

تأثير مادة الطبقة المميعة عند درجات حرارة مختلفة

على بلى المعادن المغمورة فيها

وليد جلال علي

معن سعد الدين الدباغ

جامعة الموصل - كلية الهندسة - قسم الهندسة الميكانيكية

الخلاصة

تستخدم الطبقات المميعة في زيادة معامل الانتقال الحراري للمبادلات الحرارية، تتكون مادة الطبقة عادة من الرمل بأنواعه (رمل السيليكيا ،الألومينا .. الخ) . أثناء استخدام هذه الطبقة تصطدم حبيبات الرمل بالسطح المغمور و يسرع مختلفة . يهدف البحث إلى دراسة تأثير مادة الطبقة المميعة على سطوح المعادن المغمورة فيها وعلى كمية المعدن المزال بعملية البلى (wear) ودرجات حرارية مختلفة للهواء المميع . وقد تبين أن كمية المعدن المزال قليلة جداً بالنسبة لساعات التشغيل وذلك لأن سرعة الحبيبات قليلة جداً بالنسبة لعملية إزالة المعدن هذا يوضح أن المبادلات التي تعمل بالطبقات المميعة لها القابلية على تنظيف سطوح المعادن المغمورة فيها بنفسها، كما دلت النتائج على أن معدن الألمنيوم أسرع المعادن المستخدمة وأكثرها تأثراً بعملية التمييع حيث كانت نسبة الفقدان في الوزن بعد مرور 48 ساعة تشغيل هي (0.5%) من الوزن الأصلي أما سبيكة النحاس الأصفر والصلب منخفض الكربون فقد كانت النسب (0.005 % ، 0.0042 %) على التوالي من الوزن الأصلي . أما كمية المعدن المزال عند رفع درجات الحرارة فكانت النسبة اكبر بشئ قليل عما كانت عليه عند درجة حرارة البيئة ولآخر 8 ساعات تشغيل، وقد كانت نسبة فقدان الوزن بالنسبة لمعدن الألمنيوم (0.9%) أما سبيكة النحاس الأصفر والصلب منخفض الكربون فقد كانت النسب (0.007% ، 0.006%) على التوالي . وقد تم التوصل إلى معادلات تجريبية تربط بين وزن القطعة وساعات التشغيل وكذلك بين وزن القطعة ودرجة حرارة الهواء المميع عند رفع درجة حرارته .

Effect of fluidized bed material at different Temperatures on the wear of the immersed metal surfaces

Maan S. Al-Dabbagh

Assistant Lecturer

Waleed Jalal Ali

Assistant ProffESSOR

Coll. of Eng. Univ. of mosul

Abstract

Fluidized beds are used to increase heat transfer coefficient in heat exchangers. Usually the bed material is from sand (silica, Alumina...etc.). During the use of the bed, the sand particles collide with the submerged surface at different velocities.

In this work, the effect of fluidized bed material on the metal surface submerged in it, and metal removed by wear at different air temperature was studied. It was found that the metal removed is very small because the velocity of sand particles is very small. This shows that heat exchanger, in which the fluidized bed is used, has ability to clean the submerged metal surface by it self. Results also showed that Aluminum was faster and more affected by fluidization than other metals used, for the same working period (48hr), the weight lost by Aluminum was 0.5 % while that for brass and low carbon steel were 0.005 % and 0.0042 % from the original weight respectively.

The removed metal increased when the fluidized bed temperature was raised. The weight lost at last 8 hours period, by; Aluminum was 0.9 % and that for brass and low carbon steel were 0.007% and 0.006% from the original weight respectively.

Experimental correlations of piece weight and working hours, and piece weight and fluidized bed temperature were proposed.

Key words: heat transfer – heat exchanger - fluidized bed – wear of metals.

قبل في 2007/7/3

الرموز والمصطلحات :-
استلم في 2006/12/12

mm	<u>قطر الحبيبة</u>	d
mm	<u>القطر المتوسط للحبيبات الصلبة</u>	d_p
mm	<u>المتوسط الحسابي لقطر المنخل الذي دخلت منه العينة</u>	d_i
	<u>ثابت [15]</u>	K_4
Kg	<u>الكتلة</u>	m
	<u>عدد للجسيمات الحاقة والقاطعة في زمن معين</u>	N
m/s	<u>سرعة المميع الدنيا</u>	U_{mf}

الدباغ : تأثير مادة الطبقة المميعة عند درجات حرارة مختلفة على بلى المعادن المغمورة فيها

m/s	<u>سرعة الحبيبات</u>	
m ³	<u>الحجم</u>	V
Kg	<u>وزن المعدن المزال</u>	Q
	<u>النسبة بين كتلة العينة المتبقية على المنخل إلى كتلة العينة الكلية</u>	X _I
N/m ²	<u>إجهاد الخضوع للمعدن</u>	y
kg/m ³	<u>الكثافة الظاهرية للرمل</u>	
kg/m ³	<u>كثافة الهواء</u>	a

المقدمة :

تستخدم الطبقات المميعة لزيادة الانتقال الحراري حيث يتم غمر مجموعة من الأنابيب المزعفة في طبقة مميعة ضحلة تحتوي على مادة صلبة على شكل حبيبات لزيادة المعدل الكلي للانتقال [1] ويسلط عليها هواء من الأسفل لإجراء عملية التميع بكمية وسرعة تصميمية معينة .

هنا أنواع من الحبيبات في الطبقة المميعة منها (الرمل بأنواعه ، الزجاج بأنواعه ، برادة الصلب منخفض الكربون ، أكسيد الألمنيوم مع الرمل) وقد أجريت دراسات عديدة حول استخدام هذه المواد منها الدراسات النظرية و العملية [2,3,4,5,6] حيث وجد أن معدل الانتقال الحراري في الطبقات المميعة يعتمد على عدة عوامل منها سرعة المميع وحجم وكثافة الحبيبات وخواصها الفيزيائية .

إن تيار الهواء (المميع) الداخل إلى الطبقة المميعة يقوم باننزاع الحرارة منها والتي قد تم انتزاعها أصلاً من المبادل الحراري وطردها إلى الجو . كما أن التيار الهوائي يتم دفعه بواسطة مراوح طرد مركزي أو هواء مضغوط [7,8] .

في الطبقات المميعة يكون الهواء عادة (المميع الخارجي) هو العامل في نقل الحرارة من وإلى الطبقة ، فإن كان الهواء ساخناً سيؤدي إلى تسخين الطبقة وبالعكس في حالة كونه بارداً سيؤدي إلى انتزاع الحرارة [2,3] .

إن التآكل الميكانيكي الذي يحدث بالأجزاء المعدنية في محركات الطائرات والصواريخ وأجهزة توليد البخار والنتاج عادة عن ارتطام الحبيبات الصلبة الصغيرة والموجودة في الهواء الجوي أو الوقود والبخار بالأجزاء الدوارة ، وهو متوقع الحدوث ، وقد يسبب أضراراً بالغة الأهمية في الأجهزة بسبب السر العالية لهذه الحبيبات في أماكن استخدامها . ويؤخذ هذا الجانب بأهمية بالغة من لدن المصممين من أجل التقليل من معدل التآكل في الأجهزة باستخدام مرشحات للهواء المستخدم في الأجهزة أو طلاء سطوح المعادن بطبقة مانعة للتآكل لتحسين أداء المنظومات والتقليل من الخسائر . ولما كانت المبادلات الحرارية التي تعمل بالطبقات المميعة تحتوي على مجموعة من الأنابيب المزعفة ويصطدم بها الغاز المميع

بسرعة تعتمد على طبيعة الطبقة المميعة كان لا بد من الاهتمام بهذا الجانب وحساب معدل التآكل الميكانيكي، والمتوقع الحدوث ، على أجزاء المبادل [9].

[10] في دراسته عن التآكل الميكانيكي أن هناك عدة عوامل مؤثرة ولها علاقة مباشرة في التآكل الميكانيكي الناتج عن ارتطام الحبيبات بالسطوح المقابلة للتيار ومن هذه العوامل :

1. سرعة الحبيبات () أقل سرعة هي 100 \ .
2. زاوية الارتط (بين 20 90) .
3. كثافة الحبيبات.
4. كتلة الحبيبات الصلدة.
5. تأثير طبقة الهواء الباردة .
6. قطر الحبيبة .

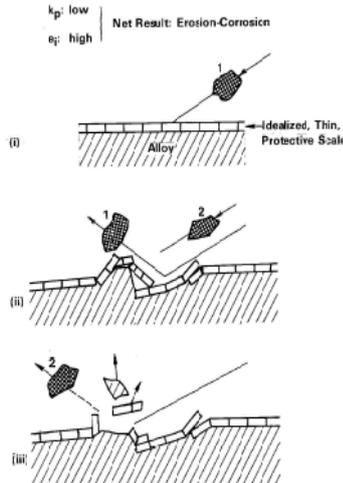
وكذلك شكل الحبيبة فله بعض التأثير في التآكل مثل (شكل الحبيبة الزاوي زجاج الكوارتز) التي لها تأثير أكبر من الحبيبات ذوات الشكل الكروي كما إن الحبيبات الأكثر صلادة تسبب تأثيراً أكبر في التآكل الميكانيكي [11] .

أثبتت البحوث التي أشار إليها العلاف أن اكبر تأثير للتآكل الميكانيكي لمعدن من سبيكة الألمنيوم 2024 يحصل عندما تكون زاوية الارتطام هي 20 درجة وعندما تزداد زاوية الارتطام إلى 90 درجة فإن تأثير تآكل الميكانيكي يقل إلى اقل قيمة وعلى أي حال فإن المعدن الهش يحدث به أكبر تآكل ميكانيكي عندما تكون زاوية الارتطام 90 .

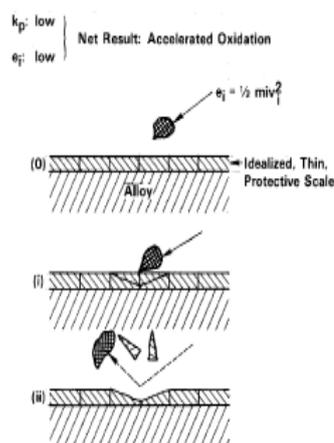
ولما كان المعدن المستخدم للزعنفة هو من مادة الألمنيوم ومعدن الأنبوب من مادة النحاس وكلاهما معدنان غير هشين وإن زاوية الارتطام في المبادل الذي نعمل عليه هي 90 درجة لذلك يكون التآكل الميكانيكي قليلاً جداً .

إن من العوامل المؤثرة على كمية المعدن المزال أيضاً هي الطاقة الحركية للمادة المقذوفة فكما كانت قليلة كانت كمية المعدن اقل والعكس هو الصحيح [12,13,14]. حيث يوضح الشكل (1) هذا التأثير

إن الطاقة الحركية للحبيبات تستخدم عادة في إزالة طبقات من سطوح المعادن بعملية تآكل ميكانيكي ، وقد [15] Pandey, and Shon عملية التآكل الميكانيكي وقد بينا أن العملية لكي تتم يجب إن تكون سرعة الحبيبات ضمن أقل سرعة وهي 150 ثا تقريبا ويجب أن تكون الحبيبات موجهة على الـ



ب



أ

الحسابات النظرية :

لحساب كمية المعدن المزال من سطوح المعادن بواسطة ارتطام الحبيبات بالسطح فقد وجد كل من باندي
[15] Pandey , and Shon علاقة رياضية لحساب كمية المعدن المزال وهذه العلاقة هي:

$$Q = k_4 N d^3 v^{3/2} \left(\frac{\rho_a}{12\sigma_y} \right)^{3/4}$$

.....(1)

تم تحديد سرعة المميع الدنيا (Umf) تجريبياً وفق منحنى العلاقة المعروفة (P = f(u)
ر المتوسط للحبيبات الصلبة باستخدام معادلة بوترييل [16] Botterill .

$$d_p = \left[\sum_i (x_i / d_i) \right]^{-1}$$

.....(2)

أما قيم الكثافة الظاهرة للمواد المستخدمة في التجارب ، فأخذت عينة للمادة ووزنت ومن ثم وضعت في
. وبعد معرفة الكتلة والحجم للعينة تم حساب الكثافة الظاهرة من المعادلة:

$$V = m / \rho$$

.....(3)

وقد تبين أن الكثافة الظاهرية للرمل المستخدم هي بحدود 1600 kg/m^3

الجانب العملي :

1. الجهاز المختبري :

لغرض حساب كمية المعدن المزال من سطوح المعادن المغمورة في المنظومة كان لابد من بناء جهاز
مختبري من اجل إجراء الفحوصات المختبرية ، يتكون الجهاز والم (2) من دافعة هواء
ذات طرد مركزي وسرعة دورانية (2850 دورة في الدقيقة) (2.2kW) وتعمل بأطوار ثلاثية
وبفرق جهد (380) وأقصى كمية هواء يتم تجهيزها (10000) \ دقيقة أي ما يقارب 0.12
متر مكعب في الثانية وتتصل الدافعة بأنبوب وصمام تحكم للسيطرة على كمية الهواء الداخل إلى جزء
الفحص والذي هو عبارة عن حاوية ذات أبعاد (52 x 14.5 x 4cm) مصنوعة من مادة البلاستيك
الشفاف وتم ربط مقياس للضغط وهو عبارة عن مانوميتر مائي كما تم استخدام جهاز لقياس سرعة الهواء
portable ذو تدرج (0-20) متر لكل ثانية مجهز بمصدر للتيار المستمر (بطارية 9
(.

تم اختيار ثلاثة أنواع من العينات لإجراء الدراسة والتحليل العملي عليها وهي معدن صلب منخفض
الكاربون والألمنيوم وسبيكة النحاس الأصفر وهي نفس المعادن التي قد تستخدم في تصنيع المبادلات
الحرارية ، وتم تصنيعها بشكل أسطواني حيث تم تثبيتها بمواجهة التيار المميع وبعدد (6)
كل عينة حيث تم استخدام ثلاثة منها عند الفحص بدرجة حرارة الغرفة والثلاثة المتبقية عند رفع درجة
حرارة الهواء المميع .

تم اختيار عمق الطبقة وسرعة الهواء المميع وحجم الحبيبات بعد الانتهاء من تركيب كافة أجزاء الجهاز وقد تم اخذ وزن العينات قبل التشغيل وبعده بحيث تم تحديد الساعات بـ (8- 16- 24- 32- 40- 48 ساعة) ولكل أنواع نماذج الفحص المستخدمة كي يتم بيان مدى تأثير المعدن بتيار الطبقة.

تم تجهيز الجهاز بأربعة مسخنات حرارية نوع أحادية 220 فولت سيراميكية ذوات قدرة 1000 واط لكل منها وتم وضعها داخل مجرى هوائي معدني ذو أبعاد (35 x 35 x 60 cm) قبل دخوله إلى المروحة واستخدامها تدريجياً من اجل رفع درجة حرارة الهواء المميع الداخل إلى الطبقة والشكل (2) يوضح أيضاً المقطع العرضي لجزء الفحص وكذلك المجرى الهوائي المستخدم في عملية تسخين الهواء.

وقد تم قياس درجات الحرارة باستخدام محارير زجاجية ومزدوجات حرارية بعدد أربعة أزواج وضعت كل زوجين منها قبل وبعد جزء الفحص أي قبل الدخول إلى الطبقة المميعة وبعدها وقد كانت نسبة الخطأ % 0.2± وهذه نسبة مقبولة بالنسبة للظروف التشغيلية.

2. الظروف المختبرية وطريقة العمل :

1. جزء الفحص وهو عبارة عن حاوية بلاستيكية ذات قاعدة بلاستيكية مثقبة تمثل (الصفيحة الموزعة) لضمان دخول وتوزيع الهواء المميع بانسيابية على كل الحاوية.
2. الطبقة المميعة وهي عبارة عن رمل نهري ذو حجم 350 مايكروميتر معالج مختبرياً وبارتفاع 8
3. نموذج الفحص وهي عبارة عن ثلاثة عينات أسطوانية الشكل هي معدن صلب منخفض الكربون والألمنيوم وسبيكة النحاس الأصفر وبقياس (3.8 * Ø2) . لقد تم اختيار هذه العينات كونها نفس تصنع منها المبادلات الحرارية.
4. وضع جزء الفحص أمام تيار الهواء المميع وتحديد الساعات بـ (8- 16- 24- 32- 40- 48) .
5. أجريت التجارب في درجة حرارة الجو التي كان متوسطها 29 درجة مئوية ومن ثم تم تغيير درجات الحرارة للهواء المميع عن طريق زيادة تشغيل المسخنات وتحديد درجات الحرارة (25 30 35 40 45 50) درجة مئوية من اجل بيان مدى تأثير سطوح المعادن بهذه الزيادة.
6. تم اخذ وزن العينات قبل الفحص وبعدها من اجل بيان الفرق في الوزن ومدى تأثير المعدن بتيار الهواء.
7. تم تحديد سرعة الهواء المميع (1) متر لكل ثانية من اجل إحداث عملية التميع.

3. الفحوصات الجارية :

8. تم فحص جميع النماذج على جهاز فحص الصلادة Brooks Inspection Ltd للحصول على صلادة روكويل (HRB) Rockwell hardness test والتي أجريت عليها التجارب المختبرية للتأكد من النتائج ومقارنتها مع النتائج المختبرية وقد وجد أن معدن الألمنيوم هو اقل المعادن المستخدمة صلادة

1. 93.3 HRB

2. سبيكة النحاس الأصفر HRB 87.36

النتائج والمناقشة :-

يبين الشكل (3 4 5) العلاقة بين وزن القطعة وزمن التشغيل لمعدن الألمنيوم وسبيكة النحاس الأصفر وصلب منخفض الكربون على التوالي حيث يلاحظ من الشكل (3) أن هناك نقصاناً بالوزن (0.5 %) من الوزن الأصلي للألمنيوم بانتهاء عملية التشغيل كما يلاحظ من الشكل أن الفرق يظهر بصورة أكبر كلما ازدادت ساعات التشغيل ، أما الشكل (4) فيظهر الفقدان بالوزن لسبيكة النحاس الأصفر والذي يقدر بحدود (0.005 %) من الوزن الأصلي للسبيكة أي قبل عملية التشغيل (5) فيظهر الفقدان بالوزن لمعدن صلب منخفض الكربون والذي يقدر بحدود (0.0042 %) من الوزن الأصلي للمعدن كما يظهر الشكل أن التأثير يبدأ بالوضوح عند آخر ثمانية ساعات من التشغيل النهائي مما تقدم أعلاه نستنتج أن المعادن ذوات الصلادة العالية اقل تأكلاً بعملية التمييع أو ارتطام حبيبات المادة المميعة بها والمعادن الأقل صلادة كالألمنيوم حصل بها تأكل اكبر كما يلاحظ من النسب التي ظهرت لدينا أنها قليلة جدا مقارنة بالوزن الأصلي وبما أن سرعة الهواء المميع والمستخدمه قليلة (1) لكل ثانية مقارنة بالسرعة المستخدمة في عملية إزالة الطبقات من أسطح المعادن وكذلك زاوية الحبيبات والتي تكون عمودية على النماذج فإن تأثير هذين العاملين قليل جدا ، أي أن الطاقة التي تمتلكها الحبيبات قليلة لإزالة طبقات من المعدن المستخدم وهذا يتوافق مع ما توصل إليه الباحثون [1,2,6,9,12,13] على أن المبادلات الحرارية التي تعمل بالطبقات المميعة لها القابلية على تنظيف الأسطح بنفسها وكما هو معلوم بان عملية التنظيف تؤدي إلى المحافظة على قابلية التوصيل الحراري لجدار الأنبوب لان الأكاسيد تؤثر على قابلية التوصيل الحراري حيث أن هذه الكمية المشار إليها أنفاً تُعدّ ضمن عملية التنظيف دون إجراء عمليات الصيانة كما أن هذا يقلل من الكلفة الاقتصادية الكلية لتصنيع مثل هذه المبادلات.

وقد تم التوصل إلى علاقات تجريبية تربط وزن القطعة (M) وساعات التشغيل (t) ، وقد كان معامل (R^2) لمعدن الألمنيوم هو 0.9891 أما لسبيكة النحاس الأصفر وصلب منخفض الكربون فهما (0.994 0.9864) . والعلاقات التجريبية فهي كالآتي :

معدن الألمنيوم

$$M = -1E-07t^4 + 1E-05t^3 - 0.0004t^2 + 0.0026t + 21.981$$

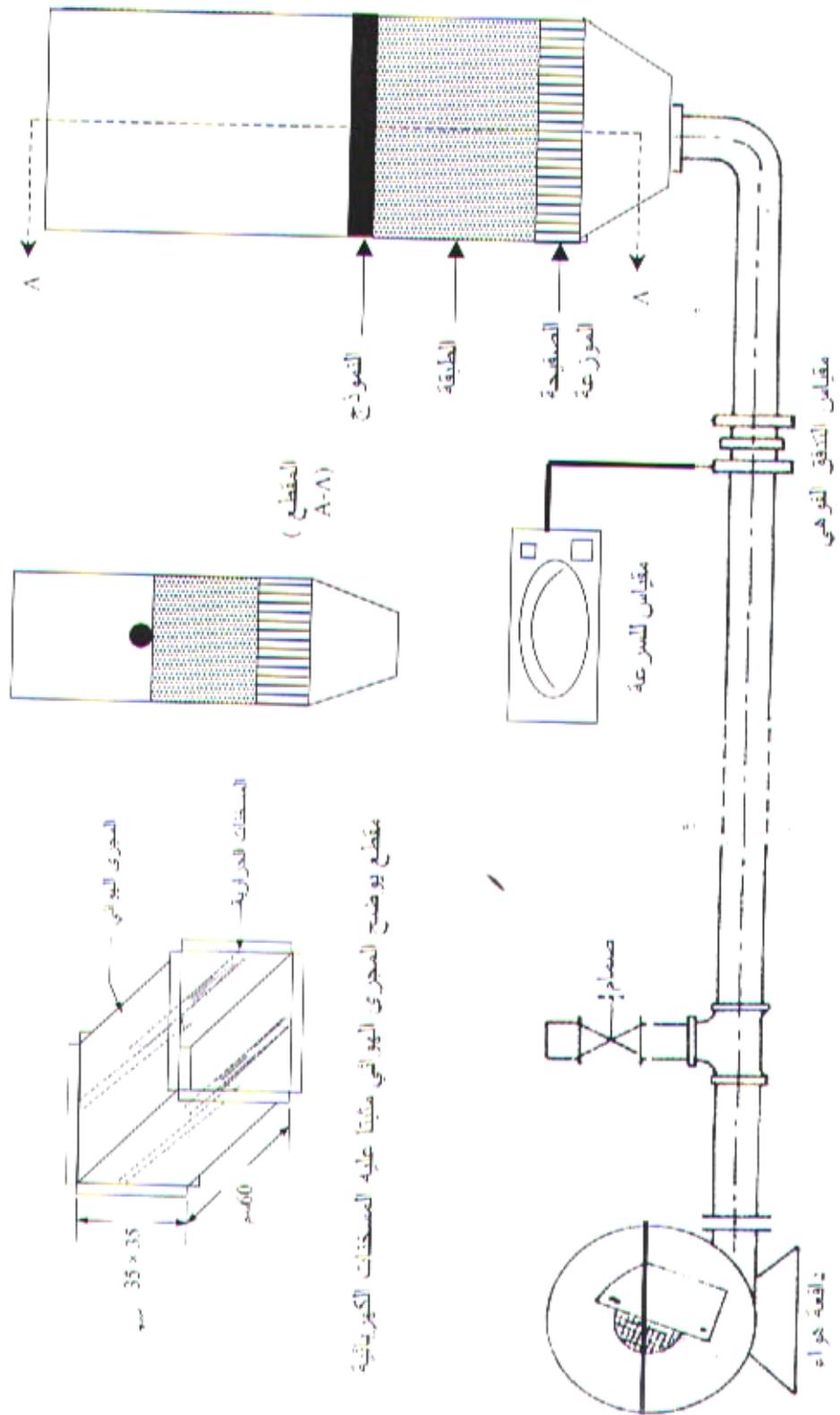
وسبيكة النحاس الأصفر

$$M = -9E-10t^3 + 2E-08t^2 - 3E-06t + 59.026$$

ولمعدن صلب منخفض الكربون

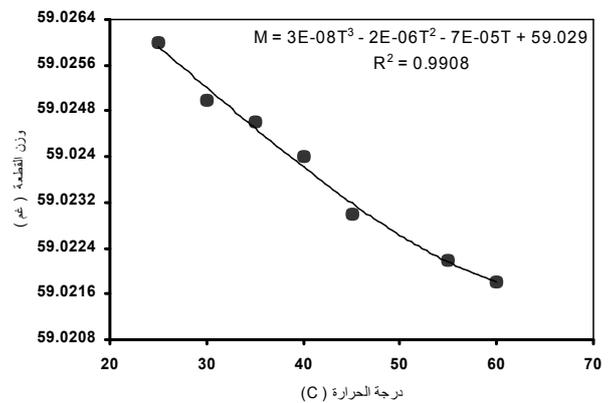
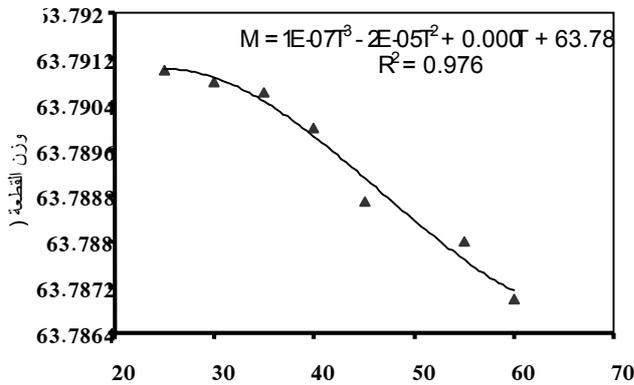
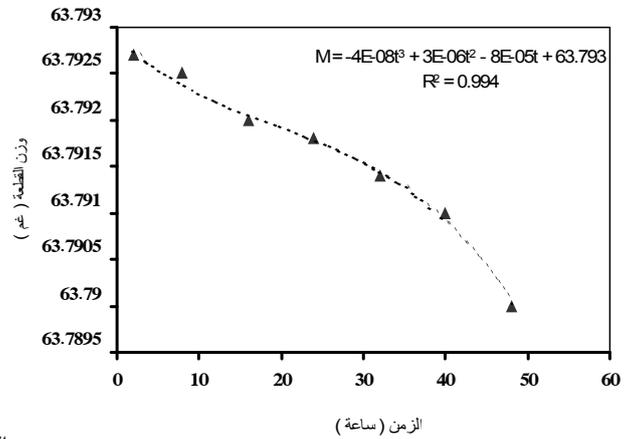
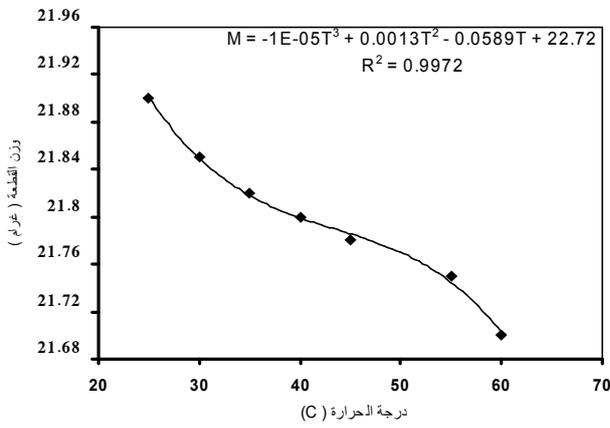
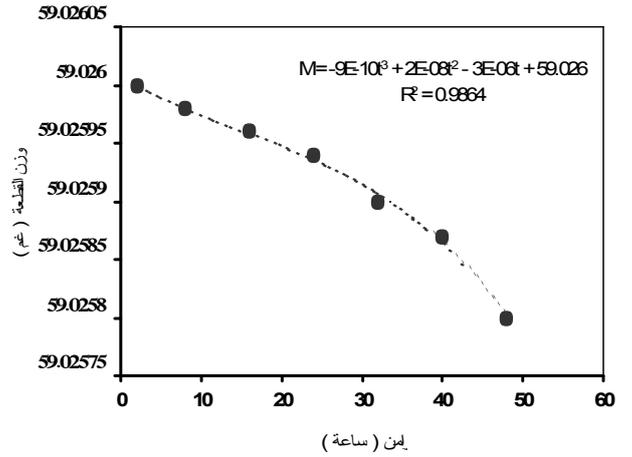
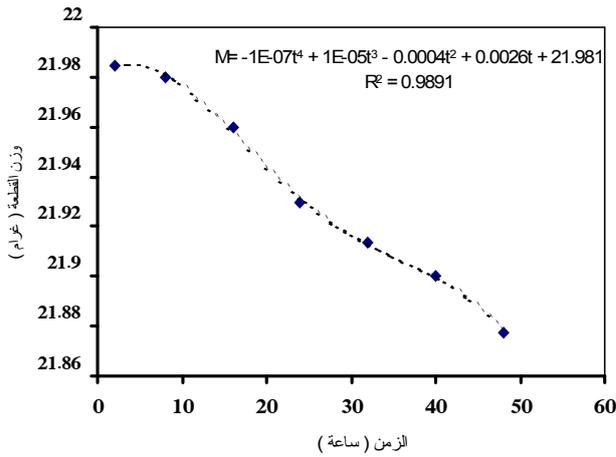
$$M = -4E-08t^3 + 3E-06t^2 - 8E-05t + 63.793$$

الدباغ : تأثير مادة الطبقة المميعة عند درجات حرارة مختلفة على بلى المعادن المغمورة فيها



الشكل (2) يوضح منظومة الهواء الى المبادل المحثري

الدباغ : تأثير مادة الطبقة المميعة عند درجات حرارة مختلفة على بلى المعادن المغمورة فيها



كما تم اخذ التأثير الحراري على المعادن انفة الذكر وذلك برفع درجة حرارة الهواء المميع إلى 60 درجة مئوية كحد أقصى للهواء الداخل إلى الطبقة بالنسبة للظروف الجوية السائدة لفصل الصيف في العراق حيث تم تشغيل مسخنات الهواء بصورة تدريجية لحين الوصول إلى

يبين الشكل (6 7 8) العلاقة بين وزن القطعة ودرجة حرارة الهواء المميع لمعدن الألمنيوم وسبيكة النحاس الأصفر وصلب منخفض الكربون على التوالي حيث يلاحظ من الشكل (6) هناك نقصاناً بالوزن لمعدن الألمنيوم بحدود (0.9 %) من الأصلي للمعدن قبل عملية التشغيل ، أما الشبكي ، فيظهر الفقدان بالوزن لسبيكة النحاس الأصفر والذي يقدر بحدود (0.007 %) من الوزن الأصلي للسبيكة والشكل (8) فيظهر الفقدان بالوزن لمعدن صلب منخفض الكربون والذي يقدر بحدود (0.006 %) من الوزن الأصلي وقد تم اخذ الحسابات أعلاه ولجميع العينات عند أخر 8 ساعات تشغيل أي بين 40-48 ساعة تشغيل وذلك لبيان التأثير بصورة أكبر على العينة.

ويلاحظ من الأشكال أن التأثير ونسب الفقدان بالوزن يزداد عند رفع درجة حرارة الهواء المميع 40 درجة مئوية أي أن نسبة الفقدان بالوزن عند المديات (25- 40 °C) كانت بحدود (3.38E-5 , 4.5E-3 , 1.56E-5) % للعينات (الألمنيوم ، النحاس الأصفر ، صلب منخفض) على التوالي أما نسبة الفقدان بالوزن عند المديات (40- 60 °C) فقد كانت بحدود (4.58 E-3 , 1.01E-4 , 4.7E-5) % للعينات آنفة الذكر. كما يلاحظ أن معدن الألمنيوم هو أكثر المعادن ثباتاً في فقدان الوزن وأسرعها تأثراً بعملية التميع . وقد تم التوصل إلى علاقات تجريبية تربط بين وزن القطعة (M) ودرجة حرارة الهواء المميع الداخل إلى الطبقة (T) هي

معدن الألمنيوم

$$M = -1E-05T^3 + 0.0013T^2 - 0.0589T + 22.72$$

وسبيكة النحاس الأصفر

$$M = 3E-08T^3 - 2E-06T^2 - 7E-05T + 59.029$$

ولمعدن صلب منخفض الكربون

$$M = 1E-07T^3 - 2E-05T^2 + 0.0006T + 63.785$$

كان معامل الارتباط بالنسبة للعينات أعلاه (0.9761 0.9908 0.9972) على التوالي وهي قيم جيدة جداً بالنسبة لظروف التشغيل ولمعادلة متعددة الحدود ومن الدرجة الثالثة.

الاستنتاجات :-

1. إن معدن الألمنيوم أكثر تأثراً من سبيكة النحاس الأصفر والصلب منخفض الكربون بسبب ارتطام حبيبات الرمل المستخدمة في الطبقات المميعة.
2. نسبة فقدان الوزن للعينات (الألمنيوم ، النحاس الأصفر ، صلب منخفض الكربون) (0.5 0.0042 0.005) % على التوالي من وزن العينة الأصلي على مدى 48 ساعة تشغيل وبدرجة حرارة الغرفة 25 درجة مئوية.
3. بلغت نسبة فقدان الوزن للعينات (الألمنيوم ، النحاس الأصفر) (0.9 0.006 0.007) % على التوالي من وزن العينة الأصلي على مدى 8 ساعات التشغيل الأخيرة مع رفع درجة حرارة الهواء المميع تدريجياً من 25 60 مئوية.

4. إن النسب التي ظهرت لدينا قليلة جداً مقارنة بالوزن الأصلي وهذا يؤكد ما توصل إليه الباحثون على أن المبادلات الحرارية التي تعمل بالطبقات المميعة لها القابلية على تنظيف السطوح بنفسها من الترسبات على سطوحها والتي تؤثر على التوصيل الحراري حيث أن هذه الكمية المشار إليها أنفاً تُعدُّ ضمن عملية التنظيف.
5. أن المعادن ذوات الصلادة العالية اقل تآثراً بعملية التميع أو ارتطام حبيبات المادة المميعة بها.
6. تم التوصل إلى معادلات تجريبية تربط بين وزن القطعة وعدد ساعات التشغيل عند استخدام هواء مميح بدرجة حرارة الغرفة وكذلك تم التوصل إلى معادلات تجريبية تربط بين وزن القطعة ودرجة حرارة الهواء المميح عند رفعه تدريجياً كي يمثل أقصى درجات الحرارة التي يصلها الجو في فصل الصيف بالعراق.

References

المصادر

1. Petrie,J.C.,Freeby,W.A. and Buckham,J.A., “In-Bed Heat Exchanger”, Chemical Engineering Progress, Vol.64, pp.45-51 , July 1968
2. Al dabbagh, M. S., “Design and Testing of a Fluidized Bed Dry Cooling Tower”, M,Sc, Mechanical Engineering Department, University of Mosul, Mosul, Iraq, 2000.
3. Al-Busoul, M., Abu-Zaid, M., “Predication of Heat Transfer Coefficient Between Immersed Surface and Fluidized Beds”, Int.Comm. Heat Mass Transfer, Vol.27, No.4.pp.549-558, 2000.
4. Williams,H.W,Hernandez,R.,Mah,C.S., “Choosing The Optimum Bed Material For A Fluidized Bed Heat Exchanger”, 16th Intersociety Energy Conversion, Paper 819302 , Atlanta , Georgia , August 10-14 , 1981.
5. Grewal,N.S. and Saxena,S.C., “Experimental Studies Of Heat Transfer Between a Bundle of Horizontal Tubes and a Gas-Solid Fluidized Bed of Small Particles”, Ind.Eng.Chem.Process Des.Dev.,Vol.22,No.3,pp.367-374 , 1983.
6. Sciubba.E., “Bed-To-Tube Heat Exchanger Coefficient in a Small,Fine- Particaled ,Cold Fluidized Bed”, Int.Comm.Heat Mass Transfer ,Vol.13 , pp.305-314 , 1986.
7. McGaw,D.R., “Heat Transfer in Shallow Crossflow Fluidized Bed Heat Exchangers”, I.A Generalized Theory , Int.J.Heat Mass Transfer,Vol.19, pp.657-663 , 1975.
8. McGaw,D.R., “Heat Transfer in Shallow Crossflow Fluidized Bed Heat Exchangers”,II.A Experimntal,Int.J.Heat Mass Transfer,Vol.19, pp.665-671 ,1975.
9. Aihara,T.,Maruyama,S.and Hongoh,M., “Heat Transfer and Pressure Loss Of A Very Shallow Fluidized Bed Heat Exchanger.Part 1.Experiment with Single Row of Tubes”, Exp.Thermal Fluid Sci.,Vol.1,No.4,pp.315-323 , 1988.
10. Al-Allaf,R.,A., “Engine condition monitoring of industrial gas turbine compressor” , M.,Sc.thesis , cranfield Institute of technology school of Mechanical Engineering , 1987 .
11. Degang R., and Masayuki H., “Investigation of Particle and Bubble Behaviors Around Tubes Immersed in a Pressurized Fluidized Bed”, Proceedings of the 15th International Conference on Fluidized Bed Combustion, ASME, Savannah, Georgia, 1999.
12. Wright1, I. G., Stringer, J. And Wheeldon , J. M., “ Materials issues in bubbling PFBC systems”, MAHT/Wright, Page 219, 2003.
13. Draft Technical Support Document for HWC MACT Standards, Volume I, Description of Source Categories U.S. Environmental Protection Agency Office of Solid Waste and Emergency Response (5305), 1200 Pennsylvania Avenue, NW ,Washington, D.C. 20460, March 2004.

14. Hou, P.,Y., MacAdam, S., Niu, Y., StringerI, J., “High temperature degradation by erosion-corrosion in bubbling fluidized bed combustors”, Materials Research Print ISSN 1516-1439, Mat. Res. vol.7, no.1, São Carlos, Jan./Mar. 2004.
15. Pandey ,P.C., and Shon, H.S., “Modern Machining Processes”, McGraw – Hill Publishing company , Newdelhi , 1988 .
16. Botterill,J.S., “ Fluidized bed heat transfer”, Academic Press, London,1975.

تم اجراء البحث في كلية الهندسة – جامعة الموصل