيوية فعالة ، إن هذه النواتج الثانوية التي سوف ترمى في البيئة سوف تشارك في تلوثها .تشكل قشور البيض مع أغشيتها 10.2 % من البيضة الكلية [9,10] ، إذ تحتوي على كاربونات الكالسيوم بشكل أساس ( $CaCO_3$ ) فضلاً عن احتوائها على البروتينات والكربوهيدرات بكميات قليلة ، ونتيجة لتركيبها الكيميائي الغني بالعديد من العناصر المهمة أصبح لها دوراً مهم في مجالات عديدة منها مجال التسميد بسبب احتوائها على الكاربون بشكل أساس وعناصر أخرى مثل الفوسفور و المغنيزيوم بكميات أقل ، وبسبب محتوى القشور من الكالسيوم استعملت في مجالات التغذية والصحة العامة ، إذ تضاعف كمدعمات للأغذية ولا سيما الحليب ومنتجاته لتقوية العظام .إن الطبيعة المسامية لقشور البيض والطبيعة الليفية للبروتينات المكونة للأغشية الداخلية جعلتها من بين المواد الجاذبة المؤهلة للاستعمال لفعاليتها العالية لامتناز الصبغات والايونات فضلاً عن ذلك فإن عملية تحضيرها قليلة التكلفة إلى حد بعيد [8] . ومن هنا جاءت فكرة المعالجة النهائية للأقمشة باستخدام قشور البيض، حيث بحث في دراسة سابقة [1] الاستفادة من مخلفات قشور البيض التي ترمى كنفايات في البيئة والتي تمثل إحدى ملوثاتها في إنتاج مواد لتأخير اللهب . [8] ولتأكيد أهمية هذه الدراسات كان من الضروري التعمق في خصائص الأقمشة المنتجة من حيث خصائصها الوظيفية والميكانيكية كونه كان أحد المقترحات والتوصيات الأساسية لتلك الدراسات [1,8]. توضح الدراسات البيئية أن بعض المواد الكيميائية المستخدمة لتأخير اللهب والتي وجدت في الأنسجة البشرية و في البيئة لها تأثيرها السلبي على الصحة البشرية، وتسبب الحساسية ، وتهيج الجلد كما انها باهظة الثمن ومن هذه المواد الكيميائية : ( Oxide Aziridinlyphosphate APO ) أكسيد الأزيردين الفوسفات، ( UREA ) اليوريا، DAP ، (Hydroxyl Phosphonium)

هيدروكسيل الفوسفونيوم . وغيرها من المواد الكيميائية المضادة للحرائق الاصطناعية لذلك كان من المهم البحث عن مواد مقاومة للحريق طبيعية أو غير اصطناعية بديلة [2,1]. لذلك كانت فكرة استخدام قشر البيض كمثبط للحريق الطبيعي لأنه عبارة عن مادة حيوية تحتوي 95% من كربونات الكالسيوم وعلى مواد عضوية مثل الكولاجين والسكريات الكبريتية وعلى معادن فوسفور كربونات البوتاسيوم و الكالسيوم و غيرها من المواد التي أن تحدث تأخيراً في مقاومة انتشار اللهب. ومن جهة اخرى أثبتت العديد من الدراسات أن قشر بيض الدجاج هو منتج ثانوي زراعي تم إدراجه في جميع أنحاء العالم كواحدة من أسوأ المشاكل البيئية في حال عدم تدويره ، خاصة في تلك البلدان حيث صناعة منتجات البيض متطورة جيداً. وإن تحويل هذه النفايات إلى مواد مفيدة أي إعادة تدويرها يقلل أيضاً من التلوث البيئي الذي يحدث بسبب تعرض قشر البيض لفترة طويلة من التحلل الكامل مما يعطي رائحة كريهة للمجتمع القريب. الميزة الأخرى لاستخدام قشر بيض الدجاج أنه متوفر بكميات كبيرة و خفيفة الوزن و عالية الاستقرار الحراري كما أنه غير مكلف وصديق للبيئة عند إعادة تدويره. [3,2,1]

### 1-3 تأثير استخدام قشور البيض في المعالجات النهائية لتأخير اللهب على

#### خصائص الأقمشة:

بالرغم من خصائص الراحة الكبيرة التي يتمتع فيها القطن في اللباس إلا أن خصائصه في مقاومة الحريق، حدّ من مجال استخدامه في المناطق الخطرة المعرضة للنار. لذلك كان الاتجاه السائد هو تحسين خصائص القطن في مقاومة اللهب، وكان الاتجاه الأكبر حالياً بسبب غلاء وعدم توفر المواد الكيميائية وأضرارها المتعددة ومن أجل البيئة هو استبدال قشور البيض مكان المواد الكيميائية حيث يحتوي قشر البيض على معادن مقاومة للهب مثل كربونات الكالسيوم والفوسفور والبوتاسيوم والزنك. [1,9,10,1]

أظهرت الأبحاث في هذا المجال أن النسيج المعالج باستخدام قشر البيض أعطى قابلية منخفضة للاشتعال مقارنة بالنسيج غير المعالج بالإضافة لذلك يكون شكل النسيج المعالج رماداً وفحماً في حين أن النسيج الغير معالج ينتج فقط رماداً و حرقاً بالكامل حيث كان انتشار الحريق (1.4 ، 40مم/ الثانية) للأقمشة غير المعالجة و المعالجة على التوالي. [1, 2]

-كانت الدراسات السابقة [1,8] توصي بأهمية إجراء اختبارات تتعلق بالملمس وسماكة الطبقات لقشور البيض وخصائص مقاومة التمزق والاحتكاك بالإضافة لبعض الخصائص الوظيفية كمقاومة البلل او الترطيب والانسدادية ،مع ضرورة إجراء بعض الصور المجهرية إن أمكن لمعرفة طريقة ارتباط قشور البيض على القماش ،وأيضاً اختبارات الغسيل والثباتية ، بهدف معرفة تأثير استخدام قشور البيض على بعض خصائص القماش من حيث راحة الاستخدام أو هدف الاستخدام .

## 2. هدف البحث:

إن الهدف من هذا البحث هو دراسة تأثير المعالجات لتأخير اللهب باستخدام قشور البيض على بعض الخصائص الميكانيكية والوظيفية للأقمشة القطنية، وذلك مقارنة مع عينات معالجة لتأخير اللهب باستخدام مواد كيميائية . لإيجاد حلول بديلة ومتجددة وصديقة للبيئة وتؤدي الخصائص الوظيفية المطلوبة للأقمشة.

## 3 . مواد وطرق البحث:

### 3-1 خطة البحث :

- 1 - تم تجهيز عينات من الأقمشة (سيرد توصيفها لاحقاً) تجهيزاً أولياً .
- 2 - تم تحضير مجموعتين من أوساط معالجة نهائية مناسبة ،الأولى تحوي معقدات الفوسفور، والثانية تحوي قشور البيض ومواد أخرى مساعدة ومساهمة في تحسين

الخصائص المطلوبة للقماش . ثم تم تطبيق أوساط المعالجة على العينات القماشية المجهّزة مسبقاً باستخدام الطرق التقليدية.

3- تمت عمليات التجفيف والتعيق باستخدام المجفف.

4- استخدام اختبار ساندريس لتحديد فعالية تأخير اللهب باستخدام قشور البيض وذلك بالمقارنة مع استخدام المواد الكيميائية.

5- إجراء اختبارات مقاومة التمزق واختبارات مقاومة الاحتكاك والحببة.

6- إجراء اختبارات على المجهر الضوئي.

7- اختبار تحديد النشوية (صلابة القماش).

8- إجراء اختبارات مقاومة البلل ومقاومة التجعيد .

9- إجراء اختبارات الغسيل .

10- مقارنة النتائج للعينات المعالجة مع العينات المرجعية والعينات المغسولة.

### 3-2 أجهزة التحليل والاختبار :

2- عسارة الفولار .

4- مجفف كهربائي.

5- جهاز قياس التمزق.

6- جهاز قياس الأقمشة للحببة والاهتراء Martindal

7- المجهر الضوئي

8- جهاز قياس زاوية التجعيد.

### 3-3 المواد الأولية :

(1) أقمشة قطن خام .

(2) فوسفات الصوديوم :  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

(3) فوسفات رباعي الصوديوم المائية :  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

4) بوراكس  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  Di-Sodium tetraborate

5) ثلاثي فينيل الفوسفين: درجة انصهارها ( $78-81^\circ\text{C}$ )

6) فوسفات الأمونيوم :  $(\text{NH}_4) \text{H}_2\text{PO}_4$

7) اليوريا

8) حمض الفوسفور تركيزه (85 %) وكثافته (1.7 غ/مول).

9) ماءات الصوديوم.

10) ماء أوكسيجيني ومثبت ماء أوكسيجيني.

11) قشور بيض دجاج.

12) ماء مقطر.

13) حمض الخل.

14) حمض الليمون.

3-4 طرق البحث:

3-4-1 تحضير و تجهيز قشور البيض :

- جمع قشور البيض :جمعت قشور البيض الغير مسلوق من محلات

الحلويات المحلية ومن الاستخدامات اليومية من المنزل .

- تنظيف قشور البيض و تعقيمه :تمت عمليات نزع الأوساخ و التعقيم و الشطف في

جهاز الأمواج فوق الصوتية ( **Ultrasound** ) على دفعات مع إضافة ملح الليمون و

سائل للجلي يحتوي على معطر ليمون مع معقم مناسب .

- التجفيف : بواسطة تعريضه للهواء و الشمس ثم بجهاز التجفيف.

- الطحن : تم طحن قشور البيض بواسطة ماكينة طحن البقوليات ثم

إعادة طحنها بواسطة الخلاط لنحصل على بودرة ، ثم طحنها للبودرة

مرة ثانية على الخلاط ، والشكل (1) يوضح كيف تحولت قشور البيض إلى بودرة بعد عمليات الطحن لثلاث مرات.



### الشكل (1): قشور البيض بعد الطحن

-اختيار المذيب الأنسب : تم استخدام حمض الفوسفور وحمض السيتريك (وهنا

استخدمنا عصير الليمون كبديل طبيعي) لإذابة قشور البيض المطحونة. [1]

### ملاحظة هامة:

إن عمليات جمع وتنظيف وتجفيف قشور البيض لم تكن بالعملية الصعبة أو الطويلة ، وذلك لأنه بعد الجمع للأكياس وهي ثلاثة أكياس كل كيس 3 كيلو من قشور البيض ، يتم وضعها في حوض جلي عادي أو في حوض جهاز الأمواج فوق الصوتية بنسبة ليتر من سائل الجلي مع معطر الليمون بنسبة 25 مل ليتر لكل الكميات السابقة من قشور البيض وبعد الغسيل تم تعريضها للشمس لمدة ( 18 ساعة ) أي حتى الجفاف التام ، ثم عملية الطحن على مطحنة الحبوب ، ثم الطحن على الخلاط وكان المنتج النهائي هو تقريباً كل 3 كيلو من قشور البيض هو 2 كيلو من قشور البيض المطحون ، وهو مردود ممتاز مع الأخذ بعين الاعتبار استبعاد المتسخ جداً وأيضاً البقايا من عمليات الطحن ، وعليه كفترة زمنية استغرق العمل ما بين (7-10) أيام ما بين جمع وغسيل وتجفيف وطحن، علماً أن الطحن للمرة الثانية على الخلاط كان عند الحاجة فقط.

**3-4-2 تحضير العينات وتجهيزها:** تم إجراء عمليات الغسيل والتنظيف والتبييض

للأقمشة القطنية. [1] والجدول ( 1 ) يوضح العينات المستخدمة.

بالنسبة للعينة الخام تتمتع بما يلي من حيث مواصفات ونمرة الخيوط:

مبرد 1\2 ونمرة السداء 16 والحدف 12 كنمرة مترية ، وكثافة خيوط السداء بالسّم هو 36 خيط وكثافة الحدف بالسّم 18، ووزن متر المربع 292 غ.

### الجدول (1). يبين رموز العينات المستخدمة في التجارب

رمز العينة	نوع المعالجة التي تعرضت لها العينات	توصيف العينات
A1	مرجعية مجهزة	عينة مبرد مبيضة بوزن متر مربع 220.2 غ/م <sup>2</sup>
B2	معالجة باستخدام معقدات الفوسفور	عينة مبرد مبيضة بوزن متر مربع 201 غ/م <sup>2</sup>
B3	معالجة باستخدام معقدات الفوسفور	عينة مبرد مبيضة بوزن متر مربع 208 غ/م <sup>2</sup>
B4	معالجة باستخدام معقدات الفوسفور	عينة مبرد مبيضة بوزن متر مربع 217.7 غ/م <sup>2</sup>
B5	معالجة باستخدام معقدات الفوسفور	عينة مبرد مبيضة بوزن متر مربع 179.11 غ/م <sup>2</sup>
C6	معالجة باستخدام قشور البيض مع اليوريا (تقليدية)	عينة مبرد مبيضة بوزن متر مربع 237.7 غ/م <sup>2</sup>
C7	معالجة باستخدام قشور البيض بدون يوريا (تقليدية)	عينة مبرد مبيضة بوزن متر مربع 253.7 غ/م <sup>2</sup>
C8	معالجة باستخدام قشور البيض وعصير الليمون (تقليدية)	عينة مبرد مبيضة بوزن متر مربع 167.2 غ/م <sup>2</sup>
D9	معالجة باستخدام قشور البيض بطريقة التغطية	عينة مبرد مبيضة بوزن متر مربع 287.8 غ/م <sup>2</sup>
D10	معالجة باستخدام قشور البيض بطريقة التغطية	عينة مبرد مبيضة بوزن متر مربع 336.1 غ/م <sup>2</sup>

### 3-4-3 تجارب تحضير أوساط المعالجة النهائية وتطبيقها على القماش: [4,3,2]

#### 3-4-3-1- التجربة 1 :

عينات المجموعة (B)(B2,B3,B4,B5) ، باستخدام معقدات

الفوسفور PERS

\*المواد المستخدمة والكميات :

1-المادة المؤخرة للهب ( فوسفات الأمونيوم ) للعينة B2 ، و( ثلاثي ميثيل الفوسفين )

للعينة B3، و( فوسفات الصوديوم ) للعينة B4، و( البوراكس ) للعينة B5 ، حيث تمت

إضافة المادة المؤخرة للهب بمقدار 200 غ/ل .

2- اليوريا بمقدار 50 غ/ل.

3- حمض الفوسفور بمقدار 100 غ/ل بتركيز 85% وكثافة 1.7 غ/ل، أي كل 100 مل ماء مقطر نضيف 14 مل من حمض الفوسفور.

4- الماء المقطر كل 1 غ عينة تقابل 100 مل ماء مقطر  
نسبة المحلول 1:100

\*تحضير حوض المعالجة : تمت المعالجة وفق الطريقة غمر-تجفيف-تعتيق (pad-dry-cure)

- 1- تم وزن العينة ثم حساب كمية الماء المقطر المطلوب .
- 2- تمت إضافة للماء المقطر 20 غ من المادة المؤخرة للهب ( فوسفات الأمونيوم ، ثلاثي فينيل الفوسفين ، بوراكس ، فوسفات الصوديوم )
- 3- تمت إضافة اليوريا 5 غ/ل
- 4- تمت إضافة 14 مل حمض الفوسفور ، ثم التسخين حتى الانحلال التام مع الانتباه لتغطية العين وخاصة عند استخدام ثلاثي فينيل الفوسفين
- 5- تم سكب محلول التشريب فوق العينة وتركها تغلي لمدة ( ربع ساعة أو عشر دقائق) مع التغطية والتحرك حتى لا تترسب المواد وتحترق أو تلتصق
- 6- تم تجفيف العينة إما بالمكواة أو المجفف عند درجة حرارة 90° .
- 7- التعتيق في المجفف (120°c) درجة لمدة 5 دقائق ،أو (130°c) درجة لمدة 3 دقائق.

### **3-4-2- التجربة 2 :**

عينات المجموعة C (C6)، تمت معالجتها باستخدام قشور البيض إلى جانب اليوريا باستخدام الطريقة التقليدية ( طريقة الغمر والتجفيف والتعتيق )، أما العينة (C7) تمت معالجتها باستخدام قشور البيض بدون اليوريا باستخدام الطريقة التقليدية ( طريقة الغمر والتجفيف والتعتيق).

-تمّ تحضير (50 غ يوريا ، 20 غ قشور البيض ، 70 مل حمض الفوسفور ، 500 مل ماء مقطر ) بداية تمّ إذابة قشور البيض بـحمض الفوسفور في حوض عند الدرجة (80 °) ثم ماء مقطر مع اليوريا في حوض آخر عند درجة حرارة الغرفة وعند ملاحظة ذوبان قشور البيض تمّت إضافة محلول اليوريا بالماء المقطر ثم وضعت العينة داخل الحوض المذكور على السخان الكهربائي وعند وصول الحوض للدرجة 80° تضبط لمدة 15 دقيقة ومن ثم تزال العينة من الحوض ، ويتم غسلها بالماء البارد، وتجفف بالمكواة وتعنى عند الدرجة (120°C) لمدة 3 دقائق في المجفف .

**العينة C8:** يوزن 20 غ من قشور البيض وتذاب في 200 مل من عصير الليمون ويمدد المحلول بالماء المقطر والمغلي حتى 500 مل. ثم غمرت العينة داخل الحوض ووضعت على السخان الكهربائي لمدة 15 دقيقة في درجة الغليان ومن ثم تزال العينة من الحوض ، ويتم غسلها بالماء البارد، وتجفف بالمكواة وتعنى عند الدرجة (120°C) لمدة 3 دقائق في المجفف .

### **3-4-3-2- تجرية 3: [3] طريقة التغطية بقشور البيض مجموعة**

العينات D(D10,D9)

**العينة D9** تم تحضير مستحلب الميثيل ميتا كريات وذلك باستخدام 30 مل ميثيل ميتا كريات و (0.5 غ) فوق كبريتات الأمونيوم ووضعهم في بيشر على السخان الكهربائي عند الدرجة (80°C) ليتشكل لدينا محلول حليبي هلامي مع لانتباه لعدم حدوث تصلب للمحلول، ثم يضاف خليط قشور البيض والفوسفور (20 غ من قشور البيض مع 200 مل من عصير الليمون و 100 مل ماء مقطر) الى مستحلب الميثيل ميتا كريات وتوضع على السخان الكهربائي حتى الوصول إلى الدرجة 80 لنحصل على معجونة، تدهن العينة D9 بالمعجونة الناتجة بواسطة المقشطة لفرد المعجونة على

العينة بشكل كامل وتجفف بالمكواة ثم توضع في جهاز التعتيق لمدة 3 دقائق عند الدرجة (120°) .

العينة D10: تمت إذابة قشور البيض 20 غ في 70 مل حمض الفوسفور و 200 مل ماء مغلي . ويحضّر في حوض آخر 30 مل من مستحلب ميتيل ميتا كريلات و 0.5 فوق كبريتات الأمونيوم مع 100 مل ماء، تم إضافة خليط قشور البيض والفوسفور الى خليط ميتيل ميتا كريلات مع فوق كبريتات الأمونيوم ووضعهم على السخان الكهربائي حتى الوصول إلى الدرجة (80°د) حتى الحصول على معجونة، تدهن العينة D10 بالمعجونة الناتجة بواسطة المقشطة لفرد المعجونة على العينة لمرة واحدة بشكل كامل وتجفف بالمكواة ثم توضع في جهاز التعتيق لمدة 3 دقائق عند الدرجة (120°) .

#### 4-النتائج:

#### 4-1 اختبارات تأخير اللهب

تم القيام بتحديد خصائص مقاومة اللهب حسب اختبار ساندرس ، يشتمل الاختبار الذي قام به Sanders على تقريب شعلة اللهب لمدة ثلاث ثواني من عينات اختبار أبعادها (3.5×10) إنش معلقة بشكل عمودي ويتم اعتبار أن العينة قد تحطت هذا الاختبار بنجاح إذا كان:

1- طول الاحتراق المتوسط (في حال الانصهار أو الاحتراق ) لخمس عينات لا يتعدى (7 إنش) والذي يساوي 17.5 سم.

2- ولا عينة تحترق بطولها الكامل.

3- ألا يتخطى زمن الاحتراق الثانوي (RFt) لكل عينة مفردة مدة 10 ثواني ، وتسمى العينات التي فشلت في تحقيق الشرط الثالث

ب RFt failures .والجدول (2) يبين النتائج [4,2,1].

## الجدول (2): نتائج تاخير الهب

نتيجة الاختبار	ملاحظات	(زمن التوهج)	طول الاحتراق (mm)	رقم التجربة
فاشلة	تحترق كامل العينة			<b>A1</b>
ناجحة	لم تحترق	0 ثانية	5mm	<b>B2</b>
ناجحة	لم تحترق	0 ثانية	1mm	<b>B3</b>
ناجحة	لم تحترق	0 ثانية	1mm	<b>B4</b>
ناجحة	لم تحترق	0 ثانية	3mm	<b>B5</b>
ناجحة	بعد إبعاد اللهب انطفأت	3 ثواني	6mm	<b>C6</b>
ناجحة	بعد إبعاد اللهب تنطفئ	1 ثانية	1mm	<b>C7</b>
فاشلة	-	80 ثانية	15mm	<b>C8</b>
ناجحة	لم تحترق	0 ثانية	0 mm	<b>D9</b>
ناجحة	لم تحترق	0 ثانية	3 mm	<b>D10</b>

## 4-2-اختبارات مقاومة التمزق:

يحتوي جهاز التمزق على مجموعة من الأوزان مما يجعلها مناسبة لاختبار عينات أخف مثل الورق..وهو جهاز مقاوم للتآكل ولديه دقة في قياس معدل التمزق ويتألف من :

- 1 شاشة رقمية لعرض النتيجة.
- 2 فكين لوضع العينة .
- 3 مقبض على الأطراف.
- 4 سكين للقطع.
- 5 أزرار لتحديد القوة .



الشكل ( 2 )جهاز قوة التمزق [8,4]

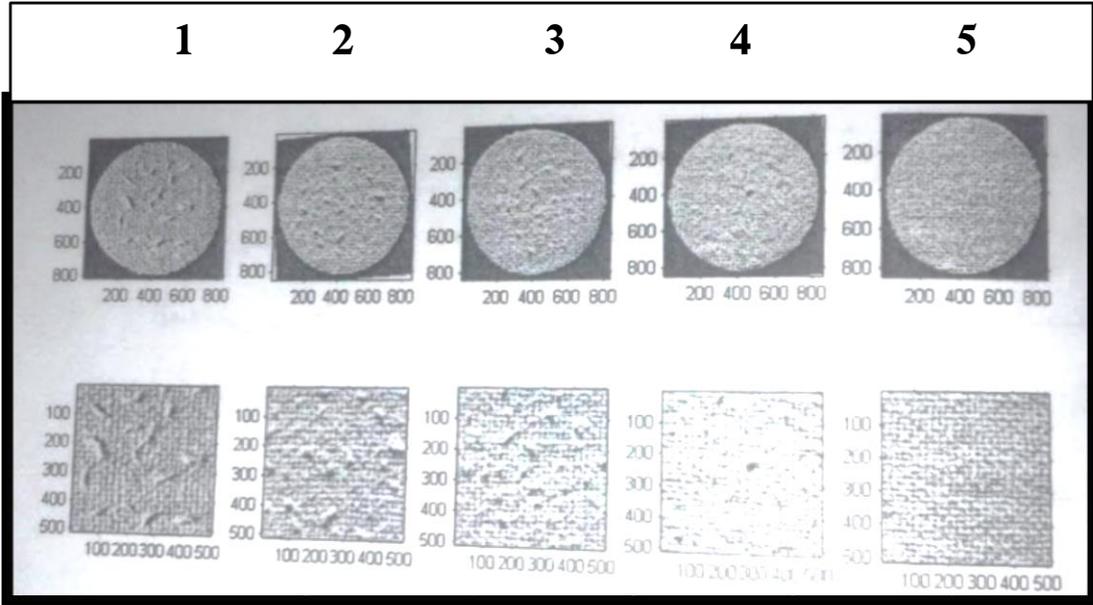
والجدول (3) يعطي النتائج وفقاً للمواصفات القياسية ASTM D 1424

الجدول رقم (3) : يبين نتائج اختبار التمزق

العينة(اختبار واحد لكل عينة)	N/mm <sup>2</sup> قوة التمزق حتى القطع
A1	32.57
B2	6.66
B3	5.54
B4	1.78
B5	4.97
C6	31.92
C7	31.22
C8	9.69
D9	33.26
D10	33.77

## 3-4 اختبار مقاومة الاحتكاك والحجبة :

تم الاعتماد في اختبارات الحجبة والاهتراء على جهاز MARTINDALE لقياس مقاومة الأقمشة للحجبة والاهتراء اما نتائج اختبار الحجبة فقد تم الاعتماد على المواصفة القياسية ENISO-12945-2 والتي حددت خمس قيم لتقييم الحجبة بدءاً من القيمة 1 حجبة شديدة جداً إلى القيمة 5 بلا حجبة حيث كل قيمة من القيم الخمس لها صورة مرجعية لتقدير الحجبة أي توجد خمس صور مرجعية لتقدير الحجبة كما في الشكل التالي (3). [5,4]



الشكل 3: الصور المرجعية لتقييم الحجبة [1]

أما اختبار الاهتراء فقد تم الاعتماد مبدأ النقص في الوزن مع زيادة عدد الدورات بعد تجهيز عمليات الاحتكاك المعيارية وتركيبها على الأقراص السفلية وعينات الاختبار وتركيبها على الأقراص العلوية يتم تثبيتها في أماكنها ووضع الأحمال عليها لبدأ الاختبار بدوران الصينية على قماش الحك بحركات مختلفة الأشكال [8,4].

من أجل اختبار الاهتراء :

يتم وزن العينة قبل الاختبار ومن ثم يطبق الاختبار على العينة تتم بمراقبة العينة تباعاً بعد كل عدد محدد من الدورات ليتم إيقاف الاختبار بعد انقطاع أول خيطين في العينة وتتم إزالة العينة المختبرة من الجهاز ووزنها لمعرفة الفاقد في وزن العينة حيث يجب ألا يتجاوز 5% ومن ثم مراجعة المواصفة القياسية المعتمدة من أجل تقييم النتيجة [4,6]. والجدول (4) يبين نتائج اختبار الاهتراء.

الجدول (4): نتائج مقاومة الاهتراء

العينة	وزن العينات قبل الاختبار	وزن العينات بعد الاختبار	نسبة الفقد (0-5)% يجب ألا تتجاوز 5%	النتيجة
<b>A1</b>	0.32 gr	0.32 gr	0%	ممتازة
<b>B2</b>	0.25 gr	0.24 gr	4%	مقبول
<b>B3</b>	0.23 gr	0.20 gr	13%	غير مقبول
<b>B4</b>	0.32 gr	0.31 gr	3.1%	مقبول
<b>B5</b>	0.26 gr	0.22 gr	15.3%	غير مقبول
<b>C6</b>	0.36 gr	0.36 gr	0%	ممتاز
<b>C7</b>	0.38 gr	0.38 gr	0%	ممتاز
<b>C8</b>	0.43 gr	0.40 gr	6.9%	غير مقبول
<b>D9</b>	0.39 gr	0.39 gr	0%	ممتاز
<b>D10</b>	0.36 gr	0.36 gr	0%	ممتاز

## من أجل اختبار الحبيبة :

يتم تحديد عدد الدورات المحددة حسب المواصفة القياسية المعتمدة ،وبعد انتهاء الدورات(5000دورة) تتم إزالة العينة ومقارنة العينة مع صور مرجعية من أجل تقييم النتائج والجدول (5) يبين كيفية تقدير النتائج والنتائج في الجدول (6). [7].

## الجدول (5) :يوضح تقدير الحبيبة[7]

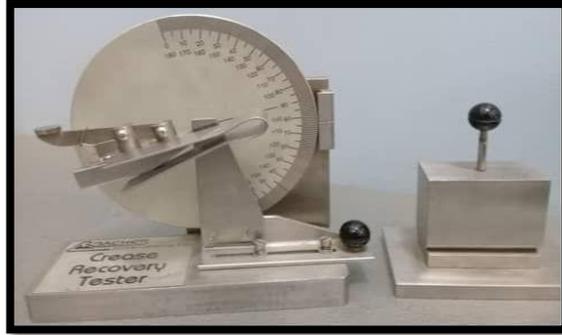
التوصيف	تقدير الحبيبة
حبيبة شديدة جدا	1
حبيبة شديدة	2
حبيبة معتدلة	3
حبيبة طفيفة	4
بلا حبيبة	5

## الجدول (6) : يوضح تقييم الاهتراء والحبيبة للعينات المعالجة

اسم العينة	النتيجة بعد دورة 5000	اسم العينة	النتيجة بعد دورة 5000
A1	3	C6	3
B2	5	C7	4
B3	5	C8	2
B4	5	D9	5
B5	5	D10	5

#### 4-4 اختبار مقاومة التجعد :

يتم قياس زاوية التجعيد بواسطة جهاز مقياس زاوية التجعد (الشكل 5).  
-تطوى العينة بزاوية 180 درجة ، ونطبق على القسم المطوي الثقل المرفق مع الجهاز .  
وبعد فترة نزيل الثقل ونرى الزاوية المستعادة التي يشكلها الجزء المطوي  
(كلما كانت زاوية التجعيد أكبر كان مقدار التجعيد أقل )، حيث تتعلق زاوية التجعيد  
بالتشكل التركيبي للليف ونعومة وطول الليف والانفتاح والرطوبة .



الشكل (5): جهاز قياس زاوية التجعيد

#### تحضير العينات:

نقص العينات المختبرة على جهاز قياس زاوية التجعد بأبعاد ( 7 × 2.5 ) .

طريقة العمل على الجهاز :

بعد أن نقص العينات 7 × 2.5 نضع العينة تحت الثقل المرفق للجهاز لمدة 20 دقيقة

ثم نخرج العينة وننتظر 5 دقائق حتى تستريح العينة ، نضع بعد ذلك العينة بين فكي

الجهاز وندير القرص حتى تمام التوازي بين سطح العينة الطليق والسطح المعدني

الشاقولي تؤخذ القراءة بعد ذلك وتسجل .

## الجدول: (7) نتائج مقاومة التجعيد للعينات

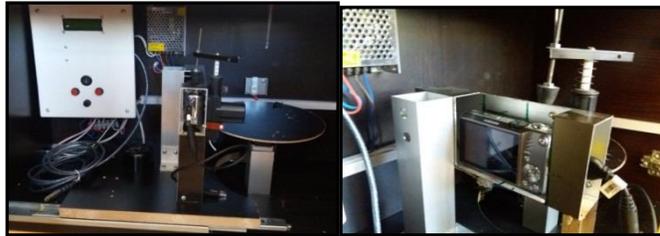
العينة	زاوية التجعيد	العينة	زاوية التجعيد
A1	74	C6	80
B2	71	C7	86
B3	87	C8	64
B4	82	D9	100
B5	94	D10	100

## 4-5 اختبار مقاومة البلل :

إن أجهزة مقاومة البلل تعتمد إما على قياس الزمن اللازم لنزول أول قطرة ماء كما في اختبار الضغط الهيدروستاتيكي أو اختبار امتصاص الماء حسب الرش كاختبار الرذاذ، وفي الاختبارات الأدق يتم تحديد القطرة وقياس زاوية البلل. والجهاز المستخدم يقوم بقياس زاوية الحافة لزاوية البلل وذلك بأخذ الصور.

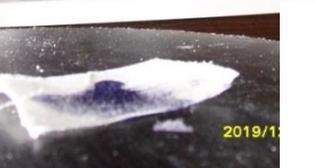
## أجزاء الجهاز:

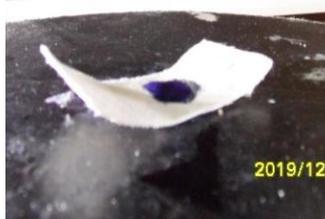
- 1-لكاميرا، 2-موتور
- 3-وحدة القيادة و التحكم 4-فلاش الإضاءة، 5 - العدسات-6طاولة الاختبار، 7-مشبك العينة 8- جهاز الحقن، 9- الكومبيوتر، 10- شاشة التحكم بالزمن.



الشكل (6): جهاز مقاومة البلل

الجدول (8): نتائج مقاومة الببل

الصورة الموضحة للاختبار	مقاومة الببل	النتائج وفق اختبار إلى 0 القطرة (من درجة) 180	النتائج وفق المواصفة AATCC الأمريكية	اسم العينة
	فيلم	30	أيزو 0	A1
	ابتلال على سطح النسيج	95.134	أيزو (70) 2	B2
	ابتلال على وجه النسيج	74.363	أيزو (80) 3	B3
	فيلم	180	أيزو 0	B4
	ابتلال على سطح النسيج	95.241	أيزو (70) 2	B5
	فيلم	1.364 82	أيزو 0	C6

	فيلم	1.685	أيزو 0	C7
	فيلم	1.387	أيزو 0	C8
	فيلم	1.273	أيزو 0	C9
	ابتلال على سطح النسيج	101.089	أيزو(70) 2	D9
	ابتلال على سطح النسيج	86.579	أيزو(50) 1	D10

#### 4-6 اختبارات الصور الالكترونية:

يعرف المجهر الضوئي أيضا باسم المجهر المركب حيث يستخدم هذا المجهر مصفوفتين من العدسات لنقل الصورة وتكبيرها وتوضع إحداهما بالقرب من العين المراد فحصها حيث تكون هذه العدسة ذات طول بؤري قصير ، بينما توضع العدسة الأخرى في مكان تسمح للمراقب بالنظر من خلالها ومشاهدة الصورة وتعمل كلتا العدستين في إنشاء قوة مكبرة تنتج من خلال عمل كلتا العدستين ، حيث تقوم العدسة القريبة من العينة بتشكيل صورة حقيقية في المستوى البؤري الأمامي للعدسة القريبة من المراقب والتي تعمل على تشكيل صورة افتراضية موسعة يمكن للمراقب مشاهدتها ، كما يجب ترك مسافة مناسبة بين العدسات لتوضيح الصورة . [4]

#### \_ أجزاء المجهر الضوئي :

- 1- العدسات : يحتوي الجزء العلوي من المجهر على عدسات موضوعة داخل أنبوب أو اثنين ، حيث تساعد هذه العدسات في تضخيم العينة لمئات أضعاف حجمها الحقيقي للتعرف على أجزاء ومكونات العينات
- 2- الشرائح : وهي قطعة زجاجية توضع على مساحة مسطحة أسفل العدسة السفلية حيث يتم استخدام هذه الشرائح لتثبيت العينات عليها لمشاهدتها من خلال الأنبوب والعدسات
- 3- مقابض تغيير تركيز العدسات : تتواجد هذه المقابض على جانب المجهر وهي عبارة عن عدة مقابض تستخدم لضبط صورة العينة وتغيير تركيزها و طريقة العرض للمراقب.
- 4- القاعدة : وهي الجزء السفلي من المجهر حيث يقع على الجزء الخلفي لقاعدة المجهر ذراع تمتد للأعلى ، حيث تحتوي هذه الذراع

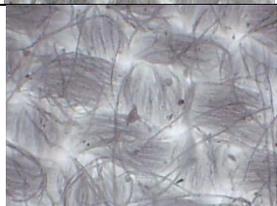
على معظم أجزاء المجهر والتي تشمل المقابض والعدسات والعديد من الأجزاء الأخرى. [4] كما موضح في الشكل (9).



الشكل (9): المجهر الضوئي

الجدول (9) : يبين نتائج الاختبار لتصوير أقطار قشور البيض

اسم العينة	نوع العدسة	قطر قشر البيض المطبقة على القماش	صورة العينة
A1	الحمراء	—	
B2	الحمراء	—	
B3	الحمراء	—	

	—	الحمراء	B4
	—	الحمراء	B5
	يتراوح بين 100_200 ميكرومتر	الحمراء	C6
	يتراوح بين 100_200 ميكرومتر	الحمراء	C7
	ميكرومتر 22	الحمراء	C8
	يتراوح بين 67ميكرومتر	الحمراء	D9
	ميكرومتر 34	الحمراء	D10

#### 4-7 اختبارات الصلابة أو النشوفية ( Fabric stiffness flexural ):

تحسب نشوفية الاقمشة بالعلاقة التالية:[7]

نشوفيه الاقمشة = الثابت \* مكعب طول الثني \* وزن المتر المربع

$$G=5.1 * C3 * W$$

حيث :

G - صلابة (نشوفية القماش )

C3 - طول الثني

W- وزن المتر المربع

C3 - طول الثني : وهو قراءة المقياس المدرج ، بعد زمن يتراوح من 6 الى 8 ثواني ، وطول العينة (20×2.5)سم. وإن القماش الذي يعطي نتائج G عالية هو القماش الأكثر إحساسا بالنشوفية. والجدول ( 10 ) يعطي النتائج

والجدول (10) : نتائج اختبار صلابة القماش

الصلابة G	العينة	الصلابة G	العينة
88.13	C6	38.07	A1
95.80	C7	45.05	B2
99.53	C8	42.55	B3
94.27	D9	38.71	B4
152.84	D10	43.9	B5

## 5- مناقشة النتائج والاستنتاجات

### 5-1 مناقشة نتائج تأخير اللهب :

لوحظ أنه بإضافة قشور البيض تحسنت خصائص تأخير اللهب للعينات (D10,D9,C7,C6) (حيث اصبحت العينات ناجحة حسب اختبار ساندرس كما أن زمن الاشتعال أصبح صفراً بالمقارنة مع العينة المرجعية A1)، وكانت النتائج مقارنة للعينات المستخدمة فيها معقدات الفوسفور ولوحظ أن معظم العينات وعند إبعاد اللهب كانت تتطفئ ذاتياً ما عدا العينات (C8) التي تم استخدام فيها حمض الليمون كبديل طبيعي عن حمض الفوسفور، وبمقارنة العينات التي استخدمت فيها قشور البيض بديلاً عن المواد الكيميائية لتأخير اللهب أعطت نتائج فعالة لتأخير اللهب حيث كانت ناجحة حسب اختبار ساندرس ، وكلما كانت نسبة التحميل من قشور البيض أعلى كانت النتائج أفضل مع مراعاة الخصائص الميكانيكية للعينة ولوحظ أن طريقة التغطية لمعجونة قشور البيض على العينة (بسماعة 0.2 mm) أعطت كفاءة أعلى بالمقارنة مع الطرق التقليدية (الغمر، التجفيف، التعتيق). كما في العينات D10,D9 **ومنه نستنتج :**

1- يمكن الاستغناء عن المواد الكيميائية للمعالجة لتأخير اللهب وذلك باستخدام قشور البيض المذابة في حمض الفوسفور أو بتغطية القماش بها باستخدام الميتيل ميتا كريات و هي الأفضل .

### 5-2 مناقشة نتائج اختبارات التمزق:

بالتدقيق بالجدول (2): لوحظ أن العينات المعالجة بقشور البيض (ما عدا C8 لوجود الحمض الذي وزيادة تركيزه عن 1% من وزن العينة سوف يؤثر على بنية القطن) احتفظت أو زادت مقاومتها للتمزق وذلك حسب طريقة التغطية وهي الأفضل من طريقة (الغمر، التجفيف، والتعتيق) وكذلك فإن استخدام مواد كيميائية بديلاً عن قشور البيض

سببت إضعافاً كبيراً في خصائص أقمشة القطن الميكانيكية بالمقارنة مع قشور البيض بطريقة المعجونة. **ومنه نستنتج:**

1- أن المعالجة لتأخير اللهب باستخدام قشور البيض (طريقة التغطية) لم تؤثر على مقاومة التمزق للعينات مقارنة مع العينة المرجعية .

2- أثرت طريقة المعالجة باستخدام معقدات الفوسفور (العينات B4 B5 C6 C7) بشكل واضح على مقاومة التمزق للعينات حيث انخفضت للربع بالمقارنة مع المرجعية ، وذلك لأن المعالجة الكيميائية باستخدام الحموض سوف يؤثر على خصائص القطن وبسبب المقاومة الضعيفة للسيليلوز للحموض وعليه فإن التحميل الميكانيكي بطريقة التغطية لقشور البيض هو الأفضل وذلك لتجنب استخدام الحموض كما في العينات D9,D10.

### 3-5 مناقشة نتائج اختبارات مقاومة الاحتكاك والحجبة والاهتراء:

وبالملاحظة والتدقيق في نتائج الجدول (4) والجدول (6)، لوحظ أن المعالجات لتأخير اللهب لم تؤثر بشكل معتبر على عينات القطن فيما يتعلق بالحجبة والاهتراء، أما فيما يتعلق باستخدام قشور البيض في المعالجات للأقمشة القطنية والمقارنة مع العينة المرجعية غير المعالجة فإنه وبالنسبة للاهتراء كانت العينات محتفظة بشكل مقبول أي بنسبة 75% بوزنها وبنيتها الميكانيكية (ماعد العينات ولوجود الحمض الذي يؤثر على مواصفات القطن C8)، المعالجة بدون استخدام حمض الفوسفور حيث نسبة الفقد العينات المعالجة بطريقة (الغمر، التجفيف، التعتيق) كانت 0% صفر، أما بالنسبة للعينات المعالجة بقشور البيض و بطريقة التغطية فكانت ما بين (0\_5)% وهي نسبة مقبولة، أما بالنسبة للحجبة فقد تحسنت المقاومة للحجبة وخاصة للعينات المعالجة بقشور البيض باستخدام طريقة الغمر والتجفيف والتعتيق حيث وصلت للحجبة ل 5 أي لا يوجد حجبة .

**ومنه نستنتج:** باستخدام قشور البيض (المواد الطبيعية) احتفظت العينات بشكل مقبول (نسبة 75%) بمقاومتها للاهتراء، وازدادت مقاومة الاحتكاك .

#### 4-5 مناقشة نتائج اختبار مقاومة التجعد:

بمقارنة نتائج مقاومة التجعيد للعينات بالعينة المرجعية غير المعالجة ، حسب الجدول (7) نلاحظ أن زاوية التجعيد قد أصبحت منفرجة (100-130) درجة، عند استخدام قشور البيض في المعالجات كبديل لمعقدات الفوسفور التي زادت عن العينة المرجعية ولكنها بقيت حدة وعليه نجد : استخدام قشور البيض كبديل للمواد الكيميائية عملت على تحسين خصائص مقاومة التجعيد للأقمشة بشكل واضح وخاصة بطرق التغطية.

#### 5-5 مناقشة نتائج اختبار مقاومة البلل:

بالتدقيق بالصور والنتائج في الجدول (8) ، أن المعالجات لتأخير اللهب سواء بالمواد الكيميائية أو قشور البيض لم تغير من خصائص القماش بشكل واضح من حيث مقاومة البلل فالعينات إما ينتشر عليها الماء كفيلم أو على سطح النسيج، **ومنه نستنتج:** لاثوثر قشور البيض على خصائص الأقمشة من حيث الابتلال أو عدمه.

#### 5-6 مناقشة نتائج المجهر الضوئي :

بالنسبة لأقطار توضع قشور البيض على الأقمشة فهي من أقطار الميكرومتر ، وتتراوح بين 100 و 22 ميكرون وكلما كانت الأقطار اصغر كانت ديمومة المعالجة أكبر .

#### 5-7 مناقشة نتائج اختبار الصلابة :

بالتدقيق بالجدول (10)، نلاحظ أنه عند المعالجة باستخدام مخلفات المواد الطبيعية ، وفي بحثنا قشور البيض ، فإن الصلابة سوف تزداد بالمقارنة مع العينة المرجعية والعينات المعالجة باستخدام المواد الكيميائية، وذلك لأنه يوجد تحميل ميكانيكي يزيد من الغراماج للأقمشة (وزن المتر المربع) (بنسبة 30%)، وخاصة في العينات التي استخدمت فيها طرق التغطية D10.

**5- المقترحات:**

- 1- بالنسبة للمعالجة الكاملة بقشور البيض والمواد الطبيعية يقترح العمل بشكل أوسع للبحث عن مذيب فعال لتأخير اللهب غير حمض الليمون وحمض الفوسفور.
- 2- بالنسبة لطرق التغطية لقشور البيض، من المقترح العمل على طرق التغطية الميكانيكية (باستخدام آلات الصباغة والطباعة) بحيث يمكن ضمان تجانس تطبيق طبقة قشور البيض على سطح القماش.
- 3- نقترح في الأبحاث اللاحقة إجراء صور وقياسات لسماكات طبقة قشور البيض وذلك في طرق التغطية لتحديد فعالية تأخير اللهب وعلاقتها بسماكة طبقة قشور البيض.
- 4- اقتراح إجراء أبحاث واختبارات تتعلق بلمس وانسدادية القماش المعالج بمخلفات المواد الطبيعية.

**6- التوصيات:**

- 1- يوصى باستخدام قشور البيض وبشكل اقتصادي (لأن توفر قشور البيض متاح وإمكانية إعادة تدويره سهل بالمقارنة مع تواجد المواد الكيميائية وأسعارها المحلية ولا مجال للمقارنة ، حيث تكلفة سعر الكيلو من قشور البيض يمن أن تصل فقط لـ 10% من سعر الكيلو الموافق للمادة الكيميائية المستخدمة لتأخير اللهب ) في تطبيقات المعالجات النهائية للأقمشة لتأخير اللهب ، وذلك من خلال زيادة واستمرارية البحث في هذا المجال، لتحديد إمكانية استبدال المواد الكيميائية بشكل كامل أو جزئي بمخلفات المواد الطبيعية.

2- يجب إجراء بحوث إحصائية متعلقة بكميات قشور البيض واستخدامها وسماكة الطبقات وعلاقتها بفعالية تأخير اللهب للأقمشة القطنية.

3- يوصى بتوسيع البحث ليشمل الأقمشة القطنية الممزوجة مع الألياف الصناعية والطبيعية الأخرى، كما يوصى بتوسيع البحث ليشمل عينات نسيجية بتراكيب ونمر مختلفة كما يمكن توسيع البحث ليشمل أقمشة التريكو.

## 7 . المراجع :

- 1- Najjar.A,2021**A Study of the production of flame retardant cotton fabrics using eggshells** .Al-Baath university puplication .Homs.(in Arabic)
- 2-Najjar.A,2013- **A Study of the Possibility of Obtaining Flame and Water Repellent Cotton Fabrics**-. first edition. Al-Baath university puplication .Homs .(in Arabic) . (Master's thesis)
- 3-Saad .M 2016 - **Study of the preparation of the chemical compound hydroxyapatite based on chicken eggshell as a natural source for medical use** , Tishreen University .(in Arabic)
- 4- Najjar.A,2019 **A study of adding water repellent to fabrics and its effect on the properties of fabrics with the possibility of combining it with other final treatments** Homs. (in Arabic Ph.D)
- 5- Abrash.N, **A study of An effect of weight of egg on hatching rate and chick viability** Homs .(in Arabic) 2004.
- 6-Hmmod,M,**Book of science fibers practice parts** Homs .(in Arabic)
- 7- Dr.Eng. Taher Rajab **Kaddar**.Hand book of **RODUCTION QUALITY** Homs. 2011 (in Arabic).
- 8- Tekle. B, Tadesse Y, **Producing Fire Retardant Cotton Fabric Using Chicken Eggshell, resersh article,2019**

- 9- Slyman.Y-, **A study of A comparison between baladi chicken eggs and commercial eggs** Homs .(in Arabic) 2018.
- 10- Abrash.N, **A study of An effect of weight of egg on hatching rate and chick viability** Homs .(in Arabic) 2004.

# دراسة تحسين كفاءة الطاقة ونسبة مشاركة الطاقة الكيميائية في فرن القوس الكهربائي العامل في مدينة حسياء الصناعية

طالب الماجستير: حسن الحسين

كلية الهندسة الكيميائية والبتروولية - جامعة البعث

اشراف الدكتور: حسين اليتيم + د. عبد الناصر الأعرج

## الملخص

تعتمد أفران صهر الحديد في سورية على الطاقة الكهربائية بشكل كبير بسبب تصميمها القديم ، الذي استند إلى اعتبارات تصميم قديمة لا تتناسب مع وفرة وأسعار حوامل الطاقة الحالية ، فقد وصلت نسبة مشاركة الطاقة الكهربائية (84%) ، بينما كانت الحصة الباقية من نصيب الطاقة الكيميائية (كربون وأكسجين) ، وبصيغة أخرى بلغ استهلاك الطاقة الكهربائية 634 كيلو واط ساعي لكل طن من الفولاذ المنتج ، وهي قيمة مرتفعة بالمقارنة مع بيانات الأفران العالمية ، التي ترد في المراجع. في المقابل نلاحظ أن نسبة مشاركة الطاقة الكيميائية 16% فقط ، بينما تشير المراجع إلى نسبة مثالية (30-35%). بناء على ما سبق تم دراسة إمكانية زيادة مدخلات الطاقة الكيميائية لتقليل استهلاك الطاقة الكهربائية ، فمصادر الطاقة الكيميائية (الكربون والأكسجين) أرخص من الطاقة الكهربائية وذات كفاءة استعمال في فرن القوس الكهربائي أعلى وبعد إجراء الحسابات اللازمة تبين إمكانية تخفيض استهلاك الطاقة الكهربائية إلى  $545 \text{ kWh/t}$  وبالتالي تخفيض نسبة مشاركة الطاقة الكهربائية بمقدار 10.2% ، تحسين كفاءة الفرن بمقدار 1.1% ، تمت مقارنة نتائج الحسابات لتطبيق الزيادة المقترحة مع فرن شركة حديد للصناعات المعدنية (دمشق) الذي يعمل عند نسبة مثالية للطاقة الكيميائية.

## كلمات مفتاحية :

فرن القوس الكهربائي ، كفاءة الطاقة ، الطاقة الكيميائية ، حقن الكربون ، صهر الخردة.

# Study to improve energy efficiency and share of chemical energy in electric arc furnace operating in Hasyaa Industrial City

## Abstract

Steel Melting furnaces in Syria depend largely on electrical energy because of the old design, which was based on old design considerations that are not commensurate with the prices of current energy carriers. The proportion of electrical energy reached (84%), while the remaining share was from the share of chemical energy (carbon and oxygen). In other words, the electrical energy consumption amounted to 634 kilowatt-hours per ton of steel produced, which is a high value compared to the data of global furnaces, which are given in the references. In contrast, we find that the share of chemical energy is only 16%, while references indicate an ideal percent (30-35%). Based on the foregoing, the possibility of increasing the input of chemical energy to reduce electrical energy consumption was studied. The chemical energy sources (carbon and oxygen) are cheaper than electrical energy and have higher use efficiency in the electric arc furnace. After conducting the necessary calculations, it was found that the electrical energy consumption could be reduced to 545 kWh/t Thus reducing the electric power sharing ratio by 10.2%, improving the efficiency of the furnace by 1.1%, The results of the calculations were compared to apply the proposed increase with the furnace of HADEED Company for Metallurgical Industries (Damascus) which operates at an ideal chemical energy proportion.

### Keywords:

Electric arc furnace, energy efficiency, chemical energy, carbon injection, scrap smelting.

### قائمة الرموز:

الرمز	الوصف	الواحدة
$E$	الطاقة بمختلف اشكالها ، سواء المقدمة إلى الفرن أو الخارجة منه.	$kWh$
$\eta_{EAF}$	كفاءة الطاقة وهي تساوي نسبة الحرارة النافعة إلى الحرارة المستهلكة.	%
$E_{el}$	الاستهلاك النوعي للطاقة الكهربائية (لكل 1 طن من المصهور الفولاذي الناتج).	$kWh / t$
$E_{los}$	الضياع الحراري النوعي (لكل 1 طن من المصهور الفولاذي الناتج).	$kWh / t$
$E_{CH}$	الطاقة الكيميائية المنتشرة عن التفاعلات الكيميائية (لكل 1 طن من المصهور الفولاذي الناتج).	$kWh / t$
$\Delta H_{RES}$	الحرارة المنتشرة عن التفاعل الكيميائي (لكل 1 كغ من المادة المتفاعلة)	$kWh$
$Q$	كمية الحرارة المنقولة	$kWh$
$t_{TAP}$	درجة الحرارة النهائية التي يتم عندها تفريغ الفولاذ من الفرن	$^{\circ}C$

## 1. مقدمة

كانت الطاقة وستظل دائماً أحد أهم عوامل الإنتاج في صناعة الحديد وال فولاذ ، يواجه هذا القطاع في سورية حالياً تحديات مزدوجة تتمثل في نقص إمدادات الطاقة بنسبة حوالي 50% من جهة ، وانخفاض في كفاءة استعمال الطاقة من جهة أخرى ، الأمر الذي انعكس سلباً على الكميات المنتجة من هذه المادة الحيوية ، وقلل من مردود وكفاءة أفران الصهر ، وزاد تكاليف الإنتاج لوحدته الكتلة من المنتج ، بعد الاطلاع على واقع العمل في الأفران السورية وتحليله ومقارنته بالأفران الحديثة ، تبين وجود إمكانية كبيرة لتحسين أفران الصهر الكهربائي وتحسين القدرة التنافسية الاقتصادية والجودة للمنتج المحلي في مواجهة الواردات. ومن أهم محاور تحسين أداء هذه الأفران هو تحسين كفاءة الطاقة بما يشمل هذا المفهوم من إعادة صياغة لنسب مشاركة عدد من مصادر الطاقة في إجمالي الحرارة المتحررة بالفرن ، سواء المستعملة منها أو غير المستعملة ، وتقليل الاعتماد - قدر الإمكان - على المصادر ذات الكلفة المرتفعة و/ أو الكفاءة المنخفضة ، وذلك على حساب تعزيز مصادر الطاقة ذات الكلفة المنخفضة و/ أو الكفاءة الأعلى. تحسين كفاءة الطاقة في القطاعات ذات الاستخدام المكثف للطاقة مثل صناعة الفولاذ يعد أمراً أساسياً لتحقيق أعلى استفادة من الطاقة وخاصة الطاقات غير المتجددة ومختلف المصادر المتاحة ، وتقليل انبعاثات غاز  $CO_2$  ، وقد أدى التطبيق الواسع لحقن الأكسجين والكربون في الأفران الحديثة إلى زيادة كبيرة في نسبة مشاركة الطاقة الكيميائية في إجمالي الطاقة المستهلكة في عملية الصهر وانخفضت نسبة مشاركة الطاقة الكهربائية إلى 50% ، وبالتالي فإن الأفران التي تعتمد على الطاقة الكهربائية بنسبة عالية هي أفران قديمة ، لا تتناسب مع واقع الحالي ولا بد من تعديلها وفقاً للتجارب المخبرية والصناعية المبينة في الدراسات المرجعية.

## 2. مبررات البحث

يشير واقع عمل أفران القوس الكهربائي العاملة في سورية إلى وجود إمكانيات كبيرة لتحسين أداء هذه الأفران. وذلك بالمقارنة مع الأفران العالمية ، وفي ضوء وفرة وكلفة حوامل الطاقة في سورية. يمكن تلخيص مبررات البحث بالنقاط التالية:

❖ **اعتماد الأفران السورية على الكهرباء كمصدر للطاقة بنسبة عالية ، ويمكن تفسير ذلك بسبب الاعتبارات التي كانت سائدة عند تصميم هذا النمط من الأفران ، مثل وفرة الكهرباء وأسعارها الرخيصة نسبياً ، ولكن اليوم لا يمكن تبرير هذا الاستهلاك الكبير من الطاقة الكهربائية في هذه الأفران بسبب ارتفاع أسعار حوامل الطاقة وتكاليف نقلها ، والمشاكل البيئية المرتبطة بانبعاثات  $CO_2$  مما عزز من مفهوم كفاءة الطاقة وأهمية تطبيقه ، إضافة لنقص إمدادات الكهرباء بسبب الكم الهائل من التطبيقات الصناعية والحياتية الأخرى التي تعتمد اعتماد كلي على الكهرباء. تعتبر هذه المسألة مشكلة عالمية وبناء على هذه الحقيقة هناك توجه عالمي حثيث لتقليل استهلاك الكهرباء في أفران القوس الكهربائي (EAFs) ، هناك محاولات وتقنيات كثيرة ترتبط بتقليل نسبة مشاركة الطاقة الكهربائية في إجمالي الطاقة المتحررة بالفرن ، ووفقاً للإمكانيات المتاحة في كل حالة مدروسة.**

❖ **اعتبار الطاقة الكهربائية شكل نافع من أشكال الطاقة وأن استعمالها كمصدر للطاقة الحرارية غير مستحب من وجهة نظر مفهوم كفاءة الطاقة ، حيث يتم توليد الطاقة الكهربائية في محطات توليد الطاقة من مصادر طاقة حرارية وهي عملية معروفة بكفاءتها المنخفضة نسبياً (متوسط كفاءة محطات توليد الطاقة 40%) ، ثم يعاد نقلها وتحويلها إلى طاقة حرارية في إطار عملية الصهر وهنا أيضاً يوجد كفاءة محددة لهذا التحويل.**

- ❖ **إمكانية الاستفادة بشكل أوسع من الطاقة الكيميائية** وهي الطاقة المنطلقة من التفاعلات التي تحدث في داخل المصهور بفعل حقن الأكسجين حيث تتأكسد الشوائب ونسبة من الحديد ويتم أيضاً حقن الكربون كمادة مرجعة لأكاسيد الحديد المتشكلة ، فيتم الحفاظ على المردود دون أي انخفاض في حالة كانت نسبة الأكسجين إلى الكربون صحيحة. يمتاز هذا المصدر من الطاقة بانتقال حرارة شبه تام ، لأن الحرارة تتولد في داخل المادة المراد تسخينها فتكون الاستفادة من كامل الحرارة المنتشرة من قبل المصهور المعدني.
- ❖ **انخفاض الطاقة الإنتاجية للأفران السورية** لأنها لا تعمل بشكل مستمر على مدار 24 ساعة ، وإعادة إقلاع هذه الأفران بشكل يومي يتسبب بخسائر كبيرة في الطاقة ، وبناء عليه يمكن تقليل اعتماد الأفران على الطاقة الكهربائية ، الأمر الذي قد يقود إلى زيادة عدد ساعات العمل.

### 3. هدف البحث

يهدف هذا البحث إلى

1. تمّ السعي في هذا البحث على تحقيق أعلى نسبة ممكنة من الاستبدال الجزئي للطاقة الكهربائية بمصادر طاقة أخرى (الطاقة الكيميائية) وتقليل الاستهلاك النوعي من الطاقة الكهربائية لكل طن من الفولاذ المنتج.
2. تحسين كفاءة الطاقة وتقليل الاستهلاك النوعي للطاقة الكهربائية في فرن القوس الكهربائي وفق منهجية موضوعية في طرح الحلول أولاً وضمان اقتصادية العملية في إطار تطبيق هذه الحلول ثانياً. كما هو معروف فإن مصادر الطاقة محدودة وبالتالي من غير المحتمل أن يفي استهلاك الطاقة بالأهداف ما لم يتم استكشاف فرص وتقنيات مرتفعة الكفاءة بشكل كامل وإجراء تغييرات على

تصميم المعدات واستراتيجيات التشغيل في الوحدات ذات الاستهلاك المكثف للطاقة مثل EAFs.

#### 4. الدراسات المرجعية

تم إجراء دراسة على أحد الأفران العاملة في أوروبا (المرجع [9])، حيث تم تنفيذ هذا المشروع البحثي في الفترة بين 1999-2002 م ، لصالح المركز التقني لأبحاث الفولاذ (الاتحاد الأوروبي) من قبل مجموعة تضم (ORI Martin - منسق المشروع) كشريك صناعي ، Techint كشريك هندسي و Centro Sviluppo Materiali كشريك بحثي.

ومن أهم النتائج التي تم التوصل إليها هو اختبار تأثير عدة قيم لمدخلات للطاقة الكيميائية (الكربون والأكسجين) ، على استهلاك الطاقة الكهربائية وكفاءة الفرن ، وتم الاستفادة من هذه النتائج في هذه الدراسة بعد تحليل واقع عمل الفرن المدروس.

أيضاً تم مقارنة النتائج التي تم الوصول لها مع أحد الأفران العاملة في سورية (فرن شركة حديد في ريف دمشق) ، وذلك لأن الفرن المشار إليه يعمل عند قيم صحيحة لمدخلات الطاقة الكيميائية.

#### 5. اختيار الفرن المدروس ومواصفاته الفنية

يبين الجدول (1) قائمة بالشركات السوريّة التي تنتج الفولاذ باستعمال فرن القوس الكهربائي وموقع كل منها. الطاقة الإنتاجية تحسب على أساس 300 يوم عمل وتشغيل مستمر على مدار الساعة ، وهنا لا بد من التذكير بأن هذه المعامل لا تعمل بطاقتها القصوى حالياً ، حيث يتم إعادة إقلاع هذه الأفران يومياً ، لتعمل لمدة محددة من الساعات. تعمل كل الأفران في سورية بالتيار المتناوب AC. جميع الأفران في سورية

دراسة تحسين كفاءة الطاقة ونسبة مشاركة الطاقة الكيميائية في فرن القوس الكهربائي العامل في مدينة حسياء الصناعية

تعمل بنظام الشحن المتقطع ، الشكل (1) ولكن يختلف عدد السلال اللازمة لدورة كاملة للفرن ، يتطلب نظام الشحن هذا إيقاف عملية الصهر لمدة 2-3 دقيقة ، وفتح سقف الفرن.



الشكل (1) عملية شحن الخرقة في شركة إعمار - مدينة حسياء الصناعية في حمص.

الجدول (1) قائمة معامل الصهر بالقوس الكهربائي (EAFs) في سورية

اسم الشركة	الموقع	الطاقة الإنتاجية (طن/سنة)
الشركة العامة للمنتجات الحديدية والفولاذية	حمّاه	144000
شركة حديد للصناعات المعدنية	ريف دمشق	700000
شركة إعمار الغد لصهر الحديد	حمص	300000

تم تطبيق الحسابات في هذا البحث على فرن القوس الكهربائي الموجود في حمص (شركة إعمار لصهر الحديد) ، وبالتالي تمّ اعتماد المواصفات الفنية لهذا الفرن كأساس لكافة الخطوات والحسابات التي اجريت خلال البحث. وسوف تكون الحلول المقترحة متناسبة مع مواصفات هذا الفرن. تم الحصول على جميع البيانات اللازمة والمتوفرة في شركة إعمار لصهر الحديد ؛ التي تتعلق بالفرن وبيانات التشغيل وسيتم سردها وتفصيلها خلال الفقرات التالية. تمت مقارنة نتائج الحسابات لتطبيق الزيادة المقترحة مع فرن شركة حديد للصناعات المعدنية (دمشق) الذي يعمل عند نسبة مثالية للطاقة الكيميائية. مع التأكيد على أن نتائج البحث لا تنطبق على فرن الشركة العامة للمنتجات الحديدية والفولاذية لقدم هذه الأفران.

يبين الجدول (2) المواصفات التصميمية للفرن ، بالإضافة إلى بيانات التشغيل المطبقة على أرض الواقع حالياً ، هذه البيانات تقدم صورة أولية عن خيارات التصميم والحلول التقنية الممكنة لتحسين كفاءة الفرن. يُلاحظ وجود ارتفاع الاستهلاك النوعي من الطاقة الكهربائية ، وكذلك زمن دورة الفرن كبير (70-72 دقيقة) ، يُلاحظ أيضاً انخفاض الاستفادة من الطاقة الكيميائية من خلال قيمة استهلاك الأكسجين والكربون ، تغادر الغازات العادمة الفرن عند درجة حرارة  $1300^{\circ}\text{C}$  [6] ، وذلك يشمل الهواء المتسرب إلى الفرن الذي تشير بعض المراجع على أنه يشكل 3-4 أضعاف حجم الغازات المنطلقة عن عمليات الحقن [8] ويتسرب الهواء من باب الخبث ومن الفتحة بين سقف الفرن والفرن وكذلك الفتحات التي تدخل منها الأقطاب إلى الفرن ، يلعب الهواء دوراً مزدوجاً ، فهو من جهة يبرد جو الفرن ، ويسخن على حساب حرارة الفرن ، ومن جهة ثانية لا بد منه لأنه يقوم - بفضل محتواه من الأكسجين - بأكسدة منتجات الاحتراق الناقص (CO) ، يتسرب الهواء من المحيط إلى داخل الفرن بسبب التخلية التي يقوم بها نظام العادم ، وفي حال توقف نظام العادم يحدث التسرب المعاكس للغازات العادمة إلى محيط

الفرن مما يتسبب بظورة على العاملين بجانب الفرن وفي غرفة التحكم. [8] من أجل توصيف الواقع الحالي للفرن ، لابد من إجراء موازنة مادية وحرارية على الفرن المدروس وبناء عليها يمكن تقييم الفرن واقتراح الحلول المناسبة.

#### الجدول (2) المواصفات الفنية لفرن EAF - شركة إعمار [6]

المؤشر	القيمة
سعة الفرن (t/ cycle)	50 + 5
قطر الفرن (m)	4.5
وزن المصهور الباقي بعد التفريغ (t)	5
عدد السلال المشحونة / دورة	3
حجم الفرن ( $m^3$ )	48.6
استهلاك الطاقة الكهربائية (kWh/t)	634
استهلاك الأقطاب (kg/t)	1.9~2.1
الإنتاجية (t/h)	42
استهلاك الكربون (kg/t)	15 (Injection)
استهلاك الأكسجين ( $Nm^3/t$ )	21.8
معدل حقن الكربون (kg/min)	47.4
عدد حواقي الكربون	1
زمن حقن الكربون والأكسجين (min)	15.8
زمن الدورة (min)	70 – 72
زمن تشغيل القوس الكهربائي (min)	58
زمن إيقاف تشغيل القوس الكهربائي (min)	14
استطاعة المحولة (MW)	32
استهلاك الخردة النوعي طن/ طن منتج	1.1
تركيز الكربون في المنتج النهائي (%)	0.1
درجة الحرارة النهائية ( $^{\circ}C$ )	1630

## 6. الموازنة المادية للفرن المدروس

سيتم التطرق إلى الموازنة المادية باختصار وذلك لاستعمالها بحسابات الموازنة الحرارية التي هي موضع الاهتمام في هذا البحث ، تتغير المعطيات الأولية للموازنة المادية لأفران القوس الكهربائي بشكل مستمر مع التأكيد على أن الخيارات متنوعة في أفران القوس الكهربائي ومما قد يؤثر على قيم عناصر الموازنة المادية ، يبين الجدول (3) قيم عناصر الموازنة المادية التي تم أخذها من بيانات الشركة المزودة للفرن [6] وبيانات التشغيل الحالية في المصنع ، تم فرض قيمة الهواء المتسرب إلى الفرن بناء على البيانات في المرجع [8]

الجدول (3) ملخص الموازنة المادية للفرن المدروس [6]

المخرجات (كغ / طن من المنتج)		المدخلات (كغ / 1 طن من المنتج)	
1000	الفولاذ المنتج	1100	الخردة
335	الغازات العادمة	40	الجير
15	الغبار	15	الكربون
70	الخبث	32	الأكسجين
15 (balance)	كمية المنتج الضائعة مع الخبث	2	تآكل القطب
5	البطانة المتآكلة	251	الهواء المتسرب
1440	المجموع	1440	المجموع

## 7. الموازنة الحرارية للفرن المدروس

بالنسبة إلى الحالة العامة لفرن القوس الكهربائي ، تأخذ معادلة الموازنة الحرارية لعملية إنتاج كاملة (دورة) بأكملها الشكل التالي: الطرف اليمين يمثل الحرارة الخارجة والطرف اليسار يمثل الحرارة الداخلة. [11]

$$E_{EL} + E_{SCR} + E_{NG} + \sum E_{CH} + E_{OTH} \quad (1)$$

$$= E_{MET} + E_{SL} + \sum E_{LOS}$$

1.7. تعريف وحساب عناصر الموازنة الحرارية للفرن:

➤ حساب الطاقة الكهربائية المستهلكة  $E_{EL}$ : من الجدول (2) لدينا زمن تشغيل القوس الكهربائي 58 دقيقة واستطاعة المحولة وبالتالي:

$$E_{EL} = 32800 \times \frac{58}{60 \times 50} = 634 \text{ kWh/t} \quad (2)$$

➤  $E_{SCR}$ : في وضع الفرن الحالي لا يوجد تسخين مسبق للخردة ومنه هذا الحد = 0.

➤  $E_{NG}$ : لا يستعمل الغاز الطبيعي في الفرن المدروس ومنه هذا الحد = 0.

➤ حساب الطاقة الكيميائية  $\sum E_{CH}$ :

توجد أخطاء في حسابات كمية الحرارة الناتجة عن التفاعلات الكيميائية مما يؤدي إلى خطأ في تقييم  $E_{CH}$ ، ومنها الجداول المعروفة بالمحتويات القياسية للتفاعلات الكيميائية ( $-\Delta H_{298}^0$ )، يبين الجدول (4) مثلاً عنها من هذه الجداول شائعة الاستعمال، تمثل كل قيمة ( $-\Delta H_{298}^0$ ) كمية الحرارة المتحررة أثناء إجراء التفاعل في شروط معيارية بالنسبة إلى 1 كغ من العنصر أو بالنسبة إلى 1 م<sup>3</sup> من الأكسجين، ويطلق على كمية الحرارة المتحررة بالأثر الحراري للتفاعلات وتعرف بـ  $-\Delta H_{RES}$  تم العثور على المحتوى الحراري القياسي ( $-\Delta H_{298}^0$ ) الوارد في الجدول (4) عن طريق إجراء تفاعلات كيميائية عند شروط درجة حرارة قياسية. في التجارب التي أخذت منها هذه القيم، جميع المواد الأولية لها درجة حرارة قياسية تبلغ 298 كلفن، ويتم تبريد المنتجات النهائية بعد إكمال التفاعل إلى نفس درجة الحرارة الأولية. على سبيل المثال، القيمة  $(-\Delta H_{298}^0 = -\frac{9.11 \text{ kW}}{\text{kg}})$  لكل 1 كغ من الكربون، هي كمية الحرارة التي يتم الحصول عليها من عملية احتراق الكربون البارد

في الأكسجين البارد (25 م<sup>0</sup>) والتبريد الناتج (CO<sub>2</sub>) حتى 25 م<sup>0</sup>. من الواضح أنه إذا غادر ثاني أكسيد الكربون منطقة التفاعل دون أن يتم تبريده ، عند درجة حرارة عالية ، فإن القيمة المطلقة لكمية الحرارة الناتجة التي يتم إطلاقها فعلياً في هذه المنطقة

$$-\Delta H_{RES} \text{ ستكون أقل من } -\Delta H_{298}^0. [11]$$

الجدول (4) التفاعلات الكيميائية في مصهور الفولاذ [7]

التفاعل	مقدار الحرارة المنتشرة
$Si + O_2 \rightarrow SiO_2$	$-8.70 \text{ kWh/kg}_{Si} , -10.92 \text{ kWh/m}^3 O_2$
$Mn + 0.5O_2 \rightarrow MnO$	$-1.95 \text{ kWh/kg}_{Mn} , -9.56 \text{ kWh/m}^3 O_2$
$2Cr + 1.5O_2 \rightarrow Cr_2O_3$	$-3.05 \text{ kWh/kg}_{Cr} , -9.44 \text{ kWh/m}^3 O_2$
$S + O_2 \rightarrow SO_2$	$-2.75 \text{ kWh/kg}_S , -3.94 \text{ kWh/m}^3 O_2$
$2 Fe + 1.5O_2 \rightarrow Fe_2O_3$	$-2.03 \text{ kWh/kg}_{Fe} , -6.74 \text{ kWh/m}^3 O_2$
$Fe + 0.5O_2 \rightarrow FeO$	$-1.32 \text{ kWh/kg}_{Fe} , -6.58 \text{ kWh/m}^3 O_2$
$C + O_2 \rightarrow CO_2$	$-9.10 \text{ kWh/kg}_C , -4.88 \text{ kWh/m}^3 O_2$
$C + 0.5O_2 \rightarrow CO$	$-2.55 \text{ kWh/kg}_C , -2.73 \text{ kWh/m}^3 O_2$
$CO + 0.5O_2 \rightarrow CO_2$	$-2.81 \text{ kWh/kg}_C , -7.02 \text{ kWh/m}^3 O_2$

في ظل الشروط الحقيقية لعمليات صناعة الفولاذ ، فإن المواد الأصلية ومنتجات التفاعلات الكيميائية - كقاعدة عامة - لها درجات حرارة مختلفة تماماً. على سبيل المثال ، يمكن أكسدة الكربون المذاب في المصهور السائل عند درجة حرارة 1600-1650 م<sup>0</sup> بواسطة كل من الأكسجين من القادم من منطقة الغازات ، الذي له نفس درجة الحرارة تقريباً ، والأكسجين البارد الذي يتم ضخه في المصهور بواسطة الحقن. مسحوق الكوك المنفوخ مع الأكسجين يكون أيضاً بارداً عندما يدخل منطقة التفاعل. قيم  $-\Delta H_{298}^0$  صالحة فقط في الحالات التي تكون فيها درجات حرارة المواد الأصلية والمنتجات النهائية للتفاعل هي نفسها. يتم حساب القيم الدقيقة لـ  $-\Delta H_{RES}$  بسهولة باستخدام طريقة عالمية وأدق من طريقة المحتوى الحراري الكلي. المحتوى الحراري الكلي للمركب الكيميائي  $I_T^0$  هو المحتوى الحراري لتكوينه عند درجة حرارة  $T$

من العناصر في حالتها القياسية عند درجة الحرارة  $T_0$  ، تُستخدم طريقة المحتوى الحراري الكلي في مجالات التكنولوجيا المختلفة ، على سبيل المثال ، في الحسابات المعقدة لاحتراق الوقود الدافع. تم حساب قيم إجمالي المحتوى الحراري لبعض المركبات الكيميائية ، الجدول (5) ، والعناصر الفردية ، الجدول (6) ، اللازمة لتحديد  $E_{CH}$  لعمليات صناعة الفولاذ على أساس البيانات الأكثر موثوقية. [11]

$$\sum E_{CH} = E_{COK} + E_{CH.MET} + E_{CH.SL} \quad (3)$$

$E_{COK}$  : سيتم أولاً بحساب الطاقة الناتجة عن الأكسدة فقط إلى أول أكسيد الكربون ، من الجداول (5 و 6) يكون لدينا

$$\Delta H_{RES} = I_{CO(1900)}^0 - (I_{C(298)}^0 + 0.5I_{O_2(298)}^0) \quad (4)$$

$$\Delta H_{RES} = \frac{0.01596}{0.012} = 1.33 \frac{kWh}{kg} of C$$

$$= 1.33 \times (15 \times 0.9 + 3 + 2 - 1) = 23.3 \frac{kWh}{t} of Steel$$

حيث : 15 : تمثل كمية الكربون المضافة (بفرض النقاوة هنا 90%) لكل 1طن منتج.

3 : تمثل محتوى الكربون في الخرقة (0.3% تركيز وزني) لكل 1طن منتج.

2 : تمثل كمية الكربون نتيجة تآكل أقطاب الغرافيت لكل 1طن منتج.

1 : تمثل تركيز الكربون المطلوب في المنتج النهائي (0.10% تركيز وزني) لكل 1طن منتج.

ثانياً الطاقة المنتشرة عن أكسدة أول أكسيد الكربون إلى ثاني أكسيد الكربون [11]

$$\Delta H_{RES} = I_{CO_2(298)}^0 - I_{CO(298)}^0 , (I_{O_2(298)}^0 = 0) \quad (5)$$

$$\Delta H_{RES} = 0.1094 - 0.03073 = 0.07867 \text{ kWh/mole}$$

$$\Delta H_{RES} = (0.07867/0.016) \times 1.43 = 7 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3} \text{ of Oxygen أو}$$

حساب  $\Delta H_{RES}$  من أجل 1 م<sup>3</sup> من CO

$$\Delta H_{RES} = (0.07867/0.028) \times 1.25 = 3.5 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3} \text{ of CO}$$

حيث أن  $\rho_{CO} = 1.25 \text{ kg/m}^3$  ، ويفرض أن نسبة أكسدة CO إلى CO<sub>2</sub> هي:

0.33% ، وبالتالي يكون 10.1 Nm<sup>3</sup>/t تتأكسد ومنه:

$$3.5 \times 10.1 \text{m}^3 = 35.5 \frac{\text{kWh}}{\text{t}} \text{ of steel}$$

والطاقة الإجمالية للكربون  $E_{COK} = 23.3 + 35.5 = 58.8 \text{ kWh/t}$

$E_{CHMET}$ : يتأكسد الحديد ويُرجع بالكربون ، ويتم حساب الطاقة المنتشرة من أكسدة

الحديد بالاعتماد على كمية أكسيد الحديد في الخبث ، يبين الجدول (7) التركيب

الكيميائي لعينات الخبث للفرن المدروس ويلاحظ أن متوسط نسبة أكسيد الحديد

15.8% ، ومنه كمية أكسيد الحديد المتشكلة الخبث

$$0.158 \times 70 = 11.06 \text{ kg of Fe}_2\text{O}_3$$

(بفرض أن الحديد يتأكسد فقط إلى Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> وبالتالي :  $2\text{Fe} + \frac{3}{2}\text{O}_2 =$

(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)

$$\Delta H_{RES} = I_{Fe_2O_3(1800)}^0 - (2 * I_{Fe(298)}^0 + 1.5 * I_{O_2(298)}^0) \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \Delta H_{RES} &= I_{Fe_2O_3(1800)}^0 = 0.16798 \frac{\text{kWh}}{\text{mole}} = \frac{0.16798}{0.056} \\ &= 2.99 \frac{\text{kWh}}{\text{kg}} \text{ of Fe} \end{aligned}$$

$$\Delta H_{RES} = \left( \frac{0.16798}{0.016} \right) \times 1.43 = 10.5 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3} \text{ of Oxygen}$$

$$\Delta H_{RES} = 2.99 \times 11.06 \text{ kg} = 33.1 \text{ kWh/t}$$

الجدول (5) قيم المحتوى الحراري لبعض المركبات الكيميائية

[11] ( $I_T^0 \times 10^2, kWh/mole$ )

Total enthalpies of some chemical compounds,  $I_T^0 \times 10^2, kWh/mole$

		Chemical compounds								
		CO	CO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	MnO <sub>2</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO
		Mole, kg								
T, K	t, °C	0.028	0.044	0.060	0.071	0.152	0.069	0.232	0.160	0.056
298	25	3.073	10.940	25.318	10.715	31.710	7.392	31.056	22.838	17.656
400	127	2.990	10.829	25.180	10.581	31.368	7.248	30.585	22.517	17.529
500	227	2.908	10.709	25.021	10.446	31.073	7.102	30.086	22.163	17.395
600	327	2.824	10.581	24.846	10.310	30.738	6.950	29.538	21.791	17.256
700	427	2.739	10.446	24.662	10.169	30.396	6.795	28.918	21.390	17.113
800	527	2.651	10.306	24.463	10.027	30.049	6.636	28.231	20.955	16.969
900	627	2.561	10.160	24.248	9.880	29.699	6.480	27.501	20.503	16.822
1000	727	2.470	10.011	24.057	9.731	29.346	6.314	26.927	20.030	16.675
1100	827	2.377	9.859	23.864	9.577	28.994	6.140	26.343	19.621	16.526
1200	927	2.282	9.703	23.668	9.422	28.632	5.978	25.807	19.235	16.375
1300	1027	2.187	9.545	23.407	9.260	28.271	5.809	25.263	18.848	16.225
1400	1127	2.090	9.386	23.207	9.104	27.906	5.638	24.710	18.455	16.073
1500	1227	1.993	9.227	23.005	8.941	27.538	5.464	24.151	18.058	15.920
1600	1327	1.895	9.066	22.802	8.780	27.165	5.289	23.586	17.656	15.766
1700	1427	1.796	8.897	22.598	8.624	26.788	4.228	23.030	17.241	15.612
1800	1527	1.696	8.731	22.392	8.462	26.406	4.027	22.466	16.798	15.457
1900	1627	1.596	8.565	22.185	8.300	26.020	3.814	18.085	16.367	15.301
2000	1727	1.495	8.397	21.708	8.142	25.627	3.622	17.521	15.931	15.144
2100	1827	1.394	8.229	21.476	6.483	25.229	3.422	16.962	15.489	14.987
2200	1927	1.293	8.060	21.244	6.325	24.824	3.227	16.412	15.047	14.829
2300	2027	1.192	7.891	21.012	6.167	24.412	3.032	15.849	14.604	14.670

الجدول (6) قيم المحتوى الحراري لبعض العناصر الكيميائية

$$[11] (I_T^0 \times 10^2, kWh/mole)$$

**Table 4.4** Total enthalpies of some individual elements,  $I_T^0 \times 10^2$ , kWh/mole

		Individual elements								
		C	O <sub>2</sub>	Si	Mn	Cr	Fe	N <sub>2</sub>	Ar	H <sub>2</sub>
		Mole, kg								
T, K	t, °C	0.012	0.032	0.028	0.055	0.052	0.056	0.028	0.040	0.002
298	25	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
400	127	0.030	0.084	0.060	0.080	0.000	0.074	0.082	0.059	0.082
500	227	0.067	0.169	0.124	0.161	0.069	0.152	0.164	0.117	0.163
600	327	0.111	0.257	0.191	0.247	0.140	0.237	0.247	0.174	0.245
700	427	0.159	0.348	0.260	0.337	0.213	0.329	0.332	0.232	0.327
800	527	0.212	0.440	0.330	0.432	0.289	0.431	0.418	0.290	0.409
900	627	0.268	0.535	0.402	0.532	0.451	0.545	0.506	0.348	0.491
1000	727	0.326	0.631	0.476	0.697	0.537	0.680	0.597	0.406	0.575
1100	827	0.388	0.729	0.555	0.802	0.628	0.840	0.688	0.463	0.659
1200	927	0.451	0.828	0.626	0.907	0.725	0.977	0.781	0.521	0.745
1300	1027	0.515	0.927	0.702	1.014	0.826	1.072	0.876	0.579	0.832
1400	1127	0.581	1.028	0.780	1.190	0.934	1.170	0.971	0.637	0.920
1500	1227	0.648	1.129	0.858	1.371	1.047	1.269	1.068	0.694	1.009
1600	1327	0.716	1.231	0.938	1.907	1.167	1.370	1.165	0.752	1.099
1700	1427	0.784	1.334	2.414	2.035	1.293	1.506	1.263	0.810	1.191
1800	1527	0.853	1.437	2.490	2.158	1.425	1.621	1.362	0.868	1.283
1900	1627	0.922	1.541	2.565	2.291	1.563	2.166	1.461	0.926	1.377
2000	1727	0.991	1.646	2.641	2.419	1.708	2.288	1.561	0.983	1.472
2100	1827	1.061	1.751	2.717	2.547	1.858	2.412	1.661	1.041	1.568
2200	1927	1.130	1.857	2.792	2.675	2.602	2.536	1.761	1.099	1.664
2300	2027	1.200	1.964	2.868	2.803	2.741	2.661	1.862	1.157	1.762

الجدول (7) يبين نتائج تحليل عينات من الخبث في الفرن المدروس (نسب مئوية وزنية)

CaO	MgO	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Basicity
40.32	8.66	12.42	14.24	7.25	2.45
41.72	8.46	9.98	17.52	6.1	3.12
42	7.86	10.28	18.82	5.86	3.08
30.8	7.66	12.14	15.44	5.09	2.23
33.32	4.83	11.66	15.31	5.6	2.21
31.92	5.24	11.16	14.5	4.07	2
35.28	6.04	12.32	15.23	6.37	2.21
36.48	6.96	11.42	15.87	5.76	2.47

➤  $E_{CH.SL}$ : يتم استعمال الخردة بنسبة 100% ونستطيع أن نقدر التركيب الكيميائي

التالي كمتوسط للتركيب الكيميائي لأنواع الخردة المستعملة (ملاحظة يلزم 1.100

طن خردة لإنتاج 1 طن فولاذ سائل)

الجدول (8) متوسط التركيب الكيميائي للخردة (على أساس وزني)

Kg/mole

% C	P %	S %	Si %	Mn %	Fe %
0.40-0.30	0.05	0.05	0.20	0.55	95

➤ الطاقة المنتشرة عن أكسدة السيليكون ( $Si + O_2 = SiO_2$ )

بالرجوع إلى الجداول (5، 6) نجد:

$$\Delta H_{RES} = I_{SiO_2(1800)}^0 - (I_{Mn(298)}^0 + I_{O_2(298)}^0) \quad (7)$$

$$\Delta H_{RES} = 0.2239 \frac{kWh}{mole} = \frac{0.2239}{0.028} = 8.0 \frac{kWh}{kg} \text{ of Si}$$

$$8.0 \times 2.33 = 18.64 kWh/t$$

➤ الطاقة المنتشرة عن أكسدة المنغنيز ( $Mn + O_2 = MnO_2$ ) بالرجوع

إلى الجداول (5، 6)

$$\Delta H_{RES} = I_{MnO_2(1800)}^0 - (I_{Mn(298)}^0 + I_{O_2(298)}^0) \quad (8)$$

$$\Delta H_{RES} = 0.083 kWh/mole = \frac{0.083}{0.055} = 1.51 \frac{kWh}{kg} \text{ of Mn}$$

$$1.51 \times 6.4 kg = 9.7 kWh/t$$

➤  $E_{OTH}$ : طاقة المنتشرة عن أكسدة الكربون المتآكل من أقطاب الغرافيت (معدل

التآكل 1.74 كغ / طن) [6] وتم حساب هذا المقدار مع كمية الكربون على

أساس 2 كغ / طن نظراً لزمان دورة الفرن الحقيقي.

وبالتالي لدينا  $120 kWh/t$  مقدار الطاقة الكيميائية المنتشرة عن

التفاعلات ، ويمكن تقدير الطاقة الكيميائية باستعمال طريقة ثانية ، تعتمد على

علاقة إحصائية ؛ حيث تم تطوير علاقة تربط بين الطاقة الكيميائية وكمية

الأكسجين المستهلك بناء على دراسة إحصائية طبقت على عشرات الأفران

وأصبحت واسعة الانتشار:

$$E_{CH} = z \times V_{O_2} \quad (9)$$

حيث  $V_{O_2}$  هو حجم الأكسجين المستهلك لإنتاج 1 طن من الفولاذ.

متوسط قيم مكافئ الطاقة  $z$  تختلف من 3.2 إلى 6.8 ويُصحح بالقيمة

[11] 5.2

$$z = 5.2 \frac{kWh}{m^3} \text{ of } O_2$$

$$E_{CH} = 5.2 \times 21.8 = 113 \text{ kWh/t}$$

وعند المقارنة بين طريقة حساب الطاقة الكيميائية وفق طريقة المحتوى الحراري للمركب الكيميائي وطريقة الأكسجين المكافئ لتقدير الطاقة الكيميائية يتبين أن نتائجها متقاربة تماماً؛ بالرغم من اختلاف مبدأ الحساب المتبع في كل منها.

واستخلاصاً مما سبق، تكون الطاقة الكلية المتحررة (الإجمالية) في الفرن

تساوي

$$634 + 120 = 754 \text{ kWh/t}$$

ومن أجل المزيد من الدقة، تم مقارنة قيمة إجمالي الطاقة مع الأفران الأخرى والتأكد منها، حيث قدم **Treppsuh** [7] علاقة إحصائية لحساب الطاقة المتحررة وفق العلاقة التالية

القيمة (55) تمثل

وزن الخردة (طن)

$$E_{total} = 1374 \times 55^{-0.15} = 753 \frac{kWh}{t} \quad (10)$$

وأصبح من الممكن تقدير الكفاءة من أجل الفرن المدروس

$$\eta_{EAF} = \frac{390}{754} = 51.7\% \quad (11)$$

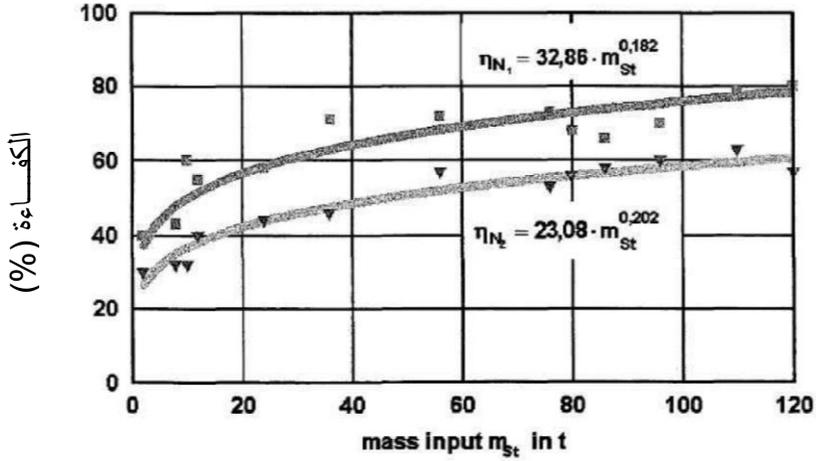
ويمكن حساب الكفاءة بطريقة ثانية باستعمال العلاقة الإحصائية التي قدمها [7]

القيمة (55) تمثل

وزن الخردة (طن)

**Treppsuh**، وهذه العلاقة مبينة في الشكل (2)

$$\eta_{EAF} = 23.08 \times 55^{0.202} = 51.9\% \quad (12)$$



كتلة الخردة الداخلة  $m_{st}$  (طن)

الشكل (2) العلاقة بين سعة الفرن والكفاءة. [7]

➤ حساب المحتوى الحراري للمصهور الفولاذي (الحرارة النافعة)

$$E_{MET} = 372 + (t_{TAP} - 1550) \times 0.23 \quad (13)$$

$$E_{MET} = 372 + (1630 - 1550) \times 0.23 = 390 \text{ kWh/t}$$

➤ حساب المحتوى الحراري للخبث

يتم تقدير كمية الخبث في جميع الأفران على أنها (6-7%) من وزن المصهور المنتج وبالتالي يكون 3.5 طن بالنسبة لوزن المنتج لدورة كاملة 50 طن ، أي لدينا تقريباً 70 كغ خبث منتج مع كل طن من الفولاذ ، المحتوى الحراري للخبث عند الدرجة  $1620^\circ\text{C}$  يبلغ  $620 \text{ kWh/t}$  ومنه: [3]

$$\frac{70}{1000} \times 620 = 43.5 \text{ kWh/t of molten steel} \quad (14)$$

➤ حساب الضياع الحراري من جسم الفرن إلى الجو المحيط

بفرض درجة حرارة الجدار الخارجي للفرن  $t_w = 250\text{ }^\circ\text{C}$  ومساحة سطح القاع للفرن المدروس هي  $F = 30\text{ m}^2$  وباعتبار درجة حرارة الهواء المحيط بالفرن  $20\text{ }^\circ\text{C}$  وبالتالي: [11]

$$\alpha_\Sigma = 19.5 \frac{W}{\text{m}^2\text{ }^\circ\text{C}} \quad (15)$$

$$Q = 19.5 \times 30(250 - 20) = 136 \times 10^3\text{ W}$$

بما أنّ إنتاج الفرن 50 طن خلال 1.17 ساعة ، فإن قيمة الضياع النوعي من خلال قاع الفرن تحسب على النحو الآتي:

$$E_{BOT} = 136 \times \frac{1.17}{50} = 3.2\text{ kWh/ton} \quad (16)$$

➤ حساب الضياع في الطاقة الكهربائية في الدارة الكهربائية

$E_{ELLOS}$  : يمثل هذا الحد قيمة الضياعات في الطاقة الكهربائية في المحولات والدارة الكهربائية الثانوية ، ويعزى حدوث هذه الضياعات للحرارة المتولدة خلال مرور التيار الكهربائي في المحولات والكابلات المتحركة (والمقصود بها الكابلات التي تتصل بالأقطاب ، ومن المعلوم أن الأقطاب تتحرك صعوداً ونزولاً) والأذرع الحاملة للأقطاب ، وكذلك بسبب تحريض تيارات فوكو في الهياكل المعدنية الموجودة بالقرب من الموصلات بسبب الحث الكهرومغناطيسي. اعتماداً على الخصائص الكهربائية لنظام إمداد الطاقة للأقطاب ، تشتمل هذه الخسائر في الأفران الحديثة على 5 إلى 8% من استهلاك الطاقة الكهربائية  $E_{EL}$ . [11]

$$E_{ELLOS} = 0.065 \times 634 = 41.2\text{ kWh/t} \quad (17)$$

### ➤ حساب الضياع الحراري مع الغازات العادمة ومياه التبريد

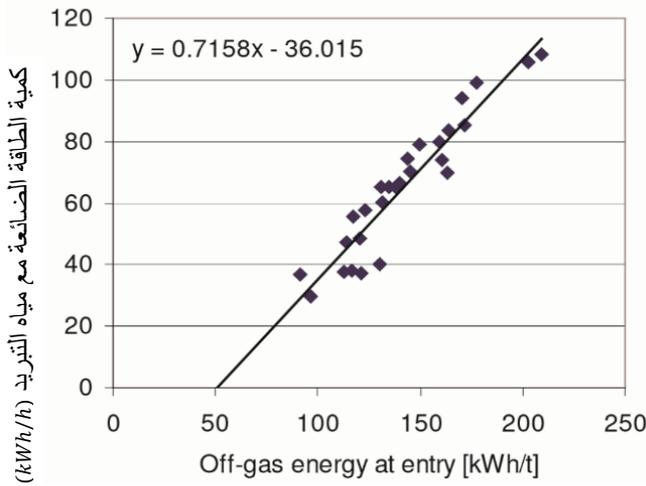
تم استعمال طريقة لحساب الضياع الحراري ، وهي تعتمد في حساب هذين المقدارين بناء على علاقة إحصائية مقترحة من قبل الباحث U. Martini وآخرون [8] ، موضحة في الشكل (3) ، فهي تربط بين كمية الطاقة الحرارية الضائعة في الغازات العادمة مع قيمة الطاقة الحرارية الضائعة مع

$$y = 0.7158x - 36.015$$

من معادلة الموازنة الحرارية

$$y + x = 276.1$$

وبالتالي :  $x = 182 \text{ kWh/t}$  ،  $y = 94.1 \text{ kWh/t}$



كمية الطاقة في الغازات العادمة (kWh/h)

الشكل (3) علاقة الضياع الحراري مع الغازات العادمة كتابع للضياع مع مياه

التبريد في الجدران والسقف. [8]

**الجدول (9) ملخص الموازنة الحرارية للفرن المدروس**

الحرارة الداخلة kWh/t		الحرارة الخارجة kWh/t	
634	الطاقة الكهربائية	390	الفولاذ
58.8	الكربون	43.5	الخبث
32.9	الحديد	41.2	الضياع الكهربائي
18.6	السليكون	182	الضياع مع الغازات
9.7	المنغنيز	94.1	الضياع مع التبريد
120	المجموع	3.2	الضياع من جسم الفرن
مجموع الدخل = 754		مجموع الدخل = 754	
الكفاءة $51.7\% = 100 \times \frac{390}{754}$			

**8. زيادة الطاقة الكيميائية المتحررة في الفرن**

إلى جانب زيادة الطاقة الكهربائية ، لعبت تقنية الاستخدام المكثف للأكسجين والكربون دوراً رائعاً في زيادة معدل الصهر وإنتاجية الفرن ، تم تحسين طرق حقن الأكسجين بشكل مستمر نظراً لفوائد استعماله في تنقية المصهور المعدني من الشوائب والحصول على منتجات ذات جودة عالية ، [5] بالإضافة إلى تشكيل الخبث الرغوي الذي يغمر القوس الكهربائي ويقود إلى تقليل حدة الإشعاع إلى سقف وجدران الفرن.

[11]

بناء على التجارب الموضحة في الدراسات المرجعية [9] [5] والعديد من الدراسات ذات الصلة والمبادئ العلمية المعروفة والخبرات العملية تقترح رفع نسبة الكربون المضاف في الفرن من 15 كغ / طن إلى 28 كغ / طن من الفولاذ المنتج ، تختلف نقاوة المواد المستعملة كمصدر للكربون للفرن من 80% إلى 98% وهذه الكمية ضرورية لحساب الأكسجين المطلوب مع هذه الكمية من الكربون ، عملياً يفترض محتوى الكربون

90% . في الواقع يؤخذ بعين الاعتبار أن الأكسجين المضاف بالحقن في المصهور سوف يؤكسد الكربون فقط إلى CO ، علماً أنه وجد من الخبرة العملية أن 70% من الأكسجين يصرف على أكسدة الكربون والنسبة المتبقية تستهلك في أكسدة الحديد والمعادن الأخرى. [12]

1.8. حساب كمية الأكسجين اللازمة وإعادة حساب الموازنة الحرارية

1. الكمية المطلوبة لأكسدة الكربون المضاف والكربون من تأكل الأقطاب

$$O_{2,1} = \frac{27.2 \times 32}{2 \times 12 \times 1.42} = 25.6 \text{ Nm}^3/\text{t} \quad (19)$$

2. الكمية المطلوبة لأكسدة المعادن والشوائب (30%) : نحسب الكمية الكلية

أولاً ، ومن ثم نحسب كمية الأكسجين اللازمة لأكسدة المعدن والشوائب

$$\frac{25.6}{0.7} = 36.6$$

$$O_{2,2} = 36.6 - 25.6 = 11 \text{ Nm}^3/\text{t}$$

والكمية الإجمالية تقريباً 36.6 م<sup>3</sup> لكل طن من الفولاذ المنتج ، وبالتالي يكون هناك زيادة في استهلاك الأكسجين تبلغ 15 م<sup>3</sup> لكل طن وتكلفة إنتاج هذه الكمية الإضافية من الطاقة الكهربائية يبلغ 7.8 كيلو واط ساعي لكل طن. في الأفران الحديثة يصل استهلاك الأكسجين إلى 40-50 م<sup>3</sup> [11] ولا بد من إعادة إجراء حسابات الموازنة الحرارية للفرن ، مع تقدير مفصل لمحتوى الطاقة المنطلق في الغازات العادمة وفق التغييرات في التشغيل المبينة آنفاً.

من الميزات المترتبة على تطبيق الحل المقترح هو القدرة على حقن الأكسجين خلال فترة طويلة من زمن دورة الفرن وبالتالي سيكون معدل حقن الأكسجين أقل مما يتيح نسبة أكبر لجزيئات CO المنطلقة في حيز الغازات في الفرن من إمكانية الأكسدة بالهواء الجوي المتسرب إلى داخل الفرن بفعل التخلية المستمرة للغازات العادمة (الضغط العامل

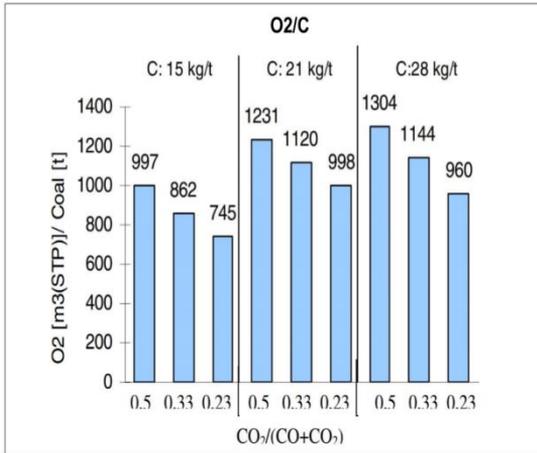
أقل من الضغط الجوي بمقدار صغير حوالي 10 باسكال) ، وبناء عليه تكون لدينا النسبة : [9]

$$O_2/C = \frac{36.6 \times 45}{28 \times 45} = \frac{1647}{1260} = 1307$$

وبالرجوع إلى الشكل (4) الذي يبين العلاقة بين نسبة الأكسجين إلى الكربون المتبعة والنسبة  $(CO_2 / (CO + CO_2))$  الناتجة. يلاحظ أنّ

النسبة  $(\frac{CO_2}{CO_2+CO} = 0.5)$  ، يمكن التحكم في هذه النسبة من خلال التحكم في معدل تدفق الأكسجين ومعدل تغذية الكربون. [9]

يوضح الشكل (4-20) كمية الأكسجين التي يجب حقنها في فرن القوس الكهربائي لتحقيق النسبة المرغوبة من  $(CO_2 / (CO + CO_2))$ . وذلك بالنسبة لكميات مختلفة من مدخلات الكربون النوعية.



الشكل (4) النسبة كربون /  
أكسجين التي يجب العمل عندها  
لضبط النسبة  $CO_2 / (CO +$   
 $CO_2)$  [9]

## 9. النتائج :

يبين الجدول (10) نتائج إعادة حساب الموازنة على الفرن بعد زيادة مقادير الطاقة الكيميائية المنطلقة. زيادة الطاقة من أي مصدر في الفرن تتعكس مباشرة على استهلاك الطاقة الكهربائية. من المتوقع أن تزيد الطاقة الضائعة مع الغازات العادمة وذلك بسبب زيادة حقن الأكسجين والكربون ، مع أنّ زيادة الطاقة الكامنة في الكمية الجديدة من غاز CO لا تحسب في مقادير الحرارة الداخلة (لأنها لم تنطلق في الفرن أصلاً)

الجدول (10) ملخص الموازنة الحرارية للفرن المدروس بعد رفع كمية الكربون والأكسجين

الحرارة الداخلة kWh/t		الحرارة الخارجة kWh/t	
545.1	الطاقة الكهربائية	390	الفولاذ
36.2	الكربون (CO)	43.5	الخبث
51.6	الحديد	35.4	الضياع الكهربائي
28.3	Si + Mn	200.9	الضياع مع الغازات
77.1	الكربون (CO <sub>2</sub> )	66	الضياع مع التبريد
193.2	المجموع	2.5	الضياع من جسم الفرن
مجموع الدخل = 738.3		مجموع الدخل = 738.3	
الكفاءة = 52.8% (زادت بمقدار 1.1%)			

نتيجة زيادة مدخلات الطاقة الكيميائية (والمقصود بها هنا التفاعلات الكيميائية التي تحدث ضمن المصهور ذات الكفاءة 100% ) بمقدار 33.1 كيلو واط / طن فإن التوفير الحاصل في الطاقة الكهربائية هو 47.3 كيلو واط / طن ، (كفاءة الطاقة الكهربائية 70% ) ، وبالتالي أصبح إجمالي الحرارة المتحررة في الفرن kWh/t 738.3

، وينتج عن هذا زيادة في الكفاءة بمقدار 1.1 % نتيجة زيادة الطاقة الكيميائية فقط بالإضافة إلى ذلك انخفضت كمية الكهرباء النوعية من 634 إلى 545.1 كيلو واط ساعي ، وبالتالي أصبحت نسبة مشاركة الطاقة الكيميائية 26.2 % ؛ أي بزيادة 10.2 % ، وانخفضت نسبة مشاركة الطاقة الكهربائية بذات النسبة.

يمكن حساب مجموع الطاقة الكيميائية المنطلقة بطريقة مكافئ الأكسجين ونجد أنها 190 كيلو واط ساعي لكل طن ، مما يؤكد الدقة المنخفضة لهذه الطريقة (بسبب قيمة المعامل المختلفة بحسب كل فرن) ، فهي تعطي نتائج جيدة وذات دقة مقبولة في حالة الفرن المدروس مما يؤكد دقة الحسابات.

#### 10. مقارنة النتائج مع فرن شركة حديد للصناعات المعدنية

من أجل المزيد من التأكد من دقة الحسابات السابقة أجريت مقارنة بين فرن شركة حديد للصناعات المعدنية مع الشروط الجديدة لمدخلات الطاقة الكيميائية واستهلاك الطاقة الكهربائية في الحالتين ، كما هو مبين في الجدول (11) ، وعند إجراء تقدير أولي سريع لكفاءة الفرن المستعمل في المقارنة ، وذلك بالاستفادة من العلاقة التجريبية (11) يتبين أن:

$$\eta_{EAF} = 23.08 \times 88^{0.202} = 57.1 \%$$

وأيضاً نقوم بتقدير إجمالي استهلاك الطاقة في الفرن المرجعي بطريقتين الأولى باستعمال العلاقة التجريبية (حيث تمثل قيمة 88 وزن الخردة التي يجب صهرها لإنتاج 80 طن من المنتج ، أي نحتاج 1.1 طن خردة لإنتاج 1 طن فولاد ، والثانية باستعمال قيم الاستهلاك الفعلي للكهرباء وحساب كمية الطاقة الكيميائية بطريقة الأكسجين المكافئ، العلاقة (9)

الطريقة الأولى :

$$E_{total} = 1374 \times 88^{-0.15} = 702 \frac{kWh}{t}$$

الطريقة الثانية : ( كما هو مبين في العلاقة (2) )

$$E_{EL} = 57600 \times \frac{42}{60 \times 80} = 504 kWh/t$$

$$E_{CH} = 5.2 \times 38 = 198 kWh/t$$

ومنه

$$E_{total} = 504 + 198 = 702 kWh/t$$

الجدول (11) المقارنة بين نتائج الدراسة وحالة مرجعية أخرى

فرن شركة اعمار الفرن المدروس (الواقع الحالي)	فرن شركة اعمار الفرن المدروس (بعد التعديل)	فرن شركة حديد (حالة مرجعية)	
15	28	28	استهلاك الكربون (kg/t)
21.8	36.6	38	استهلاك الاكسجين (Nm <sup>3</sup> /t)
634	545	504	استهلاك الكهرباء (kWh/t)
50	50	80	السعة (t/cycle)
754	738	702	أجمالي الطاقة الكهربائية والكيميائية (kWh/t)
% 51.7	%52.8	% 57.1	الكفاءة (%)

نستدل من عملية المقارنة على دقة الحسابات والحل المقترح مبرر ولازم في شروط عمل مثل الشروط الحالية للأفران السورية ، ويبرر استهلاك الطاقة الكهربائية المرتفع قليلاً في حالة الفرن المدروس (عند نفس قيم المدخلات من الطاقة الكيميائية لكلا الفرنين) بسبب انخفاض الكفاءة في الفرن المدروس عنها في حالة الفرن المرجعي (فرن شركة حديد).

## 11. المقترحات :

1. توجد تقنيات عديدة يمكنها المساهمة في تحسين واقع العمل ، وهي بالفعل قابلة للتطبيق على الأفران القائمة حالياً في سورية ، بالرغم من الحاجة إلى بعض التعديلات في تصميم الفرن وآلية عمله ، ولكن الفائدة المرجوة ستبرر مثل هذه التعديلات. حالياً يتم صرف 75% من الطاقة الكهربائية على تسخين الخرقة حتى درجة حرارة الانصهار ، تشير العديد من الحقائق إلى وجود مصادر أخرى يمكن استخدامها لتسخين الخرقة بمصادر طاقة أرخص مع كفاءة أعلى ، مثل الغازات العادمة ، حيث تُطرح مع الغازات العادمة نسبة كبيرة من الحرارة تتراوح بين 20% و 35% من إجمالي الحرارة المتحررة بالفرن ، وذلك بحسب تصميم وسعة الفرن والتقنيات المطبقة فيه ، هذه الحرارة تكون على شكلين ، الأول حرارة محسوسة لأن هذه الغازات تغادر الفرن عند درجات حرارة 1300°C بالرغم من تمديدها بالهواء المتسرب إلى الفرن ، يتم تبريد هذه الغازات بالمياه والهواء الجوي على عدة مراحل ، والشكل الثاني هو طاقة كيميائية لمنتجات الاحتراق غير الكامل (CO) ، ويمكن الاستفادة من حرارة احتراقها ، حيث يتم حرق هذه المنتجات في غرفة احتراق خاصة لهذا الغرض بعد مزجها جيداً بكمية كبيرة نسبياً من الهواء ، وذلك في سياق المعالجة لهذه الغازات قبل تبريدها وطرحها إلى الجو.

2. دراسة التشغيل محكم الإغلاق (airtight operation) لمنع الهواء من التسرب إلى داخل الفرن من الفتحات الموجودة في حالة الشحن المتقطع ، بالإضافة إلى باب الخبث. وهو مشروع هام يجري العمل عليه حالياً في الاتحاد الأوروبي ، مثلما تم التوضيح مسبقاً ، هناك اتجاه عام نحو زيادة إنتاج الفولاذ باستعمال طريقة فرن القوس الكهربائي (EAF) . يمثل هذا تحدياً تكنولوجياً مهماً لتحسين الكفاءة والمرونة في عملية EAF واستكشاف الفرص الإضافية لمزيد من التحسين وخاصة مع غلاء حوامل الطاقة ومشاكل الانبعاثات البيئية. يمثل التطبيق المستقبلي لمثل هذه الشروط (التشغيل محكم الإغلاق) ميزة هامة جداً في الأفران المتصلة بأجهزة تسخين مسبق لأنها ستتيح إمكانية عالية للتحكم في تفاعل الاحتراق التابع ، وتنفيذه بأعلى درجة ممكنة من جهة الاستفادة من الحرارة المنتشرة في تسخين الخرقة.

المراجع :

- [1] BAKER E,2001– **Ecological and economical EAF steelmaking**, European Communities, Belgium.
- [2] Worrell E,2010– **Energy Efficiency Improvement and Cost Saving Opportunities for the U . S . Iron and Steel Industry** by the U. S. Environmental Protection, Berkeley, 2010.
- [3] H. PFEIFER H, KIRSCHEN, M, 2002 – **Thermodynamic analysis of EAF electrical energy demand** *7th Eur. Electr. Steelmak. Conf.*, pp. 9–11,.
- [4] LARSSON M,2006 –**Development of a method for analysing energy, environmental and economic efficiency for an integrated steel plant**, *Appl. Therm. Eng.*, vol. 26, no. 13, pp. 1353–1361,
- [5] KOURNETAS N,1998– **The use of oxygen to decrease Electrical energy usage in the Electric Arc Furnace**, *Univ. Toronto*.
- [6] SIDER ENGINEERING S.p.A,2019 –**technical specification EAF 50 ton** (Homs – Syria).

- [7] TREPPSCHUH F, 2006 –**Electrical Engineering of Arc Furnace**” Steel Academy.
- [8] MARTINI U, 2005 –**Development of operating conditions to improve chemical energy yield and performance of dedusting in airtight EAF**, Brescia.
- [9] MIRANDA U, 2003– **Scrap continuous charging to EAF**, European Commission technical.
- [10] ARGENTA P, 1999– **The EAF technology evolution and the Consteel ® system**, pp. 41–47.
- [11] TOULOUEVSKI Y, ZINUROV I, 2013– **Innovation in electric arc furnaces: Scientific basis for selection**, Springer Heidelberg.
- [12] TOULOUEVSKI Y, ZINUROV I, 2015– **Electric Arc Furnace with Flat Bath Achievements and Prospects**, Springer Briefs.
- [13] TOULOUEVSKI Y, ZINUROV I, 2017– **Fuel Arc Furnace ( FAF ) for Effective Scrap Melting From EAF to FAF**. Springer Briefs.

