مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (31) العدد (2) 2009
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (31) No. (2) 2009

استخدام فلوريد الكربون للتقليل من الاحتكاك والتآكل في القطع الميكانيكية المتحركة

نقولا حموي*

(تاريخ الإيداع 30 / 11 / 2008. قُبِل للنشر في 2009/4/14)

□ الملخّص □

إن سلوك الاحتكاك والتآكل للقطع المتحركة آلياً معقد إذ يعتمد على تركيبها ودرجة الحرارة وسرعة التردد والضغط ويشكل أهم خواص السطح تجاه السطح المقابل. ومن المعروف أن معامل الاحتكاك في حالة الاحتكاك الجاف تعتمد إلى درجة كبيرة على ضغط التماس وسرعة الانزلاق وشكل الأسطح الموجودة وتكرار دورات الإنزلاق وعلى المواد المتوفرة وتوزع درجة الحرارة إلخ.....

إنّ فلوريد الكربون من نوع CF_x يمكن استخدامه في عمليات الاحتكاك كمواد مزلقة صلبة فهو مؤلف من الكربون والذي هوعبارة عن مادة مؤلفة من صفائح ولديه الإمكانية بأن تتوضع بين صفائحه أنواعاً من العناصر مثل الفلور وأنّ التفاعل بين هذين العنصرين يعطينا فلوريد الكربون.

نقصد بالمادة المزلقة الصلبة تلك التي تقوم بانقاص درجة الاحتكاك أو التآكل بين أجزاء ميكانيكية قوية.

لذلك قمنا باختبار هذه المادة CF_x على الاحتكاك والرطوبة وعلى جهاز لقياس معامل الإحتكاك لها وكذلك على جهاز لتحديد التآكل بوجود هذه المادة الجديدة وتمّ تحديد الكثير من المواصفات والمعاملات لهذا المركب.

الكلمات المفتاحية: فلوريد الكربون، الاحتكاك، التآكل، التزليق، الرطوبة.

* مدير أعمال – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية–جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (31) العدد (2) 2009
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (31) No. (2) 2009

The Use of Carbon Fluoride (CF_X) Compound to Minimize Friction and Wear in Moving Mechanical Parts

Nicolas Hamwi*

(Received 30 / 11 / 2008. Accepted 14 / 4 / 2009)

□ ABSTRACT □

The friction and wear conduct of automotive brake linings is complex and depends on their structure, temperature, rubbing speed, pressure, and most importantly the characteristics of the counter surface. Moreover, it is known that the coefficient of friction in the dry friction case considerably depends on the contact pressure, sliding velocity, size and shape of surfaces, repeated sliding cycles, available materials, temperature distribution, etc…. [Graphite] Fluoride CF_x can be used in friction cases as a solid lubricant. It consists of Graphite gas and Fluoride, a substance comprised of seams, prone to have some components of fluoride stuck amid these seams. The outcome of the interaction involving these two components is Carbon Fluoride.

The solid lubricant indicates a substance reducing friction rate or wear of efficient mechanical parts. The current researcher has, therefore, tested CF_x in terms of fiction and humidity, using friction and wear tester. Many parameters and characteristics of this compound have been determined.

Key words: Fluoride Carbon, friction, wear, lubrication, humidity.

***Work Manager, Faculty of Electrical and Mechanical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**

مقدمة:

إنّ فلوريد الكربون مادة مؤلفة من صفائح ولديه الإمكانية أن تتوضع بين صفائحه وبسهولة أنواعٌ من العناصر مثل الفلور.

إنّ التفاعل بين هذين العنصرين يوّلد فلوريد الكربون الذي يتم استخدامه منذ سنوات عديدة كقطب سالب (مهبط) في بطاريات الليثيوم [1]. يتفاعل الغرافيت مع الفلور الغازي اعتباراً من الدرجة 300^o وحتى 600^o درجة مئوية ويتغيّر تركيب فلوريد الكربون بتغيّر درجة الحرارة وزمن التفاعل.

إنّ المركبات المحضرة في درجات حرارة تتراوح ما بين 300^o و 500^o درجة مئوية تكون ذات لون أسود، وفي درجات حرارة أكثر ارتفاعاً عند التحضير يصبح اللون أقل قتامةً، وفي حوالي الدرجة 550^o درجة مئوية يكون اللون رمادياً وفي حوالي الدرجة 600^o درجة مئوية يصبح أبيضاً [2].

إنَّ فلوريد الكربون من نوع CF_x هو المستخدم في بحثنا هذا، حيث x: معدّل الفلورة وتتراوح قيمتها ما بين 1- 0.6 حين تزيد درجة الحرارة بين 300^o-600^o درجة مئوية وهذه المواد تحضّر في المخابر الفرنسية ويمكن استخدامها في عمليات الاحتكاك كمواد مزلقة صلبة وكذلك في العديد من التطبيقات الميكانيكية الأخرى على شكل مادة صلبة [3]، [4].

تعتبر بعض المركبات ذات خواص تزليقية جيدة ومقاومة للأكسدة، ولكن الجانب السلبي لهذه المركبات يكمن في أن زيادة قيم الرطوبة النسبية تؤدي إلى تزايد درجة احتكاكها وتناقص في عمر تآكلها. تهدف هذه الدراسة إلى إظهار خواص مادة فلوريد الكربون الجديدة كمواد تقلل من عمليات الاحتكاك والتآكل، وتحسن من خواص بعض العناصر عندما تضاف لها هذه المادة.

ويُعرف الاحتكاك بأنّه المقاومة تجاه الانزلاق النسبي بين جسمين متماسين يخضعان لحمل متعامد. أما معامل الاحتكاك فهو النسبة بين القوة الاحتكاكية (المماسية) F_t المطلوبة لقص نقاط الاتصال (قوة إحتكاكية) وبين الحمولة العادية (الناظمية) F_n [5].

أمّا التآكل فيعرّف بأنّه الخسارة المستمرة أو زوال المادة عن سطحٍ ما، وله دلالة اقتصادية وتكنولوجية هامة لأنّه يغيّر شكل القطعة.

يجب التمييز بين التآكل والعمليات المشابهة الأخرى مثل الصدأ أو ضرورة معرفة أنّ التآكل هو ظاهرة ميكانيكية بحتة. إنّ أغلب الدراسات مركزة على دراسة سرعة التآكل أي عملية التآكل بالزمن [6].

أهمية البحث وأهدافه:

إن الغاية من البحث إظهار أهمية مواد فلوريد الكربون CF_x المنتجة حالياً في فرنسا كمواد مزلقة صلبة من شأنها تخفيف الاحتكاك والتآكل، والتقليل من درجة حساسية العناصر تجاه الرطوبة.

طرائق البحث ومواده:

1- إجراء تجارب على مواد CF_x الجديدة من خلال حساب معامل الاحتكاك بواسطة جهاز يقيس معامل الاحتكاك بالنسبة لعدد الترددات.

2- اختبار المادة على التآكل من خلال جهاز اختبار خاص مصنوع محلياً.

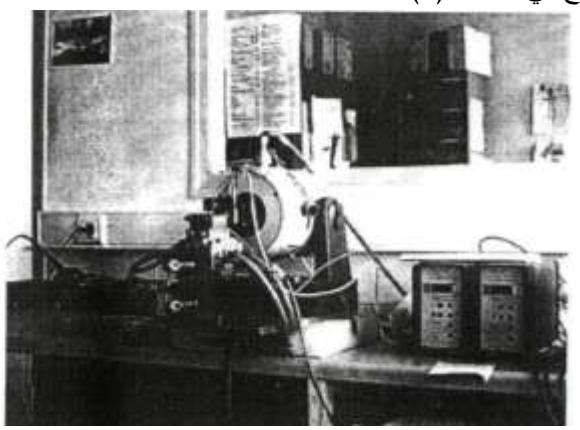
3- اختبار المادة على الاحتكاك والرطوبة من خلال طريقة الترسيب بالليزر النبضي.

النتائج والمناقشة:

الجزء العملي ونتائج القياسات:

1- حساب معامل الاحتكاك للمادة الجديدة CF_x:

لإيجاد عامل الاحتكاك للمادة المختبرة CF_x نقوم باختبارها على جهاز يتألف من كرة فولاذية تتحرك على صفيحة فولاذية كما هو موضّح في الشكل (1).



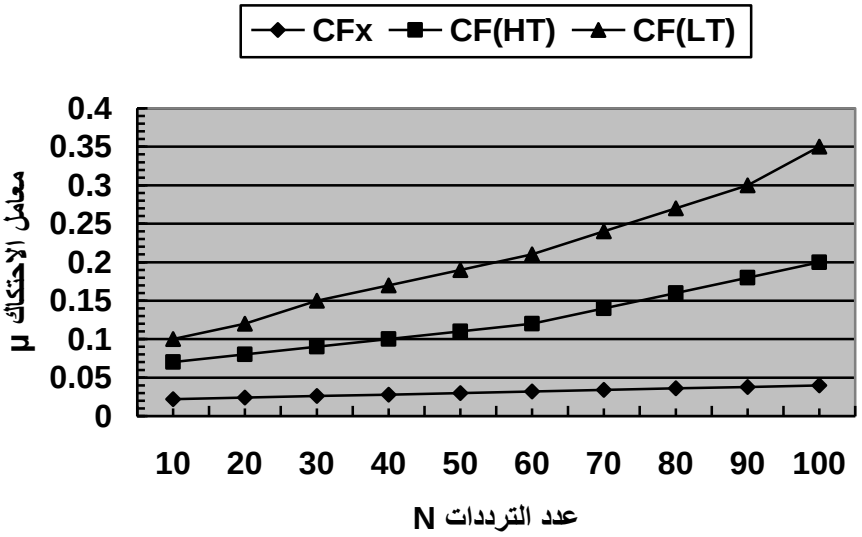
الشكل (1): جهاز الاختبار

بحيث يتم ضغط الكرة الفولاذية (نوع C_6 100) بقطر mm 10 مثبتة ضمن صفيحة بقوة ناظمية (حمولة ناظمية) N 10 وذلك على صفيحة فولاذية (نوع C_6 100) أبعادها mm(10x2) تحتوي على مادة فلوريد الكربون (CF_x) حيث تقوم الكرة بواسطة عنصر موّجه وجهاز التدوير بحركة تقدمية تراجعية (ترددية) وبسرعة انتقال 2 mm/s مع ملاحظة أنّ الدورة عبارة عن حركة انزلاقية للكرة ذهاباً وإياباً.

ويتم إيجاد القوة المماسية "F_t" عن طريق راسم تذبذبات يبيّن قوة الاحتكاك المماسية ونشير هنا إلى ضرورة تنعيم السطوح بورقة شحذ درجة النعومة (1000 – 400) وذلك من أجل تأمين أفضل التصاق للفلم (المادة المزلقة) ويجب غسل السطوح في أحواض من إيتانول وأسيتون. ويتم وضع المركب على صفيحة ثم يُسحق بمساعدة صفيحة أخرى (موضوعة الكرة بداخلها) إلى أن يتشكّل فلم التزييت.

إنّ الغاية من حساب معامل الاحتكاك، معرفة الضياعات الحرارية الناتجة عن التحاك بين معدنين وبالتالي معرفة التآكل.

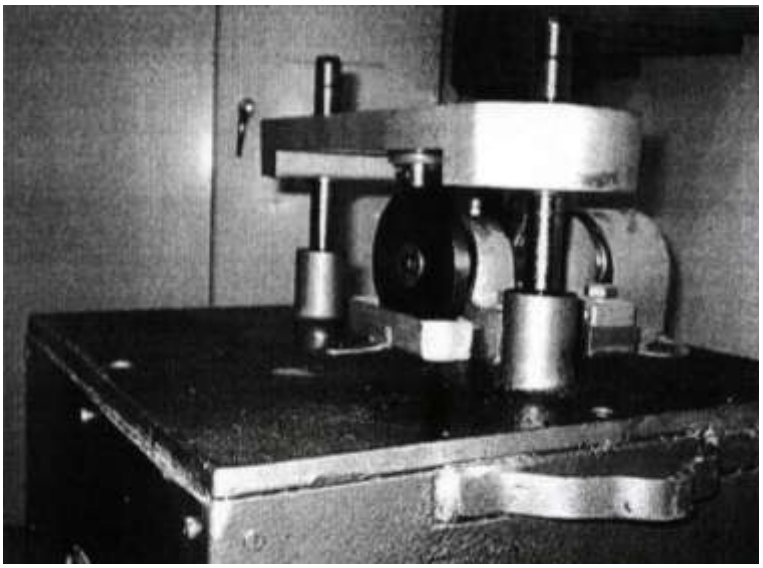
ويوضح الشكل (2) علاقة معامل الاحتكاك بعدد الدورات $\mu = f(n)$ لنوعين من مركبات (CF_x) المحضرة في درجات حرارة تتراوح ما بين 250^o و 600^o درجة مئوية بالإضافة للمركب الجديد (CF_x) المحضّر حديثاً.



الشكل (2): يبيّن علاقة معامل الاحتكاك بعدد الترددات (عدد المرات ذهاباً وإياباً) للكرة.

2- اختبار المادة الجديدة (CF_x) على التآكل:

قمنا بإجراء اختبار التآكل على المادة الجديدة (CF_x) على جهاز اختبار (الشكل 3) مؤلف من:



الشكل (3): جهاز الاختبار على التآكل.

1- قرص احتكاك مصنوع من الفولاذ ويدور بواسطة محرك كهربائي.

2- حوض تجميع الزيت الهيدروليكي.

3- حمولة مطبقة على سطح الاحتكاك حيث بمنتصفها المكان الذي توضع فيه عيّنة الاختبار.

الثوابت: سرعة الاحتكاك 1 m/s وهي السرعة المماسية لقرص الاحتكاك، قرص الاحتكاك من الفولاذ المسقي ST45 قساوته 50MRC، قطر 10 cm.

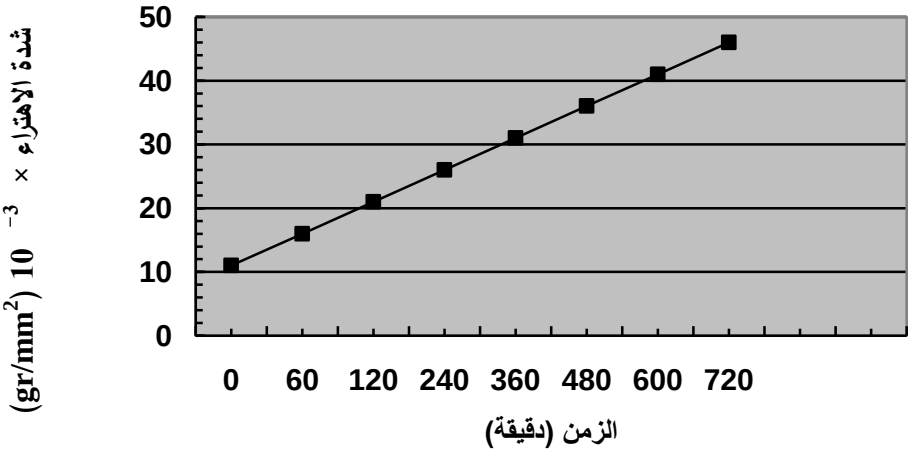
التجربة الأولى: سطح الإحتكاك $A = 1 \times 3 = 3\, mm^2$

قمنا بإجراء الاختبار على عينة من الفولاذ منخفض الكربون وزنها $22.31\ gr$ وذلك باستخدام زيت هيدروليكي وسجلّنا النتائج الموضحة في الجدول رقم (1):

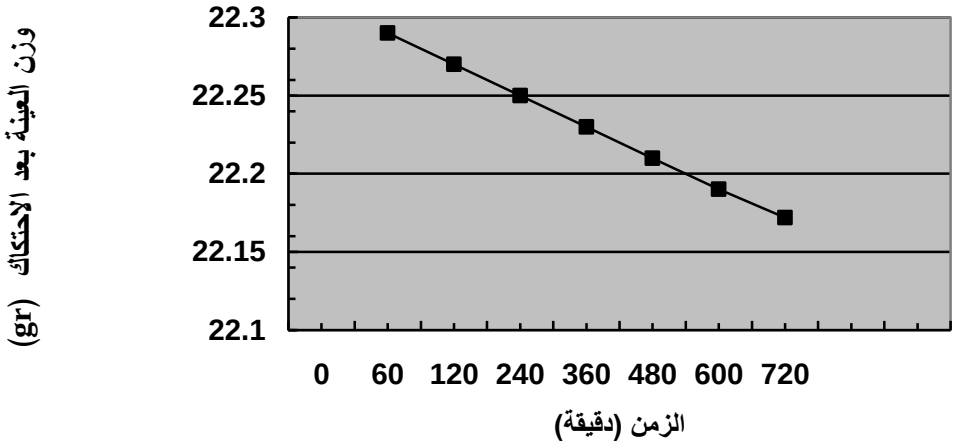
الجدول رقم (1): يبين قيم شدة الاهتراء ووزن العينة بعد الاحتكاك مع الزمن.

الزمن (دقيقة)	الضياع بالوزن (gr)	وزن العينة بعد الإحتكاك (gr)	شدة الإهتراء = الضياع بالوزن/مساحة سطح الإحتكاك (gr/mm^2)
60	0,011	22,299	$3{,}66.10^{-3}$
120	0,033	22,277	11.10^{-3}
240	0,056	22,254	$18{,}66.10^{-3}$
360	0,077	22,233	$25{,}66.10^{-3}$
480	0,11	22,2	$36{,}66.10^{-3}$
600	0,13	22,18	$43{,}33.10^{-3}$
720	0,138	22,172	46.10^{-3}

واستناداً للجدول السابق نرسم منحنيين بيانيين الأوّل يمثل علاقة شدة الاهتراء بالزمن والثاني يمثّل وزن العينة بعد الاحتكاك بالزمن، الشكلين (4) و (5).



الشكل (4): علاقة شدة الاهتراء بالزمن.



الشكل (5): علاقة وزن العينة بعد الإحتكاك بالزمن.

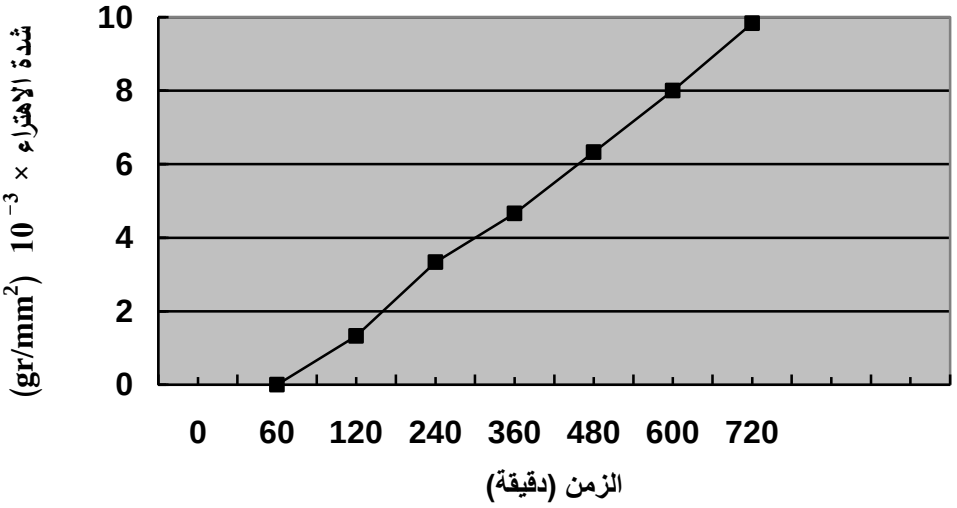
التجربة الثانية:

قمنا بإجراء الاختبار على عيّنة مماثلة للسابقة وزنها 22,61 gr وذلك باستخدام زيت هيدروليكي مماثل للسابق لكن مضاف إليه المادة الجديدة (CF_x) بنسبة (15 gr زيت + 1,5 gr من المادة CF_x) أي 10% وسجلنا النتائج الموضحة في الجدول رقم (2).

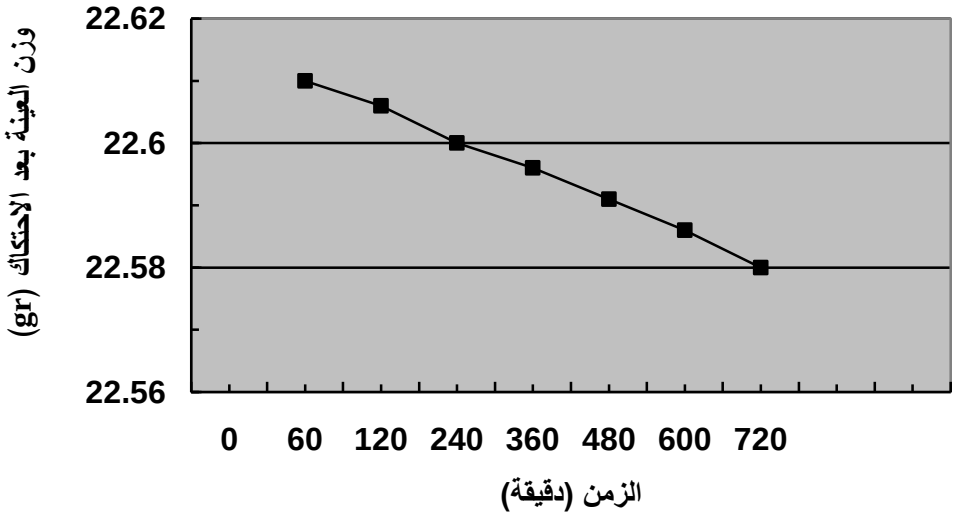
الجدول رقم (2): يبين قيم شدة الاهتراء ووزن العينة بعد الاحتكاك مع الزمن.

الزمن (دقيقة)	الضياع بالوزن (gr)	وزن العينة بعد الاحتكاك (gr)	شدة الاهتراء = الضياع بالوزن/مساحة سطح الاحتكاك (gr/mm^2)
60	-	22,61	-
120	0,004	22,606	$1,33.10^{-3}$
240	0,010	22,60	$3,33.10^{-3}$
360	0,014	22,596	$4,66.10^{-3}$
480	0,019	22,591	$6,33.10^{-3}$
600	0,024	22,586	8.10^{-3}
720	0,0295	22,58	$9,83.10^{-3}$

واستناداً إلى لجدول السابق رسمنا المنحنيات البيانية التالية (الشكلين 6 و 7).

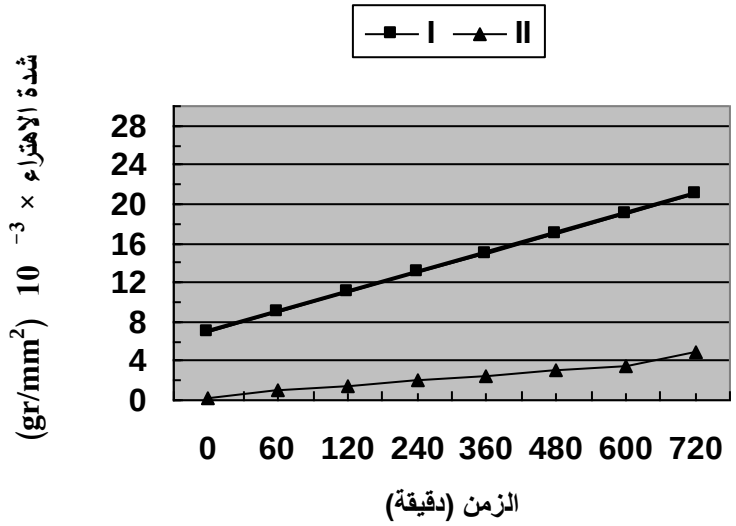


الشكل (6): علاقة شدة الاهتراء بالزمن في التجربة الثانية.



الشكل (7): علاقة وزن العينة بعد الاحتكاك بالزمن في التجربة الثانية.

وللمقارنة بين التجربتين نوضح في الشكل (8) علاقة شدة الاهتراء بالزمن للتجربتين السابقتين.



الشكل (8): مقارنة شدة الاهتراء بالزمن في التجربتين الأولى والثانية.

3- اختبار المادة الجديدة (CF_x) على الاحتكاك والرطوبة:

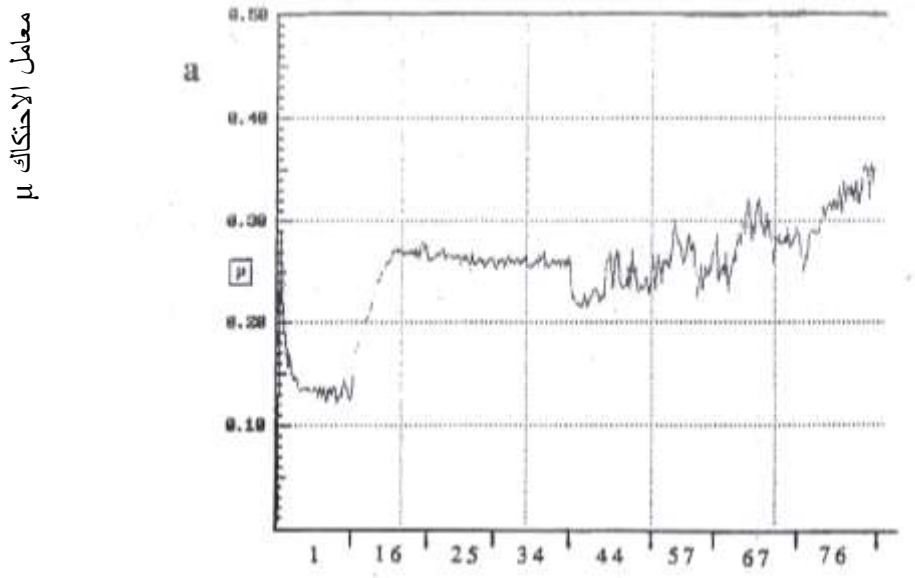
أجريت الدراسة على مادة فلوريد الكربون (CFx) كإضافة إلى طبقات ثاني كبريت التنغستين الرقيقة WS2 حيث تمّ تشكيل الطبقات على أقراص ستانليس مقسّاة عيار C 440 بطريقة الترسيب بالليزر النبضي. وتمّ استقصاء تأثير الرطوبة على الاحتكاك.

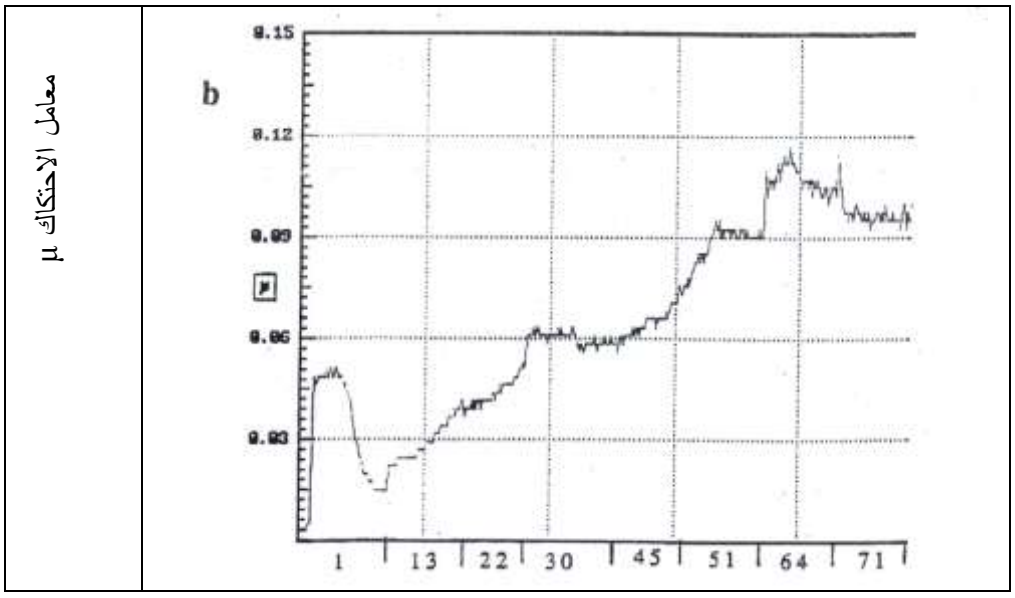
والغاية من إضافة مادة فلوريد الكربون لمعدن WS2 (الذي يعتبر معدن مقاوم للأكسدة حتى حوالي الدرجة 450 مئوية) إلى تحسين خواصه الاحتكاكية. وقد جرت العديد من الدراسات حول تقييم هذه المواد المضافة لأجل تخفيض درجة حساسية الطبقات الصلبة المزلقة تجاه الرطوبة. وتمّ اختيار فلوريد الكربون لكونها ذات خواص تزليق جيدة في حوالي الدرجة 450 مئوية.

وتمّ اختيار طريقة الليزر النبضي لتكثيف خلائط ($WS2-CF_x$) كونها تشكّل طبقات ذات خواص احتكاك ممتازة [7].

فباستخدام تقنية التكثيف الليزري النبضي أمكن تشكيل طبقات من مادتي WS2 و CF_x، وتميّزت بخواص احتكاكية ضئيلة ومقاومة عالية للتآكل.

ونشاهد في الشكل (9) عوامل الاحتكاك مقابل الرطوبة النسبية من طبقات ترسبت بدرجات حرارة 300 مئوية ودرجة حرارة الغرفة RT.





شكل (9): يوضح علاقة معامل الاحتكاك مع الرطوبة النسبية: (a) بدرجة حرارة 300 مئوية، (b) بدرجة حرارة الغرفة.

الاستنتاجات والتوصيات:

1- نلاحظ من حساب معامل الاحتكاك للمادة الجديدة أنّه كلما كان معامل الاحتكاك قليلاً كان ذلك أفضل للمعدن بحيث يطول عمره وتتم المحافظة عليه من التآكل والاهتراء. ففي اختبارنا للمادة الجديدة وصل معامل الاحتكاك لحدود 4% عند عدد ترددات 100.

2- عند اختبار المادة الجديدة على التآكل لاحظنا أنَّ التآكل بدا واضحاً اعتباراً من الدقيقة (60) أي بعد ساعة وذلك بالنسبة للتجربة الأولى (بدون استخدام المادة الجديدة) بينما في التجربة الثانية (عند استخدامنا للمادة الجديدة CF_x) بدا يظهر بعد أربع ساعات وبقيمة قليلة جداً.

3- تتصف الطبقات المتشكلة بمواد الـ CF_x الجديدة ذات التركيز العالي بعدم حساسيتها تجاه الرطوبة.

4- تتصف الطبقات المتشكلة بدرجة حرارة هواء الغرفة بعوامل احتكاك ممتازة مع قيم رطوبة ضئيلة مقارنة مع الطبقات المتشكلة بدرجة حرارة 300 مئوية.

إنَّ الهدف من هذا البحث إظهار المادة الجديدة (CF_x) المستخدمة في فرنسا لإنتاج أنواع خاصة من البطاريات كمواد مزلقة في الأمور المتعلقة بالاحتكاك والتآكل أي كمواد تزييتية تسهّل من حركة الآليات وتخفف الضياعات الحرارية بالتقليل من الاحتكاك والحد من التآكل. وكذلك تقلل درجة حساسية بعض العناصر تجاه الرطوبة.

المراجع:

[1] Le Group Francais *d'Etudes des Carbones*, *Les Carbones*, Blaise Pascal, France, 1995

[2] NAKAJIMA T., and WATANABE N., *Graphite Fluorides and Carbon – Fluorine Compounds*, CRC Press, Boca Raton, 1991.

[3] TSUYA Y., *Tribologys of Graphite Fluorides*, Tokyo – Japan, 1995.

[4] KOA F.H., LEEA C. Y., KOA C. J., CHU T. C., *Carbon* , Blaise Pascal, France, 2005.

[5] KATO T., MAGARIO A., *Wear of Aramid Fibre Reinforced Brake Pads: The Role of Aramid Fibres*, *STle Tribol.* Blaise Pascal, France, 1994.

[6] FRIEDRICH K., FRIEDRICH INK., *Friction and Wear of Polymer Composites*, Elsevier, Amsterdam, 1986.

[7] DONLEY, M.S., ZABINSKI, J.S., DYHOUSE, VJ., *Lectures notes in Physics*, New York, 1991.