

## تحسين خواص أجهزة اللواقط الشمسية باستخدام مواد انتقائية خاصة

الدكتور جوني نقلا\*  
الدكتور عدنان غاتا\*\*  
نقولا حموي\*\*\*

( قبل للنشر في 2005/9/13 )

### □ الملخص □

إن وظيفة الأسطح اللاقطه للطاقة الشمسية هي تحويل الإشعاع الشمسي الوارد إلى طاقة حرارية والحد من الضياعات الحرارية بتأثير الإشعاع الحراري. هذه الاحتياجات (تشمل تأمين أقصى قيم امتصاصية للإشعاع الشمسي - ضمن حدود الطول الموجي 0.29-2.5 ميكرومتر وأدنى انبعاث للأشعة تحت الحمراء الحرارية 2.5 ميكرومتر) يمكن تحقيقها من خلال استخدام طبقة مغلقة تتميز بخواص أطيافية إنتقائية على السطح الماص (اللاقط) (عادةً مادة النحاس - الألمنيوم أو الفولاذ)، وتستطيع العوامل المناخية البالغة الدقة أن تترك آثاراً ضارة على السطح اللاقط وتضعفه وتؤدي لضعف الخواص الضوئية، واعتماداً على الأبحاث الواسعة التي تتم لاستقصاء تأثيرات العوامل الجوية البالغة الدقة في الأسطح اللاقطه الشمسية بات من الممكن أن تتحدد العوامل المسببة لضعف الخواص وتراجع خواص الأسطح اللاقطه للطاقة الشمسية. وهذه العوامل هي كما يلي:

- حدوث تآكل أو تحلل بفعل الحمولة الحرارية - الحمل الحراري - أي الأكسدة.
- حدوث تآكل أو تحلل بفعل ارتفاع قيم الرطوبة أو تكثف الماء على السطح اللاقط.
- حدوث تآكل أو تحلل بفعل تلوث الهواء مثل ثاني أكسيد الكبريت (تآكل جوي).

إن مركبات فلوريد الكربون معروفة بأنها مستخدمة كمواد مزلقة أو كمواد كاثودية في بطاريات الليثيوم الأولية، في حين أن الأول يستند على تأثيرات السطح الضعيفة، وكذلك على وجود مجموعات C-F الصادة للماء. والحالة الثانية ناتجة عن تأثيرات شوارد الليثيوم في المواد أثناء عملية تفريغ البطاريات، وكذلك من إلفة اختزال فلوريد الكربون والفلورين الذي يساعد على تحقيق قيم طاقة نوعية عالية.

وتتميز هذه المواد بثنائية حرارية عالية (حتى درجة حرارة 600 مئوية) وكونها ذات خواص طاردة للماء، إضافة إلى تميزها بخواص ضوئية ممتازة (مسحوق أبيض). فقد وجدنا من خلال هذا البحث تحسن لمردود المجمع الشمسي عند استخدام هذه المواد كمواد انتقائية للسطح الماص.

\* أستاذ في قسم هندسة القوى - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سوريا.  
\*\* أستاذ في قسم الهندسة الكيميائية - كلية الهندسة الكيميائية والبتروولية - جامعة البعث - حمص - سوريا.  
\*\*\* طالب ماجستير في قسم هندسة القوى - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سوريا.

## Improving the properties of solar collectors by employing specific selective materials

Dr. Johni Takla<sup>\*</sup>  
Dr. Adnan Ghata<sup>\*\*</sup>  
Nicolas Hamwi<sup>\*\*\*</sup>

(Accepted 13/9/2005)

### □ ABSTRACT □

The function of the absorber of a solar collector is to transform the incident solar irradiation into heat and to suppress heat losses due to thermal radiation. These requirements maximum absorption of the solar irradiation (in the wave length range from 0.29 to 2.5  $\mu\text{m}$ ) and minimum emittance in the thermal infrared ( $> 2.5 \mu\text{m}$ ) are met by applying a spectrally selective coating onto the absorber substrate material (usually copper, aluminum or steel). Manifold micro – climatic influences can degrade the absorber in a collector causing the optical properties to deteriorate. Extensive investigation of the micro-climate in flat – plate collectors makes it possible to determine the factors, which are relevant to the degradation of solar energy absorber surfaces. These are:

- A- Degradation due to thermal load (oxidation).
- B- Degradation due to high humidity or condensation of water on the absorber surface (hydratization and hydrolysis).
- C- Degradation due to air pollutants such as sulfur dioxide (atmosphere corrosion).

Graphite fluorides are known for their application as lubricants or as cathodic materials in primary lithium batteries. While the first one is based on both weak surface interactions and on the presence of C-F hydrophobic groups, the second one results not only from the intercalation facility of lithium ions into the materials during the batteries discharge process but also from the high affinity of the graphite fluoride reduction by lithium and the very low equivalent weight of the carbon and fluorine elements which allow high specific energy densities to be reached. They have high thermal stability (up to 600 °C), hydrophobic, and high optical quality (white powder). This research work revealed improvement of the solar collector efficiency when these selective materials are added to the absorbent surface.

---

\* Professor, Department Of Power Engineering– Faculty Of Mechanical And Electrical Engineering– Tishreen University – Lattakia - Syria.

\*\* Professor, Department Of Chemical Engineering– Faculty Of Chemical And Petroleum Engineering– Al-Baath University – Homs - Syria.

\*\*\* Postgraduate Student, Department Of Power Engineering– Faculty Of Mechanical And Electrical Engineering - Tishreen University – Lattakia - Syria.

**تمهيد:**

هناك عمليات عديدة قادرة على إنتاج فلوريد الكربون ذات خواص مختلفة وبشكل عام يتم إعداد فلوريد الكربون اعتماداً على التفاعل المباشر لغاز الفلورين مع الغرافيت (الكربون) في درجة حرارة تتراوح بين 300 و 600 درجة مئوية، ويتفاعل غاز الفلورين النقي مع الكربون فقط في قيم درجة حرارة عالية ليعطي مركباً تركيبه العام  $(CF_X)_m$  وتتراوح قيمة "X" بين (0.6-1) حين تزيد درجة الحرارة من 300 إلى 600 درجة مئوية [1].

إنّ مواد فلوريد الكربون التي تحضّر في المخابرة الفرنسية والمستخدمّة كمواد كاثودية في بطاريات الليثيوم الأولية يمكن استخدامها أيضاً في عمليات الاحتكاك كمواد مزلفة صلبة، وعليه فإنّ استخدامات المواد المزلفة الصلبة في الصناعة هي كما يلي:

- 1- التغليف بمادة رابطة.
- 2- تحضير مواد مركبة مع مركبات لاعضوية أو معادن.
- 3- المزج مع زيت أو شحمة.

ويتم استخدام فلوريد الكربون في العديد من التطبيقات الميكانيكية الأخرى على شكل مادة صلبة مثلاً شكل صباغ في الدهان المستخدم على الوشائع الكهرمغناطيسية وعلى قرص ذاكرة مغناطيسي أو سمعي في صناعة المعلومات أو لأجل صقل أسطح المواد [2]، [3]، لذلك ومن خلال الأبحاث العديدة التي جرت على مادة فلوريد الكربون يمكن أن تستخدم في تجهيزات الطاقة الشمسية كمواد انتقائية للأسطح الماصة أو كمواد مشحمة لجهاز تحريك الطبق المركزي الشمسي لمتابعة حركة الشمس أو كمواد شرهة لمادة أخرى للاستخدام في دائرة تبريد امتصاصية كبديل عن المخاليط المحلية مثل بروميد الليثيوم مع الماء أو الأمونيا مع الماء أو كمادة فلور كربون للاستخدام كمادة محرّكة في التوربين النفاث لأجل التبريد أو لإنتاج الكهرباء.

**المقدمة:**

من المعروف أنّ اللاقط الشمسي المستوي يتألف من جزء هام جداً ألا وهو الصفيحة الماصة Black absorber plate التي تقوم بامتصاص الأشعة الشمسية وتحولها إلى حرارة وتقلها فيما بعد إلى أحد الموائع، فهي تعتبر السطح الحامل لمجموعة الأنابيب، وتطلى أسطح الأنابيب والصفيحة الماصة بطلاء أسود لرفع نسبة امتصاصها لحرارة الشمس (امتصاصية عالية للإشعاع وإصدارية قليلة)، وهنا يمكن استخدام الدهان الأسود العادي، ولكن من الأفضل طلاء هذه الأسطح بمركبات خاصة، وذلك لرفع نسبة امتصاص السطح المعدني للطاقة الشمسية ونظراً لأهمية السطح الماص، فإنّ معظم الأبحاث الحرارية والتصميمية للمجمعات الشمسية المستوية تنصب حول رفع كفاءة هذه الأسطح ورفع مردوبيتها [4].

**الجزء العملي ونتائج القياسات:**

سنوضح أداء لاقط شمسي يستخدم سطحاً لاقطاً من نحاس أسود وغير معالج انتقائياً، وآخر من النوع نفسه معالج بمواد  $(CF_X)$  ونقارن بين هذه الأسطح عن طريق رسم خط المردود اللحظي للمجمع علماً أن مواصفات

اللاقطين كما يلي: غطاء شفاف واحد عبارة عن زجاج معالج حرارياً بسماكة 4 ملم والأنابيب نحاسية تمت تثبيتها بواسطة اللحام والعازل الحراري عبارة عن صوف زجاجي بسماكة 5 سم. ولإجراء ذلك نقوم بقياس ما يلي:

1- شدة الإشعاع الشمسي "I" الوارد على واحدة السطح من المجمع الشمسي.

2- درجة حرارة سائل نقل الحرارة عند مدخل المجمع  $T_{f,i}$ .

3- درجة حرارة الهواء المحيط  $T_a$  (درجة حرارة الهواء في جوار المجمع الشمسي).

4- فرق درجة الحرارة لسائل نقل الحرارة بين مدخل ومخرج المجمع.

5- نسبة تدفق سائل نقل الحرارة.

يحسب المردود وفقاً للمعادلة الآتية:

$$h = \frac{Q_u}{AI}$$

حيث  $h$ : المردود اللحظي للمجمع الذي يمثل متوسط الطاقة المفيدة المستخرجة من المجمع إلى متوسط تدفق الإشعاع الشمسي الساقط على فتحة هذا المجمع.

$Q_u$ : الطاقة المفيدة (الإستطاعة المفيدة) وتمثل الطاقة المنتقلة من المجمع بواسطة سائل نقل الحرارة، وتُعطى بالعلاقة:

$$Q_u = \dot{m} C \cdot DT$$

حيث  $\dot{m}$ : التدفق الكتلي (kg/sec).

$C$ : الحرارة النوعية للماء داخل الدارة:

$$C = 1,16 [W.h / kg.^{\circ}c] = 1,16.3600 [W.sec / kg.^{\circ}c]$$

$DT$ : ارتفاع درجة الحرارة في المجمع  $[^{\circ}c]$

$A$ : مساحة سطح المجمع المتعرض للإشعاع الشمسي:

$$A = 2,75 [m^2]$$

ولرسم منحني المردود اللحظي "h" يكفي تعيين خمس نقاط (على الأقل) ويتم تعيينهم بواسطة تغيير درجة حرارة ماء الدخول للمجمع بعد كل قراءة، وذلك عن طريق زيادة استطاعة المسخن الكهربائي [4].

. التجربة الأولى:

تمت خلال شهر أيار تاريخ 2005/5/20 ما بين الساعة 11-3 ظهراً.

اللاقط الأول: ذو صفيحة ماصة من نحاس مدهونة بطلاء عادي (أسود غير لماع). كما في الجدول (1)

والشكل (1).

جدول (1): يبين اللاقط الأول ذو الصفيحة الماصة بطلاء أسود غير لامع.

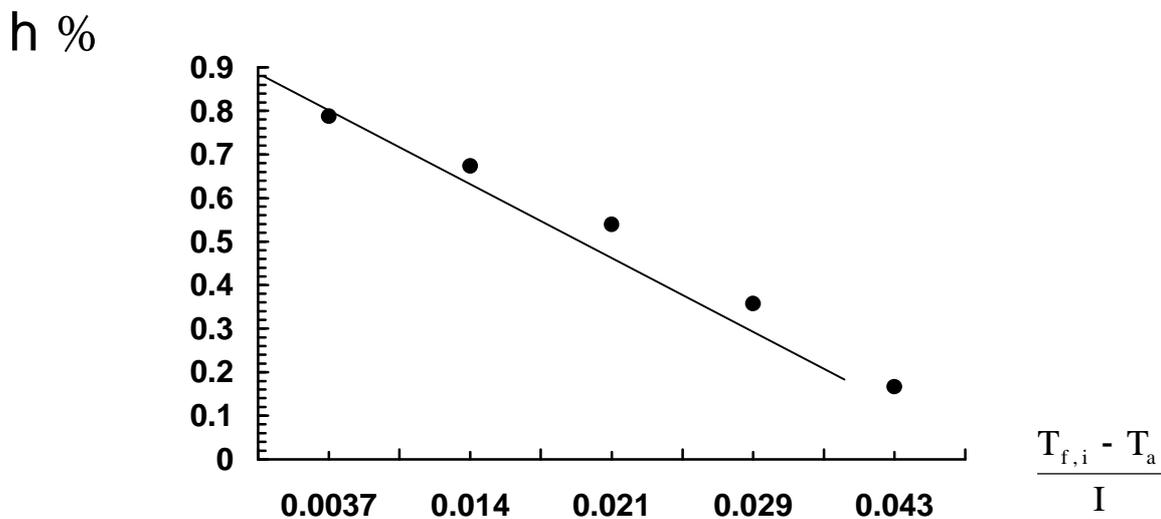
$Q_u$ (W)	$\dot{m}$ (kg/sec)	$I$ (W/m <sup>2</sup> )	$T_a$ (°C)	$T_{f,i}$ (°C)	$T_e$ (°C)	$DT$ (°C)	$h$	$\frac{T_{f,i} - T_a}{I}$ $\frac{°C - m^2 \dot{u}}{W \dot{u}}$
329.4	0.0136	719	29	60	65.8	5.8	0.1665	0.043
708.78	0.0136	722	29	50	62.48	12.48	0.3569	0.029
1119.96	0.0136	755	29	45	64.72	19.72	0.5394	0.021
1408.48	0.0136	760	29	40	64.8	24.8	0.6739	0.014
1715.16	0.0136	792	29	32	62.2	30.2	0.7874	0.0037

اللاقط الثاني: ذو صفيحة ماصة من نحاس مدهونة بطلاء عادي أسود غير لامع مضاف إليه مركبات

$(CF_X)$ . كما في الجدول (2) والشكل (2).

جدول (2): يبين اللاقط الثاني ذو الصفيحة الماصة بطلاء أسود غير لامع مضاف إليها مركبات  $(CF_X)$ .

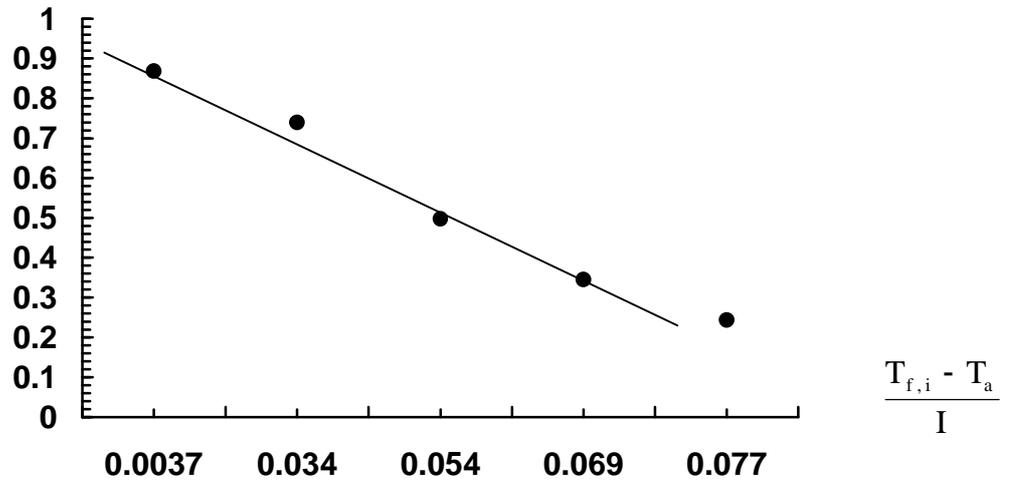
$Q_u$ (W)	$\dot{m}$ (kg/sec)	$I$ (W/m <sup>2</sup> )	$T_a$ (°C)	$T_{f,i}$ (°C)	$T_e$ (°C)	$DT$ (°C)	$h$	$\frac{T_{f,i} - T_a}{I}$ $\frac{°C - m^2 \dot{u}}{W \dot{u}}$
482.74	0.0136	720	29	85	93.5	8.5	0.2438	0.077
698.56	0.0136	736	29	80	92.3	12.3	0.3451	0.069
1039.32	0.0136	759	29	70	88.3	18.3	0.4979	0.054
1550.46	0.0136	762	29	55	82.3	27.3	0.7398	0.034
1902.58	0.0136	797	29	32	65.5	33.5	0.8680	0.0037



$$\frac{\hat{\epsilon}^{\circ} c - m^2 \hat{u}}{\hat{e} W \hat{u}} \quad \text{اللاقط الأول}$$

الشكل (1): يبين اللاقط الأول ذو الصفيحة الماصة بطلاء أسود غير لماع.

h %



$$\frac{\hat{\epsilon}^{\circ} c - m^2 \hat{u}}{\hat{e} W \hat{u}} \quad \text{اللاقط الثاني}$$

الشكل (2): يبين اللاقط الثاني ذو الصفيحة الماصة بطلاء أسود غير لماع مضاف إليها مركبات  $(CF_x)$ .

. التجربة الثانية:

تمتّ خلال شهر حزيران تاريخ 2005/6/17 ما بين الساعة 11-3/ ظهراً.  
اللاقط الأول: ذو الصفيحة الماصة المدهونة بطلاء أسود غير لمّاع. كما في الجدول (3) والشكل (3).

جدول (3): يبين اللاقط الأول ذو الصفيحة الماصة بطلاء أسود غير لمّاع.

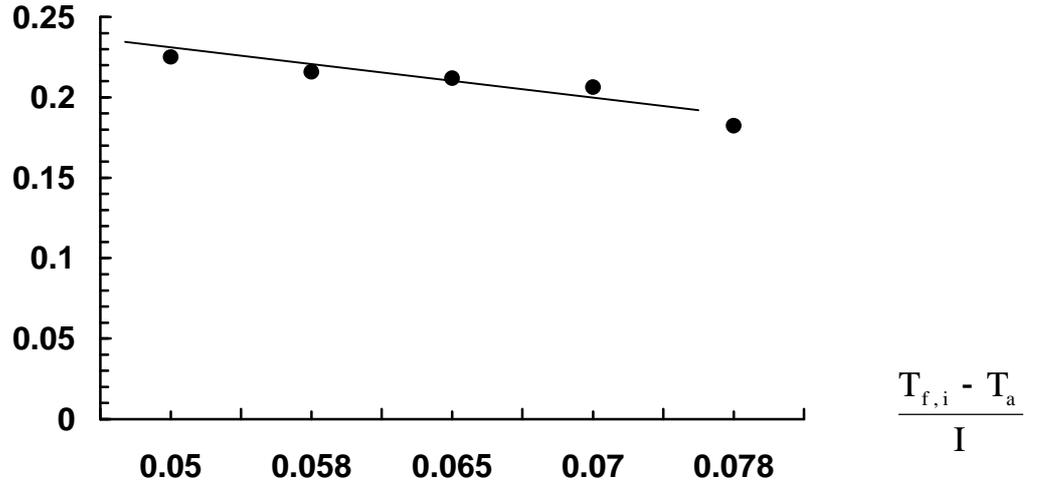
$Q_u$ (W)	$\dot{m}$ (kg/sec)	$I$ (W/m <sup>2</sup> )	$T_a$ (°C)	$T_{f,i}$ (°C)	$T_e$ (°C)	$DT$ (°C)	$h$	$\frac{T_{f,i} - T_a}{I}$ $\frac{°C - m^2 \dot{u}}{W \dot{u}}$
352.1 2	0.0136	702	27	82	88.2	6.2	0.1823	0.078
403.2 3	0.0136	711	27	77	84.1	7.1	0.2062	0.070
420.2 7	0.0136	721	27	74	81.4	7.4	0.2119	0.065
460.0 2	0.0136	775	27	72	80.1	8.1	0.2158	0.058
488.4 2	0.0136	789	27	67	75.6	8.6	0.2251	0.050

اللاقط الثاني: ذو صفيحة ماصة مدهونة بطلاء عادي أسود غير لمّاع مضاف إليه مركبات ( $CF_X$ ). كما في الجدول (4) والشكل (4).

جدول (4): يبين اللاقط الثاني ذو الصفيحة الماصة بطلاء أسود غير لمّاع مضاف إليها مركبات ( $CF_X$ ).

$Q_u$ (W)	$\dot{m}$ (kg/sec)	$I$ (W/m <sup>2</sup> )	$T_a$ (°C)	$T_{f,i}$ (°C)	$T_e$ (°C)	$DT$ (°C)	$h$	$\frac{T_{f,i} - T_a}{I}$ $\frac{°C - m^2 \dot{u}}{W \dot{u}}$
380.51	0.0136	704	27	74	80.7	6.7	0.1965	0.066
471.38	0.0136	711	27	72.5	80.8	8.3	0.2410	0.063
511.14	0.0136	719	27	67.5	76.5	9	0.2585	0.056
567.93	0.0136	755	27	63	73	10	0.2735	0.047
596.33	0.0136	788	27	54	64.5	10.5	0.2751	0.034

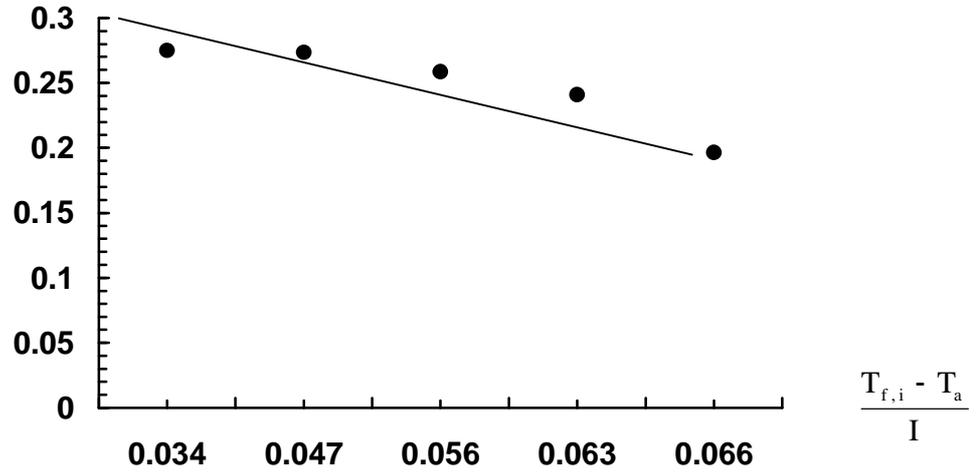
h %



$$\text{اللاقط الأول} \quad \frac{\epsilon^{\circ} c - m^2 \dot{u}}{\hat{\epsilon} \frac{W}{e} \dot{u}}$$

الشكل (3): يبين اللاقط الأول ذو الصفيحة الماصة بطلاء أسود غير لامع.

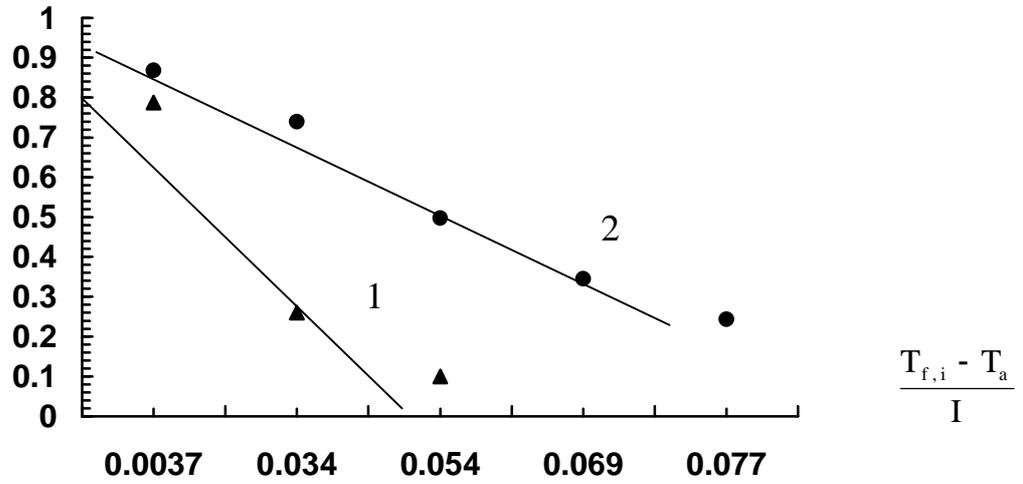
h %



$$\text{اللاقط الثاني} \quad \frac{\epsilon^{\circ} c - m^2 \dot{u}}{\hat{\epsilon} \frac{W}{e} \dot{u}}$$

الشكل (4): يبين اللاقط الثاني ذو الصفيحة الماصة بطلاء أسود غير لامع مضاف إليها مركبات  $(CF_X)$ .

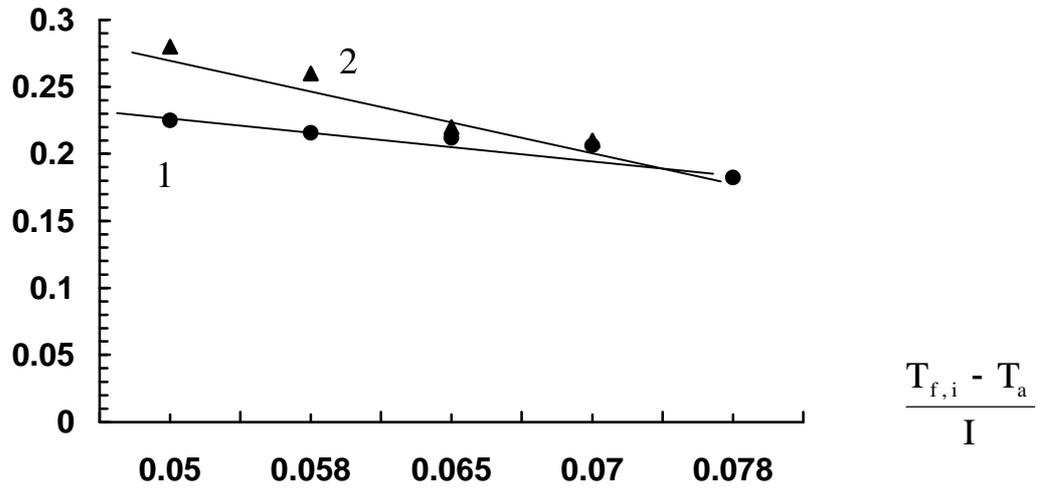
h %



التجربة الأولى  $\frac{\hat{e}^{\circ} c - m^2 \dot{u}}{\hat{e} W \dot{u}}$

الشكل (5): مقارنة بين اللاقطين الأول والثاني في التجربة الأولى.

h %



التجربة الثانية  $\frac{\hat{e}^{\circ} c - m^2 \dot{u}}{\hat{e} W \dot{u}}$

الشكل (6): مقارنة بين اللاقطين الأول والثاني في التجربة الثانية.

**المناقشة:**

- 1- نلاحظ بالمقارنة بين المنحنيات أن أفضل مجمع هو الذي يمتلك منحني مردود لحظي يحقق قيم عالية لـ  $h$  من جهة ويحقق عدم انهيار شديد في هذه القيم عند تغير النسبة  $\frac{T_{f,i} - T_a}{I}$  من جهة أخرى، فكلما كان الانهيار بطيئاً كان المردود أفضل.
- 2- نلاحظ أن اللاقط المدهون بطلاء أسود مضاف إليه مركبات ( $CF_X$ ) حقق قيماً لـ  $h$  أكبر من اللاقط المدهون بطلاء أسود فقط.
- 3- تركنا اللاقطين مدة شهر تقريباً يتعرضان لاهتراء بحيث لم نمرر بهما الماء، وذلك كي نستطيع تحديد فعالية المواد ( $CF_X$ ) المضافة للطلاء الأسود العادي، وكما نلاحظ فإن المردود قد تحسن في حالة المواد المضافة للطلاء الأسود (كما في التجربة الثانية).

**الخاتمة:**

إن الهدف من هذا البحث دراسة فعالية مواد فلوريد الكربون المستخدمة في فرنسا لإنتاج البطاريات من أنواع خاصة، كمواد انتقائية للأسطح الماصة، وقد أدت لتحسين مردود اللاقط بنسبة (10.25% في التجربة الأولى و22.22% في التجربة الثانية).

ويمكن أيضاً دراسة هذه المواد باعتبارها مواد مزلفة في الأمور المتعلقة بالتآكل والاحتكاك أي كمواد تزيينية تسهل آلية حركة اللواقط الدوارة [1].

**المراجع:**

- [1] HAMWI - A – 2000 – Fluorine Reactivity With Graphite And Fullernes . Blaise Pascal – France.
- [2] TSUYA – Y – 1995 – Tribology of Graphite Fluorides , Tokyo – Japan.
- [3] NAKAJIMA – T – 1995 – Fluoride – Carbon And Fluoride – Carbon Materials, graduate school of engineering – Kyoto university Kyoto – Japan.
- [4] ASHRAE – 1993 - Standard The Thermal Testing To Determine The Thermal Performance Of Solar Collectors , New York – U.S.A.