مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية
المجلد41 العدد (4) – 2025: 87-98

Damascus University Journal for engineering sciences
Vo 41 number (4) -2025: 87-98

دراسة مشكلة الاهتراء في المبادل الحراري التابع لجهاز الكولون لتقطير العنب

رامي صالح صالحه[*1] حسن فارس هدله[2]

[*1]. طالب ماجستير، مهندس، قسم هندسة التصميم الميكانيكي – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة دمشق. rrami28salha@damascusuniversit.edu.sy

[2]. أستاذ مساعد، مهندس، دكتور – قسم هندسة التصميم الميكانيكي – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة دمشق. hasanhadla@damascusuniversity.edu.sy.

الملخص:

تعاني الأنابيب النحاسية في المبادل الحراري من مشكلة الاهتراء في جهاز الكولون لتقطير العنب، والتي تسبب عوائق في عملية الإنتاج وتكاليف الصيانة المرتفعة لذلك يهدف هذا البحث إلى تحديد أسباب حدوث التآكل في هذا الجزء من الآلة وطرق الوقاية منها.

تم حساب معدل التآكل بطريقة الفقدان بالوزن بطريقة الغمر في أوساط التآكل المأخوذة من معمل المشروبات الكحولية (معمل الريان) وهذه أوساط هي: (الماء، عصير العنب المقطر، عصير العنب المخمر) تم غمر العينات النحاسية المختبرة بشكل كامل في الحوض الزجاجي وقورنت بنتائج عينات

فولاذ المقاوم للصدأ المختبرة أيضا في نفس أوساط ونفس المدة الزمنية لوحظ أن قيمة التآكل لعينة النحاس المغمورة في الماء كانت أعلى مقارنة في بالعينتين المغمورتين عصير العنب المخمر والمقطر.

تم حساب معدل التآكل لعينة النحاس المغمورة في الماء كانت قيمة معدل التآكل mm/y 0.039 ومعدل التآكل لعينة النحاس المغمورة في عصير العنب المقطر mm/0.0126 ومعدل التآكل لعينة النحاس المغمورة في عصير العنب المخمر mm/y 0.024.

تم اختبار حموضة الماء خلال فترات متعددة وتحديد قيمتها Ph=5، تم تحليل التركيب الكيمائي لعينة مأخوذة من الأنبوب النحاسي المستخدم في المبادل الحراري.

وجد أن سبب التآكل ناتج عن انخفاض قساوة الماء، واختلاف درجات الحرارة بين الماء والكحول، حموضة عصير العنب. ووجد أن أيضا خلال فترة الاختبار أن عينات الفولاذ المقاوم للصدأ لا يحدث فيها التآكل بينما العينة النحاسية يحدث فيها التآكل.

الكلمات المفتاحية: النحاس، فولاذ الكربوني، المبادل الحراري، ظاهرة التآكل.

تاريخ الإيداع: 2023/2/27
تاريخ القبول: 2023/5/14

حقوق النشر: جامعة دمشق – سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب **CC BY-NC-SA**

"Addressing the wear problem in the Cologne Grape Distillation Heat exchanger"

Rami saleh salha*[1] Hasan Faris Hadla[2]

*[1]. Master's student, engineer, Department of Mechanical Design Engineering - Faculty of Mechanical and Electrical Engineering - Damascus University. rrami28salha@damascusuniversit.edu.sy

[2]. Assistant Professor, Engineer, Doctor - Department of Mechanical Design Engineering - Faculty of Mechanical and Electrical Engineering - Damascus University. hasanhadla@damascusuniversity.edu.sy.

Received: 27/2/2023
Accepted: 14/5/2023

Copyright: Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a

CC BY- NC-SA

Abstract:

The copper tubes in the heat exchanger suffer from the problem of corrosion in the colon device for distilling grapes، which causes obstacles in the production process and high maintenance costs.Therefore، this research was studied to determine the causes of corrosion and ways to prevent them. The corrosion rate was calculated by the weight loss method by the age method in the corrosion media taken from the alcoholic beverages factory (Al- Rayyan Factory). Stainless steel also tested in the same media and the same time period. It was observed that the corrosion value of the copper sample immersed in water was higher compared to the two samples immersed in ferment and distilled grape juice. The corrosion rate was calculated for the copper sample immersed in water، its value was 0.039 mm/y، the corrosion rate for the copper sample immersed in distilled grape juice was 0.0126 mm/y. and the corrosion rate for the copper sample immersed in fermented grape juice was mm/y. The acidity of the water was tested during multiple periods and determined its value is ph =5. The chemical composition of a sample taken from the copper tube used in the heat exchanger was analyzed. 0.0024 mm/y the cause of corrosion was found to be due to the low hardness of the water، and the temperature difference between water and alcohol، the acidity of the grape juice. It was also found during the test period that the stainless steel samples did not corrode، while the copper sample do it.

Keywords: copper، carbon steel، heat exchanger، corrosion phenomenon.

المقدمة:

المبادلات الحرارية هي عبارة عن أجهزة تنقل الحرارة لتحقيق التسخين أو التبريد المطلوبين حيث يتكون المبادل الحراري من أنابيب نحاسية، ويتميز معدن النحاس بالعديد من الخصائص المرغوبة للمبادلات الحرارية ذات الكفاءة الحرارية والتي تعيش طويلاً، ومن هذه الخصائص: الناقلية الحرارية الممتازة، مقاومة للتآكل، متانة على الزحف، متانة على التعب، التمدد الحراري. ولكن على الرغم من هذه الخصائص تعاني الأنابيب النحاسية في المبادل الحراري من مشكلة الاهتراء في جهاز الكولون لتقطير العنب، والتي تسبب عوائق في عملية الإنتاج وتكاليف الصيانة المرتفعة.

1- الدراسات المرجعية:

هناك العديد من الأبحاث العلمية التي تناولت هذا المجال بأساليب مختلفة وأعطيت نتائج جيده للباحثين يذكر منها: الباحثة Marzena في عام 2020 التي قدمت بحثاً بعنوان "دراسة حالة ميتالوجرافية للتآكل في الأنابيب النحاسية للمبادل الحراري" تناولت الباحثة من خلاله الاختبارات الخاصة بأضرار التآكل التي حدثت على السطح الداخلي للأنابيب النحاسية للمبادل الحراري. خصلت دراستها الى ما يلي: يتم انتقال التآكل من السطح الداخلي إلى السطح الخارجي لأنابيب النحاس، حيث ترتبط بداية التآكل بتكوين أكسيد النحاس، مع استمرار التآكل يلاحظ وجود فتحة حيث يتم نقل منتجات التآكل إلى السطح الخارجي على شكل بلورات حيث يبدأ التآكل في مناطق الشوائب غير المعدنية الغنية بالفوسفور والتي تم العثور عليه داخل حبيبات النحاس. كما أن وجود فجوات هيكلية يسهل تكوين التآكل لذلك يجب أن يكون سطح الداخلي للأنابيب ملساء.

قام الباحثين:

a.Muhammad،K.luqman،Shahab بتقديم مقالة في مجلة أبحاث العلوم والتكنولوجيا في شهر ديسمبر عام (2017) الصفحات (133-123). بعنوان: "تحليل مواد الأنابيب المختلفة المستخدمة في حزمة أنبوب المبادل الحراري"، تعتمد هذه الدراسة على تحليل الاهتراء الناتج عن مواد الأنابيب المختلفة. تم إجراء اختبارات التآكل على الأنابيب المصنوعة من (الألمنيوم، النحاس، الفولاذ المقاوم للصدأ) حيث كانت النتيجة أن فاقد التآكل في حالة أنبوب الألمنيوم هي الأعلى، بينما في حالة أنبوب الفولاذ المقاوم للصدأ هو الأدنى.

قام الباحث شورتز في عام (2008) بدراسة بعنوان:"دراسة أربع أنواع من الفشل في المبادلات الحرارية". تم معرفة أنواع الفشل التي يمكن أن تحصل في المبادل الحراري والتي هي: تآكل منتظم، وتآكل نقري، وتآكل إجهادي تصدعي، وتآكل تشققي.

قام الباحث Kuznicka في أكتوبر عام(2009) بدراسة بعنوان: "تآكل أنابيب المبادل الحراري" حيث بينت الدراسة سبب انهيار المبادل الحراري بعد خمس سنوات من العمل نتيجة لانهيار أنابيبه، وكان الانهيار متمثلا بوجود تآكل نقري على السطح الخارجي للأنبوب، ولذلك تم إجراء فحص لقساوة الماء وتبين أن قيمة قساوة الماء عالية (كلس) والـ ph كانت قيمتها تتراوح بين 7-4 وبعد إجراء عدة فحوص واختبارات عن طريق الفحص المجهري الدقيق بالإضافة إلى الاشعة السينية **x- ray** وإجراء عملية مسح الكتروني دقيق وقد توصل الى النتائج التالية:

ما يلي: الأنابيب النحاسية في المبادل الحراري انهارت بالتآكل والتعرية نتيجة لوجود عاملين:

1- تدفق مضطرب للماء الحاوي على جزيئات صلبة ومواد عالقة.

2 - وجود مكونات كيماوية مثل أيونات الكلوريد التي قامت بتدمير طبقة الحماية السطحية.

حيث أن وجود مثل هذا التدفق عمل على زيادة انحلال النحاس في المحلول الالكتروليتي مما أدى في النهاية الى حدوث تآكل نقري على جدران الأنابيب وانتهت العملية بحدوث ثقوب على هذه الجدران أخرجت الأنابيب عن العمل. أوصت الدراسة بما يلي:

1- تخفيف سرعة الماء في المبادل، وخصوصاً بعد توقف العمل للإصلاح.

2- استخدام فلاتر للماء من أجل تقليل عبور الجزيئات الصلبة إلى داخل الأنابيب.

3- استبدال أنابيب المبادل المصنوعة من النحاس المشغول على البارد بأنابيب مصنوعة من: aluminium brass **or** copper–nickel

قام الباحث رانجابار، ك. في عام(2008) بدراسة بعنوان: "تأثير التدفق الناجم عن فشل التآكل لمبادل حراري أنبوبي". حيث تم دراسة الانهيارات الحاصلة في المبادلات الحرارية الأنبوبية في معمل(ahvaz) في إيران، حيث حدث الانهيار في المبادل الحراري في هذا المعمل.

في هذه الدراسة تبين وجود ثلاث أنواع من المواد المستخدمة في أنابيب هذا المبادل الأنبوبي وهي:

خليطة لاتون – 68 حسب المرجع الروسي، خليطة النحاس الأصفر، خليطة النحاس والنيكل (Cu – 5 Ni) بعد الدراسة والتحليل تبين أن سرعة الماء منخفضة وهذا بحد ذاته يسبب تراكم الرواسب على الأنابيب وبالتالي حدوث التآكل خلصت الدراسة إلى ما يلي:

1- إن الماء الدائر كان يحتوي على مجموعة كبيرة من المواد العالقة والغريبة كبيرة الحجم، وعلى مواد صلبة ذائبة وعلى مركبات الكالسيوم كلها تتبلور وتتجزأ وتتراكم على جدران الأنابيب مسببة تآكلها.

2- اختيار العنصر المعدني لمادة الأنابيب كان غير صحيح، حيث أن كل الخلائط التي تم استخدامها أصابها تعرية وتآكل.

3- سرعة الماء الدائر كانت منخفضة جداً، وهذا يؤدي إلى حدوث ترسبات داخل الأنابيب لذلك فإن التدفق المنخفض للماء كان سببا رئيسا للتآكل والتعرية.

من أجل تجنب الإصابة بمثل هذا النوع من التآكل فقد تبين ضرورة استخدام موانع الترسيب بناءً على تركيزات العناصر المكونة للأملاح يتم اختيار أنواع خاصة من البولميرات لكي تتعامل مع هذه العناصر وتمنع ترسيبها وتبقيها معلقة ومشتتة في الماء.

أن أهم عناصر الترسيب هي مركبات الكالسيوم، فقد تم مزج أنواع كثيرة من الراتنجات مثل البولي اكريليك، البولي ماليك وهي تحوي على مجموعات أيونية تتحد مع عنصر الكالسيوم والحديد الذائب وتمنع ترسيبها على المعادن كما أنها تتدخل في التركيب البلوري للأملاح حيث أنها تعاكس تركيب وتشكيل البلورات وتحول الأملاح إلى الأنواع اللابلورية وبذلك لا تتماسك وتبقى ذائبة في الماء ويتم التخلص منها.

قام الباحثين: Spyros, Athanasios, Sofia في شهر يناير عام(2018) بدراسة بعنوان: "فشل أنابيب النحاس بسبب التآكل على شكل عش النمل (ant–nest)" حيث أظهرت هذه الدراسة تآكل على شكل أعشاش النمل: وهو نوع من الفشل المبكر والمحدد يتم ملاحظته في أنابيب النحاس بسبب وجود مادة عضوية، التي تؤدي إلى تلف خط الأنابيب والمعدات، كما تؤدي إلى انتشار حفرة من النوع النفقي مسببة حدوث ثقب سريع في الأنبوب المعدني حيث لا تتعرض الأسطح الخارجي لتآكل الخطير أو للتلف الميكانيكي الشديد بينما تعرضت الأسطح الداخلي للتآكل الشديد مما أدى إلى ظهور قنوات معقدة ومتفرعة مغطاة بمنتجات التآكل. واشار الباحث بأنه هناك عاملين لحدوث هذا التآكل وهي: الرطوبة، الهواء. يشير وجود الكربون إلى احتمال وجود مادة عضوية تلعب دوراً مهماً في تنشيط آلية التآكل، حيث يتركز التآكل بشكل أساسي على ظروف التشغيل لوحدات المبادل الحراري الداخلية لذلك عند تطبيق طريقة المحاكاة التجريبية سوف تسهل من عملية التحقق من فعالية الإجراءات التصحيحية واختبار البدائل المحتملة فيما يتعلق بالتركيب الكيمائي للنحاس لمكافحة مثل هذه الظواهر.

2- العمل التجريبي:

المواد المستخدمة:

إن المواد المستخدمة في هذا البحث هي عبارة عن ثلاث عينات من خلائط النحاس المأخوذة من أنبوب المبادل الحراري

المستخدم في معمل المشروبات الكحولية وأيضا ثلاث عينات أخرى من خلائط فولاذ المقاوم للصدأ المأخوذة من أنبوب المبادل الحراري المستخدم في معمل المشروبات الكحولية.

أبعاد العينات النحاسية:

- أول عينة من النحاس تم تجهيزها على شكل مستطيل ذات أبعاد2.8×2.8 سم تم غمرها في ماء البئر.
- ثاني عينة من النحاس تم تجهيزها على شكل مستطيل ذات أبعاد 3.4×3 سم تم غمرها في عصير العنب المخمر.
- ثالث عينة من النحاس تم تجهيزها على شكل مستطيل ذات أبعاد 3.6×3 سم تم غمرها في عصير العنب المقطر.
- رابع عينة من معدن فولاذ مقاوم للصدأ ذات أبعاد(4.1×3.3) سم تم غمرها في ماء البئر.
- خامس عينة من معدن فولاذ مقاوم للصدأ ذات أبعاد(3×8.3) سم تم غمرها في عصير العنب المخمر.
- رابع عينة من معدن فولاذ مقاوم للصدأ ذات أبعاد (2×9.4) سم تم غمرها في عصير العنب المقطر.

ويبين الشكل(1) صورة عن عينات التجربة.

الشكل(1) شكل العينات المحضرة.

الخطوات المتبعة لقياس معدل التآكل بطريقة فقدان الوزن:

تم استخدام طريقة فقدان الوزن (Weight Loss) لحساب معدل التآكل وهي الطريقة الأكثر استخداما وتدعى هذه الطريقة أحيانا بالطريقة الوزنية (التي تستعمل بشكل واسع لإيجاد معدلات التآكل العام وخاصة تلك التي تسبب فقدان محسوس بالوزن، في حين يصعب استخدام هذه الطريقة لإيجاد معدلات التآكل الموضعي الذي يصعب التحسس بالوزن المفقود القليل أو المعدوم.

يتم إعداد العينات بأشكال هندسية معينة وأكثر هذه الأشكال استخداما هي المستطيلة.

توزن العينات بميزان حساس ويحسب الوزن الأصلي لها W_0 بالميلي غرام.

تحسب المساحة السطحية المعرضة للمحلول A بالسم^2.

ثم تغمر العينات في أوساط لفترة زمنية كافية (T) تقدر بالساعات، ثم ترفع العينات من الوسط الآكل.

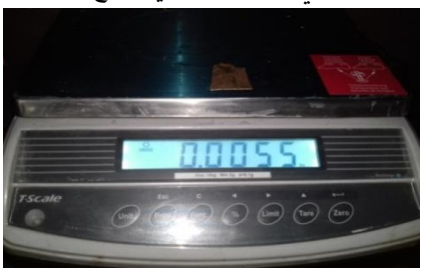
توزن العينات بعد الغمر (W) ثم يحسب مقدار التغير بالوزن.

بعد تجهيز العينات الثلاثة بشكل مستطيلات تم تنظيف سطح العينات بواسطة أوراق الشحذ الناعمة والخشنة وبعد الانتهاء من عملية الشحذ تغسل العينات بالماء المقطر وتجفف باستخدام المجفف الكهربائي، ويتم وزن كل عينة على حدة بواسطة الميزان الحساس المستخدم لوزن الذهب والفضة.

كما هو مبين في الشكل(2) صورة لميزان وزن العينة قبل غمرها في محلول عصير العنب المخمر وقيمة الوزن.

الشكل(2) وزن العينة الأولى قبل التجربة.

يبين الشكل(3) صورة وزن العينة قبل غمرها في محلول عصير العنب المقطر.



الشكل(3) وزن العينة الثانية قبل التجربة.

بينما يبين الشكل(4) وزن العينة قبل غمرها في محلول ماء البئر.

الشكل(4) وزن العينة الرابعة قبل التجربة.

ويبين الشكل(5) وزن عينات الفولاذ المقاوم للصدأ بواسطة الميزان الحساس.

الشكل(5) وزن عينات الفولاذ قبل الاختبار.

أجريت اختبارات التآكل لعينات النحاس المعدة سابقا، وذلك بغمرها بشكل كامل في أوساط التآكل المختارة ومغمورة تماما في الحوض الزجاجي الذي يحتوي على أوساط التآكل المختلفة. الشكل(6) صورة للحوض الزجاجي الحاوي على عينات التآكل.

الشكل(6) صورة لغمر العينات بالسائل.

بعد إنهاء مدة التعرض لوسط التآكل تم رفع العينات المحددة، ثم تم تجفيفها بالمجفف الكهربي بعد ذلك تم حساب وزن كل عينة لإيجاد الوزن النهائي (Final Weight) وذلك من أجل حساب الوزن المفقود الذي هو عبارة عن الفرق بين الوزن الابتدائي (وزن العينة قبل إجراء اختبار التآكل) والوزن النهائي (وزن العينة بعد إجراء اختبار التآكل). يتم استخراج العينات بعد أزمنة محددة من أجل وزن العينات ثم إعادتها إلى الوسط الأكال، بعد إنهاء مدة التعرض لوسط التآكل تم رفع العينات المحددة، ثم تم تجفيفها بالمجفف الكهربي وبعد ذلك تم حساب وزن كل عينة لإيجاد الوزن النهائي. يبين الجدول التالي اوزان العينات بعد غمرها بالمحاليل المختلفة

الجدول(1) وزن العينات بعد الغمر.

المدة الزمنية (يوم)	عصير العنب المقطر kg	عصير العنب المخمر kg	ماء البئر Kg
قبل الغمر	0.0055	0.0058	0.0044
7	0.0054	0.0058	0.0044
14	0.0054	0.0058	0.0044
21	0.0054	0.0058	0.0043
28	0.0054	0.0058	0.0043
35	0.0054	0.0058	0.0043
49	0.0054	0.0057	0.0043
63	0.0054	0.0057	0.0042
77	0.0054	0.0057	0.0042
91	0.0054	0.0057	0.0042
98	0.0054	0.0056	0.0042
128	0.0054	0.0056	0.0042
158	0.0054	0.0056	0.0042
172	0.0054	0.0055	0.0041
186	0.0054	0.0055	0.0041
200	0.0054	0.0055	0.0041
230	0.0054	0.0055	0.0041
260	0.0054	0.0055	0.0040
275	0.0054	0.0055	0.0040
290	0.0054	0.0055	0.0040
300	0.0054	0.0055	0.0040

حساب متوسط القيم للعينات المغمورة في أوساط أكالة:

❖ حساب متوسط القيم لعينات المغمورة في الماء البئر تساوي:

$$\sum=\frac{0.0876}{21} = 0.00417 \text{ kg}$$

❖ حساب متوسط القيم للعينات المغمورة في العصير العنب المخمر تساوي:

$$\sum= \frac{0.1181}{21} = 0.00562 \text{ kg}$$

❖ حساب متوسط القيم لعينات المغمورة في العصير العنب المقطر تساوي:

$$\sum= \frac{0،081}{21}= 0.0054 \text{ kg}$$

ويتم حساب الوزن المفقود بالمعادلة التالية:

$$\Delta Wi = W_O - W$$

حيث:

Δwi: الوزن المفقود للعينة الموضوعة في وسط التآكل.

W_O: وزن العينة قبل الغمر.

W: وزن العينة بعد الغمر.

W_{h2o}: الوزن المفقود من العينة في الماء، حيث:

$$W_{h2o} = W_O - W$$

$$W_{h2o} = 4.4 - 4.17 = 0.23 \text{ g} = 230 \text{ mg}$$

وزن المفقود من العينة الموضوعة في عصير العنب:

$$\Delta W_1 = WO - W$$

$$\Delta W_1 = 5.8 - 5.62 = 0.18 \text{ g} = 180 \text{ mg}$$

وزن المفقود من العينة الموضوعة في عصير العنب المقطر:

$$\Delta W_2 = W_O - W$$

$$\Delta W_2 = 5.5 - 5.4 = 0.1 \text{ g} = 100 \text{ mg}$$

ويتم حساب مساحة السطح المعرض للتآكل بالمعادلة الآتية: $A = a \times b$

حيث:

b: عرض العينة بالميلمتر.

a: طول العينة بواحدة الميلمتر.

حساب مساحة العينة المغمورة في الماء حساب مساحة العينة المغمورة في عصير العنب المقطر: $A = a \times b$

$3 \times 3.6 = 10.8 \text{ Cm}^2$ حساب مساحة العينة المغمورة في عصير العنب المخمر: $A = a \times$

$b = 3 \times 3.4 = 10.2 \text{ Cm}^2$ لحساب معدل التآكل نستخدم المعادلة التالية:

$$CR = (K * \Delta W)/(D * A * T)$$

حيث أن:

CR: معدل التآكل (mm/y)

K: ثابت قيمة تساوي (87.6).

ΔW: الوزن المفقود (mg)

D: كثافة النحاس (8.96 g/Cm^3)

A : المساحة السطحية المعرضة للتآكل.(Cm^2)

T: زمن التعرض للتآكل بالساعة.

حساب معدل التآكل للعينة الموضوعة في الماء: $CR = (K * \Delta W)/(D * A * T)$

$$CR = \frac{87،6 * 230}{8.96*7.84*7200} = \frac{20148}{505774،08}$$

$$= 0.039 \text{ mm/y}$$

حساب معدل التآكل لعينة الموضوعة في عصير المخمر:

$$CR = \frac{87،6 * 180}{8.96*10،2*7200}$$

$$= \frac{15768}{658022،4} = 0.024 \text{ mm/y}$$

حساب معدل التآكل للعينة الموضوعة في عصير العنب المقطر:

$$CR = (87،6 * 100)/(8.96 * 10،8 * 7200)$$

$$= 8760/(696729،6) = 0.0126 \text{ mm/y}$$

معدل التآكل:

إذا كان معدل التآكل أقل من mm/year (0.02) فإن المعدن لا يتأثر بالتآكل في ذلك الوسط.

mm/year (0.02−0.1) المعدن مقاوم ممتاز للتآكل.

mm/year (0.1 – 0.5) المعدن مقاوم جيد للتآكل.

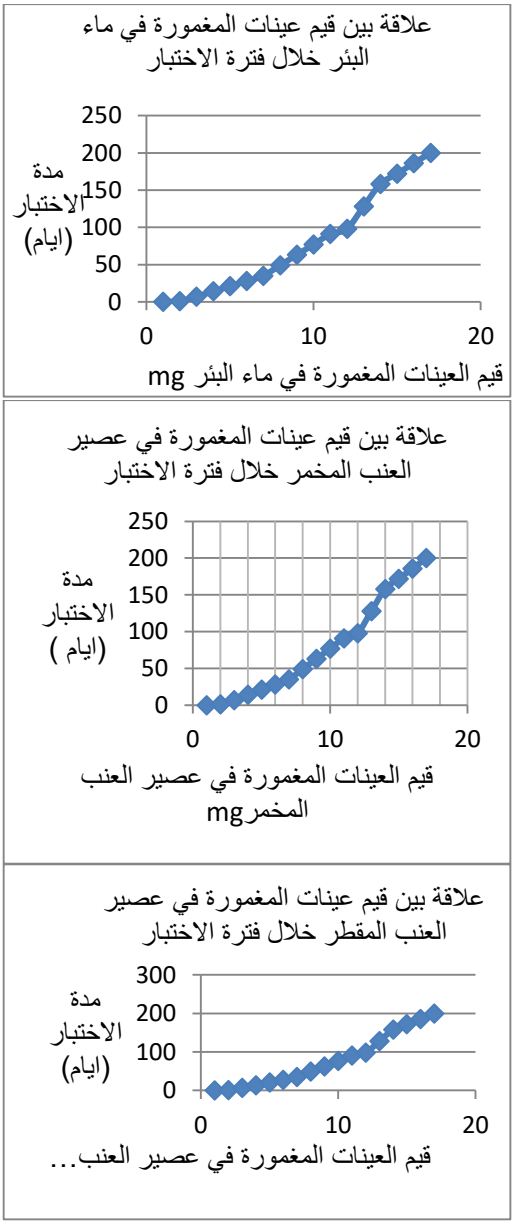
mm/year (0.5 – 1) المعدن متوسط المقاومة للتآكل.

mm/year (1 – 5) المعدن ضعيف المقاومة للتآكل.

mm/year (5) فما فوق المعدن لا يصلح البتة في ذلك الوسط.

بالمقارنة مع حسابات معدل التآكل نستنتج أن المعدن المدروس مقاوم ممتاز للتآكل.

يوضح الشكل (7) العلاقة بين الزمن ومعدلات تآكل معدن النحاس في الأوساط الأكالة المختلفة (الماء، عصير العنب المخمر، عصير العنب المقطر).



الشكل (7) يبين معدلات تآكل معدن النحاس في الأوساط الأكالة المختلفة (الماء، عصير العنب المخمر، عصير العنب المقطر) مع الزمن.

أدوات اختبار حموضة الماء:

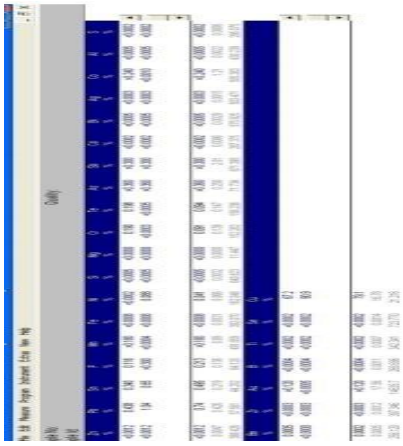
أنبوب معياري

وعاء خلط

بودرة اختبار قساوة

تم اجراء التحليل الكيمائي لعينة النحاس المأخوذة من أنبوب المبادل الحراري التابع لجهاز التقطير في جامعة دمشق تبين من تحليل العينة أن نسبة النحاس تساوي Cu = 79.1

صورة نتائج تحليل عينة نحاس المستخدمة في اختبار:



اختبار PH الماء:

تم اختبار قساوة الماء في معمل الريان لعدة عينات من الماء البئر وخلال فترات متفاوتة نتج لدينا أن قيمة حموضة الماء البئر ph = 5. شكل(8).

مشعر لوني لوجود الشوارد. كل قطرة من المشعر تساوي درجة واحدة من قساوة.

الشكل(8) اختبار قساوة المياه

ثم قمنا بإجراء العملية مقارنة مع عينة من أنبوب مصنوع من فولاذ المقاوم للصدأ 316 المأخوذة من جهاز التقطير العنب المستخدم في مبادل الحراري.

أجريت اختبارات التآكل لعينات فولاذ المقاوم للصدأ 316 المعدة سابقاً، وذلك بغمرها بشكل كامل في أوساط التآكل المستخدمة في هذا البحث هي عبارة عن ماء البئر وعصير العنب المخمر وعصير العنب المقطر المأخوذة من المعمل المشروبات الكحولية (معمل الريان).

تم تحديد زمن التعرض للأوساط آكلة خلال المدة الزمنية المحددة المختارة ومغمورة تماما في الحوض الزجاجي الذي يحتوي على أوساط التآكل المختلفة.

الشكل(9) يوضح حوض الزجاجي الموضوع فيه عينات الفولاذ المقاوم للصدأ:

الشكل(9) اختبار عينات الفولاذ المقاوم للصدأ.

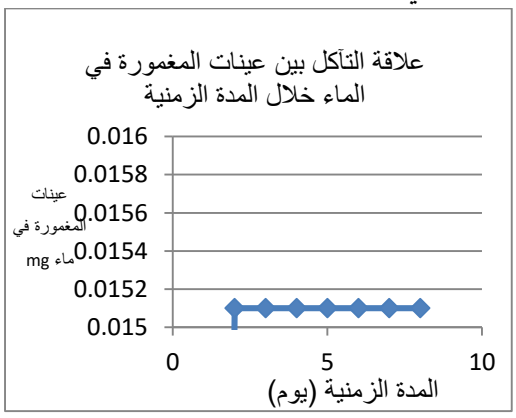
قيم التآكل بالعينات من الفولاذ المقاوم للصدأ المغمورة في أوساط التآكل يبينه الجدول(2)

الجدول(2) قيم التآكل بالعينات من الفولاذ المقاوم للصدأ المغمورة في أوساط تآكل مختلفة.

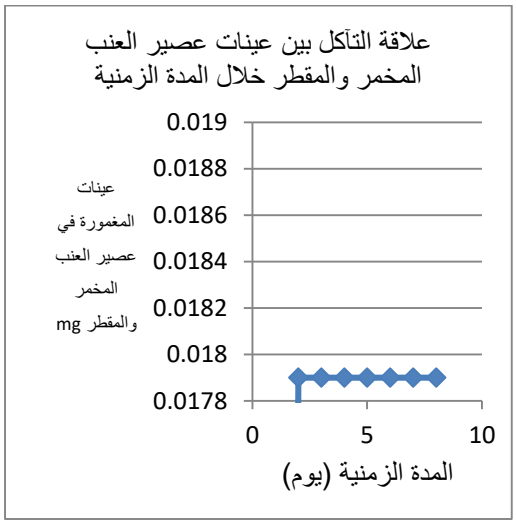
المدة الزمنية (يوم)	عصير العنب المقطر kg	عصير العنب المخمر kg	ماء البئر Kg
قبل إجراء اختبار	0.0179	0.0179	0.0151
7	0.0179	0.0179	0.0151
14	0.0179	0.0179	0.0151
21	0.0179	0.0179	0.0151
28	0.0179	0.0179	0.0151
35	0.0179	0.0179	0.0151
49	0.0179	0.0179	0.0151
63	0.0179	0.0179	0.0151
77	0.0179	0.0179	0.0151
91	0.0179	0.0179	0.0151
98	0.0179	0.0179	0.0151
113	0.0179	0.0179	0.0151
120	0.0179	0.0179	0.0151
127	0.0179	0.0179	0.0151
150	0.0179	0.0179	0.0151
180	0.0179	0.0179	0.0151
210	0.0179	0.0179	0.0151
225	0.0179	0.0179	0.0151
240	0.0179	0.0179	0.0151
255	0.0179	0.0179	0.0151
270	0.0179	0.0179	0.0151
285	0.0179	0.0179	0.0151
300	0.0179	0.0179	0.0151

نلاحظ إن عينة الفولاذ المقاوم للصدأ لا يحدث فيها تآكل يذكر خلال مدة الاختبار المحددة مما ينصح باستخدامها في المبادل الحراري.

يوضح الشكلان (10&11) علاقة التآكل لعينات فولاذ مقاوم للصدأ مختبرة في أوساط تآكل مختلفة.



الشكل(10) علاقة التآكل لعينات الفولاذ المقاوم للصدأ المختبرة في أوساط التآكل المختلفة.



الشكل(11) علاقة التآكل لعينات الفولاذ المقاوم للصدأ المختبرة في أوساط التآكل المختلفة.

المناقشة:

1- من خلال التجارب التي أجريت على عينات النحاس يتم استنتاج أن: معدل تآكل النحاس يتغير باختلاف وسط التآكل وقد بينت النتائج أن معدلات لتآكل في ماء البئر كانت الأعلى مقارنة بمعدلات التآكل في عصير العنب المخمر والمقطر وهذا يرجع إلى عدة أسباب: حموضة ماء البئر، حموضة عصير العنب، اتساخ الماء ووجود أجسام غريبة، سرعة تدفق الماء، اختلاف درجات الحرارة الماء والعصير العنب في المبادل الحراري.

2- يلاحظ وجود نسبة من المواد المختلفة المعلقة في مياه مثل الرمل والأتربة.

3- يلاحظ من خلال دراسة مقارنة بين مبادل الحراري النحاسي ومبادل الحراري فولاذي نلاحظ يمكن استبدال المبادل الحراري النحاسي بمبادل حراري فولاذي للحماية من التآكل لكن يجب معرفة أن إنتاجية المبادل الحراري النحاسي تفوق إنتاجية المبادل الحراري الفولاذي وذلك بسبب ميزة التوصيل الحراري للنحاس أعلى من توصيل الحراري للفولاذ. 4- بزيادة فترة الغمر للعينات ازداد معدل تآكل النحاس وبالتالي ازدادت مقاومة النحاس للتآكل والصدأ وذلك بسبب تشكيل غشاء أو طبقات من مخلفات التآكل مثل الأكسيد وكذلك بسبب نفاذ الأكسجين المذاب في النحاس، حيث سيبدأ أنبوب النحاس بالتفاعل مع الأوكسجين المذاب في الماء لتشكيل طبقة أكسيد النحاس على السطح الداخلي ثم يتفاعل سطح الطبقة الواقية مع الغازات والأملاح الموجودة بالماء مما يؤدي إلى تكوين طبقة إضافية من كربونات النحاس حيث يختلف لون هذه الطبقة حسب أنظمة الماء الباردة أو الساخنة.

الشكل(12) يبين تشكيل طبقة الزنجار على أنبوب النحاس.

الشكل(12) تشكيل طبقة الزنجار على أنبوب النحاس.

4- بعد إجراء اختبار القساوة الماء نلاحظ انخفاض درجة حموضة الماء PH حيث كانت لدينا متوسط قيم حموضة لماء البئر تساوي ph=5 مما يدل على أن الوسط حامضي وهذا يسبب زيادة في سرعة التآكل.

5- يلاحظ أن درجة حرارة الماء المستخدم تساوي 70 درجة مئوية وهذه الدرجة من الحرارة للماء تعمل على تسريع عملية تآكل النحاس.

الاستنتاجات:

إن النتائج الأساسية المستخلصة من هذا البحث هي كالتالي:

- يمكن استبدال المبادل الحراري النحاسي بمبادل حراري فولاذي.
- التحكم بسرعة جريان الماء في الأنابيب لإن زيادة سرعة تدفق المياه تؤدي إلى تحطم الطبقة الواقية لأنبوب النحاس.
- استخدام فلاتر للتحكم بنسبة وجود المواد مثل الرمل والأتربة المعلقة في المياه.
- التحكم بدرجة حرارة الماء للتخفيف من حدوث التآكل.
- التحكم بحموضة الماء ويتم ذلك برفع قيمة الـ ph ليصبح الوسط معتدل ph=7.

التمويل: هذا البحث ممول من جامعة دمشق وفق رقم التمويل(501100020595).

References:

1-Marzena، L. (Mar2020)." A metallographic case study of formicary corrosion in heat exchanger copper tubes "

2- Shahab،K.luqman،a.Muhammad، U. (December 2017)."Fretting Wear Analysis of Different Tube Materials Used in Heat Exchanger Tube Bundle"

3- Kuznicka، B. (2009). "Erosion-corrosion of heat exchanger tubes" Engineering Failure Analysis vol. 16 (2009) pp. 2382–2387.

4- Ranjabar، K. (2008)."Effect of flow induced and erosion failure of a tubular heat exchanger"، Materials and design vol. 31 (2010) pp. 613_619.

5-Athanasios،V. Sofia، P.Spyros، P. (January 2018) Ant nest corrosion failure of heat exchangers copper pipes.

6-Schwartz, M.P., (1981) “Four Types of Heat Exchanger Failures”, Dun-Donnelley Corp.