African Journal of Advanced Pure and Applied Sciences (AJAPAS)
Online ISSN: 2957-644X
Volume 1, Issue 4, October-December 2022, Page No: 52-60
Website: *https://aaasjournals.com/index.php/ajapas/index*

تصميم مصفي مغناطيسي لإزالة أكسيد الحديد الأسود من دورة بخار الغلايات

Design of magnetic filter to remove magnetite from steam Boilers cycle

ابتســـــام محمد محمد اعمارة[1*]، صلاح الدين رمضان عبدالله[2]، يالا سالم احمد الحاج[3]
Ebtisam M. Amara[1*], Salaheddin R. Abdullah[2], Yalla S. Alhaj[3]

[1،3] قسم الهندسة الميكانيكية، المعهد العالي للتقنيات الهندسية، طرابلس، ليبيا
[2] مركز البحوث النووية، طرابلس، ليبيا
[1,3]Mechanical Engineering Department, Higher Institute of Engineering Technology, Tripoli, Libya
[2]Nuclear Research Center, Tripoli, Libya

[*]*Corresponding author: ebtisam_amara@yahoo.com*

Received: September 16, 2022	*Accepted: October 06, 2022*	*Published: October 07, 2022*

الملخص
تعتبر إحدى المشاكل التي تتعرض لها الغلايات البخارية هو تكون طبقات من اكسيد الحديد الاسود (الماقنيتيت)، وفي كثير من الحالات يكون فيها الماقنيتيت منتشراً وبكثافة بحيث لا تكفي معه المعالجات الكيميائية في السيطرة عليه، وبذلك أصبح يشكل خطورة على الغلايات ومكوناتها وسوف نحتاج إلى اتخاذ خطوات لإزالة الماقنيتيت فعليًا لحماية الغلاية ومكونات دورة البخار حيث توجد العديد من الحلول، ومن اهم هذه الحلول المصفيات المغناطيسية.
حيث تعتبر المصفيات المغناطيسية خياراً منخفض التكلفة بشكل عام، وهي مناسبة لكل من التدفق العالي والمنخفض لمائع التشغيل، فقد تم في هذه الدراسة التعرف على خصائص اكسيد الحديد الاسود الكيميائية والفيزيائية، وكيفية تكونه داخل غلايات انابيب اللهب، وتم تصميم وصناعة مصفي مغناطيسي لالتقاط جزيئاته، واختبار هذا المصفي بواسطة تصميم نظام تدفق محمل بجزيئات الماقنيتيت، وكانت نتائج هذا العمل جيدة لالتقاط جزيئات الماقنتييت.
ومن خلال تلك التجارب لاحظنا انه تمت تنقية وتصفية المياه بشكل جيد، وتم استنتاج انه كلما كانت سرعة دخول الماء المحمل بالماقنيتيت أبطئ كلما كانت نتائج حجزه عبر المصفي جيدة، وكانت أفضل نتيجة عند سرعة دخول الماء 1.1 متر/ساعة.
الكلمات المفتاحية: اكسيد الحديد الأسود، الماقنيتيت، الغلايات البخارية، غلايات انابيب اللهب، المصفي المغناطيسي.

Abstract
One of the problems faced by steam boilers is the formation of black iron oxide (magnetite) layers. In this study, its chemical and physical properties were identified, and how it is formed inside fire tube boilers.
In many cases, black iron oxide is so widespread and dense the chemical treatments are not enough to control it, and thus has become a danger to the boilers and their components, and we will need to take steps to actually remove the magnetite to protect the boiler and the components of the steam cycle where there are many solution, and the most important of these magnetic filters solution.
Magnetic filters are generally considered a low-cost option, and they are suitable for both high and low flow. In this study, a magnetic filter was designed to capture magnetite particles. The filter work was tested by designing a flow system loaded with magnetite that works through it, and the results of the experiments conducted were the system must ensure that the filter works well in capturing magnetite particles.

Through those experiments, we noticed that the water was purified and filtered well, and we also concluded that the lower the speed of entering the water loaded with magnetite, the better the results of its retention through the filter, the better result was at the speed of entering the water 1.1 m/h.
Keywords: black iron oxide, Magnetite, magnetite, steam boilers, flame tube boilers, magnetic filter.

1. المقـــــــــدمة

يعتبر أكسيد الحديد الأسود (Fe_3O_4) أحد أكاسيد الحديد الذي يتميز بسرعة انجذابه للمغناطيس، ولهذا السبب يطلق عليه اسم أكسيد الحديد المغناطيسي.

يتكون الماقنيتيت داخل غلايات انابيب اللهب، وفي الأسطح الملامسة للماء ويتكون بشكل طبقة رقيقة على طول الجانب المائي لأنابيب الغلاية البخارية، وتساعد طبقة الماقنيتيت في الحماية من التآكل، وغالباً ما تضاف مواد كيميائية إلى الماء عند تشغيل الغلاية الجديدة لأول مرة وذلك لتسريع تكوين تلك الطبقة الواقية، تعمل هذه الطبقة على تحسين كفاءة النقل الحراري، ومع مرور الزمن تصبح هذه الطبقة ذات سماكة وهشاشة ومسامية مما يسمح لها بالتحرر من أماكنها[1، 5]، وكذلك يتكون الماقنيتيت في أنابيب البخار وصولاً إلى المبادل الحراري- البخاري وهو أحد ملحقات دورة البخار.

إن ازدياد كمية الماقنيتيت المنتشرة في الماء مع مرور الزمن تسبب الكثير من المشاكل للغلاية وملحقات دورة البخار، مما يؤثر سلباً على كفاءة تشغيل الغلاية ويترتب عليه الزيادة في التكلفة الاقتصادية للتشغيل والصيانة، ومن هنا يستوجب التدخل لإزالة اكسيد الحديد الاسود، وتم في هذه الدراسة تصميم منظومة لإزالة الماقنيتيت باستخدام خاصية المغنطة التي يمتلكها، حيث تم اعداد وتجربة عدة تصاميم الى ان تم التوصل الى الشكل النهائي للمصفي المغناطيسي، وتمت تجربته وهو يعمل بكل نجاح.

2. أهمية الدارسة:

إن من أهم مشاكل زيادة سمك طبقة الماقنيتيت داخل الغلاية نفسها، وأكبر المشاكل التي يسببها هذا السمك هي ارتفاع درجة الحرارة مما يؤدي إلى تمزق أنابيب الغلاية في حين أن الفيلم الرقيق الكثيف من الماقنيتيت موصلاً حرارياً [1]، فإن الطبقات المسامية السميكة تخلق طبقة عازلة تشبه السيراميك مما يحد من النقل الحراري، وتشير التقديرات إلى أن سُمك 1.594 x 10^{-3}متر (أي ما يعادل $1/16$ بوصة) سيزيد من استهلاك الوقود بنسبة تصل إلى 12.5٪ وتؤدي هذه الظاهرة إلى فشل سابق لأوانه من خلال تليين أنابيب الغلاية وانتفاخها وتمزقها في نهاية المطاف [5].

3. مكونات مصفي الماقنيتيت Fe_3O_4:

يتكون مصفي الماقنيتيت من جسم المصفي، عدد 4 مغناطيسات قوية، أنبوب دخول الماء، والغلاف المغناطيسي، وهي موضحة كالآتي:

3. 1. جسم المصفي: هو عبارة عن علبة بلاستيكية اسطوانية الشكل شفافة اللون محكمة الإغلاق تسمح بدخول وخروج الماء منها كما هو موضح بالشكل (1)، وتتحمل ضغط يتجاوز 6 بار، وهذه العلبة قابلة للفتح والإغلاق، ارتفاعها 315 مم، وقطرها الداخلي 89 مم، قطر دخول الماء و خروجه 25.4 مم.

شكل (1): جسم مصفي الماقنيتيت

مميزاتها:

- شفافة اللون وذلك لمراقبة التقاط المغناطيسات لجزئيات الماقنيتيت.
- سهلة الفتح والإغلاق.
- تسمح بتدفق المياه بدون مقاومة تذكر.

- تحوي صمام تفريغ متصل بغطاء المصفي.
- مقاومة للحرارة وللصدمات.
- تحوي على مانع للتسرب بالغطاء.

2. **2. مغناطيس قوي دائم:** هو مغناطيس على شكل حرف U ارتفاعه 40مم، قطره الداخلي 28 مم، قطره الخارجي 51مم، ووزنه 305 جم، وعددها 4 قطع كما بالشكل (2)، حيث ترتب المغناطيسات الأربعة فوق بعضها بشكل مصفوفة عمودية وتكون محيطة بأنبوب دخول الماء والهدف من ذلك هو إحاطة الأنبوب بمجالات مغناطيسية قوية.

شكل (2): المغناطيس المستخدم في المصفي

3. 3. أنبوب الدخول: وهو عبارة عن أنبوب من مادة البولي بروبلين (PPR) يتوسط جسم المصفي طوله 230مم، وقطره الخارجي 25 مم، وقطره الداخلي 16مم كما بالشكل (3)، ويتم من خلاله دخول الماء المحمل بالماقنيتيت ويكون محاط بشكل عمودي بالمغناطيسات الاربعة.

الشكل (3): أنبوب دخول الماء

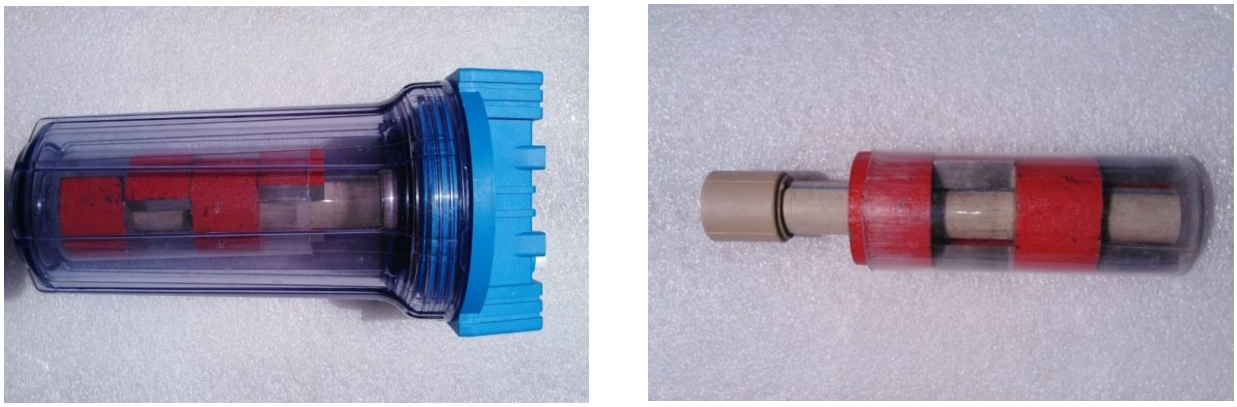
3. 4. الغلاف المغناطيسي: هو عبارة عن علبة بلاستيكية اسطوانية الشكل، شفافة اللون، مفتوحة من القمة ومغلقة من الأسفل كما هو واضح في الشكل (4)، بقطر داخلي 52.5 مم، وبطول 150 مم، صُممت لتضم بداخلها قطع المغناطيسات الأربعة وأنبوب دخول الماء، والهدف من هذا الغلاف هو إجبار الماء على الخروج بمحاذاة مسارات المجالات المغناطيسية، حيث يخرج الماء من نهاية الأنبوب السفلية و سوف يصطدم بقاع الغلاف المغناطيسي وسيجبر الماء بالتدفق صعوداً بين الجدار الداخلي للغلاف ومصفوفة المغناطيسات العمودية وسيكون الماقنيتيت هدفاً سهلاً للمجالات المغناطيسية.

شكل (4): الغلاف المغناطيسي

3. 5. الشكل النهائي لمصفي الماقنيتيت.

المرحلة الأخيرة في تصميم المصفي المغناطيسي وهي تجميع أجزائه سالفة الذكر كما بالشكل (5)، وتم في هذا التصميم مراعاة الجوانب التالية:

- سهولة التجميع والتركيب
- سهولة المراقبة والكشف
- مرونة الصيانة والتنظيف
- سهولة الربط والفك من أي نظام مائي يحتاج إلى هذا التصميم



شكل (5): الشكل النهائي للمصفي

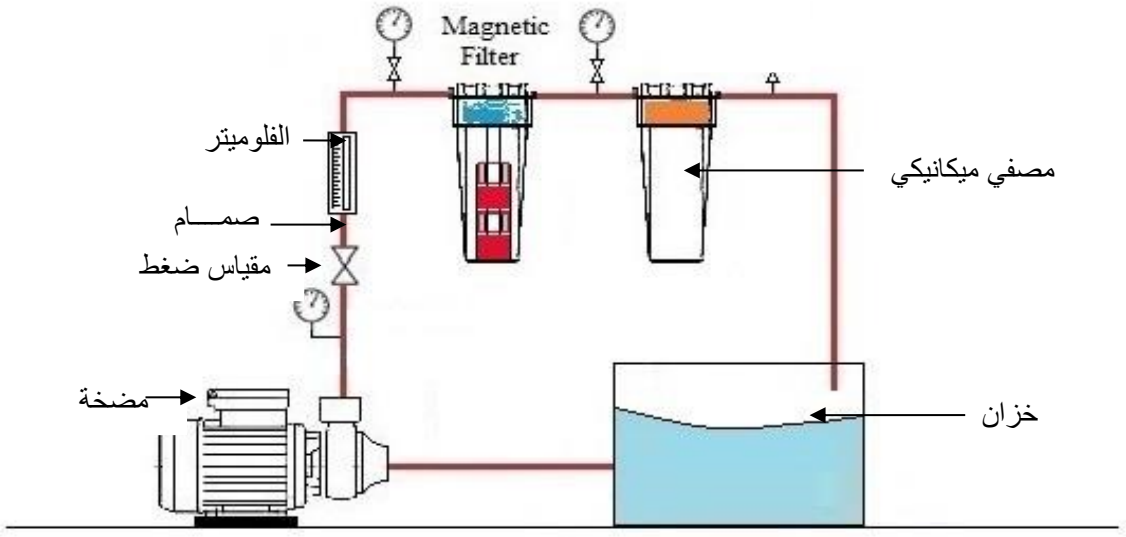
4. نظام إزالة الماقنيتيت (التصميم، الحسابات، والنتائج)

4. 1. الهدف من النظام:

الهدف منه هو اختبار المصفي المغناطيسي وتشغيله والتأكد من سلامة عمله كمصفي للماقنيتيت.

4. 2. مكونات نظام إزالة الماقنيتيت:

لاختبار مصفي الماقنيتيت يجب تصميم نظام لذلك ويتكون هذا النظام كما هو موضح بالشكل (6).



شكل (6): تصميم نظام لإزالة الماقنيتيت

الشكل (7): الشكل النهائي لنظام إزالة الماقنيتيت

4. 3. حسابات التصميم:

تم إيجاد سرعة الماء من المعادلة التالية:

$$Q = V.A \rightarrow \therefore V = {}^{Q}/_{A} \qquad (1)$$

حيث أن:

- Q معدل تدفق الماء بالنظام (لتر/دقيقة).
- V سرعه دخول الماء للمصفي (متر/ساعة).
- A مساحة مقطع الأنبوب (متر^2).

حساب مساحة مقطع الأنبوب:

بما أن قطر أنبوب دخول الماء للمصفي=1 بوصة = 0.0255 متر

$$A = \pi r^2 \qquad (2)$$
$$= 3.14 \times (0.01275)^2$$
$$= 51 \times 10^{-5}\ m^2$$

تم أخذ بيانات كل من الضغوط ومعدل التدفق من أجهزة القياس المتصلة بالنظام وفيما يلي توضيح لرموز الضغوط المستخدمة:

- P ضغط المضخة (بار).
- P_{in} ضغط دخول الماء لمصفي الماقنيتيت (بار).
- P_{out} ضغط خروج الماء من مصفي الماقنيتيت (بار).

تتغير قيمة السرعة بتغير معدل التدفق الناتج عن تغير الضغط كما هو موضح في الجدول (1).

4. 4. خطوات الاختبار والتشغيل النهائي:

1- تم إضافة الماقنيتيت إلى خزان الماء بالنظام وتم تحريكه كما في الشكل (8).
2- تشغيل المضخة.
3- فتح الصمام تدريجياً.
4- مراقبة الضغوط ومعدل التدفق في النظام.
5- ملاحظة التقاط المغناطيس للماقنيتيت أثناء التشغيل كما في الشكل (9).
6- مراقبة حالة تصفية المياه بالخزان كما في الشكل (10).
7- تسجيل القراءات لكل من الضغوط ومعدل التدفق.

8- إعادة الاختبار وذلك باختيار عدة ضغوط مختلفة وكذلك معدلات تدفق مختلفة.
9- احتساب سرعة دخول الماء.
10- تم تشغيل النظام عدة مرات.
11- تم تنقية وتصفية المياه بعد 30 دقيقة في الاختبار الأول حيث كانت سرعة الماء في المصفي 2.35 متر/ساعة.
12- تم تنقية وتصفية المياه بعد 17 دقيقة في الاختبار الأخير حيث كانت سرعة الماء في المصفي 1.1 متر/ساعة.

تم اختبار مصفي الماقنيتيت بالمنظومة وهذه نتائج الاختبار:

جدول (1): نتائج اختبار المنظومة

	ضغط المضخة P (bar)	معدل التدفق Q (lpm)	ضغط دخول الماء P_{in} (bar)	زمن التقاط الماقنيتيت (min)	سرعة دخول الماء V (m/h)
1	1.6	20	1.2	30	2.35
2	1.8	18	0.8	27	2.11
3	2	14	0.4	21	1.65
4	2.3	12	0.2	19	1.4
5	2.5	9.5	0.1	17	1.1

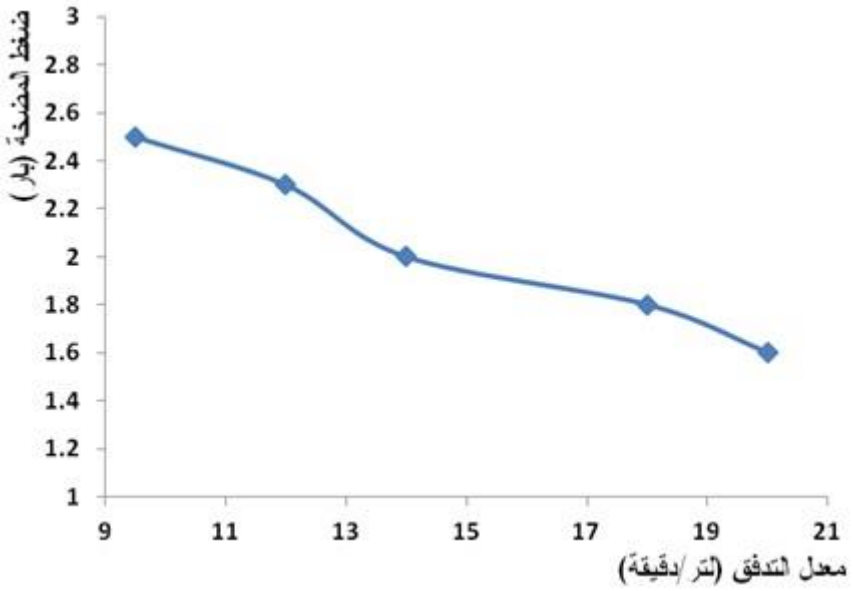
من خلال التجربة تم ملاحظة كلما كانت سرعة دخول الماء المحمل بالماقنيتيت أبطى كلما كانت استجابة والتقاط المغناطيس له أفضل.

شكل (8): الماء مخلوط بالماقنيتيت (قبل الاختبار)

شكل (9): المغناطيس بعد التقاطه للماقنيتيت

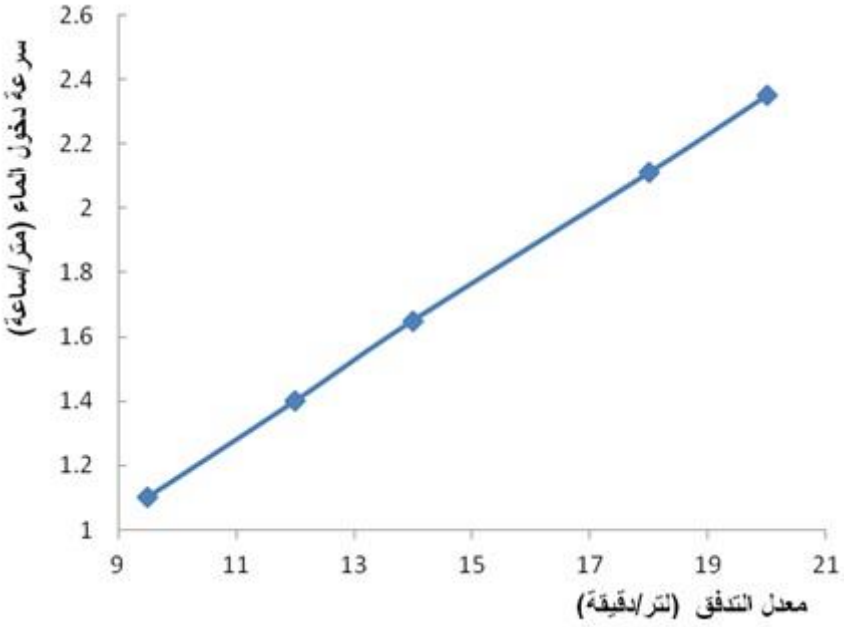
شكل (10): الماء بعد تنقيته من الماقنيتيت (بعد الاختبار)

شكل (11) يوضح العلاقة بين معدل تدفق الماء وضغط المضخة، حيث أنه كلما زاد معدل التدفق قل ضغط المضخة. الزيادة في ضغط المضخة يتم عن طريق صمام ميكانيكي ويتم قياسه بواسطة جهاز قياس الضغط، ومعدل التدفق يتم قياسه بجهاز الفلوميتر.



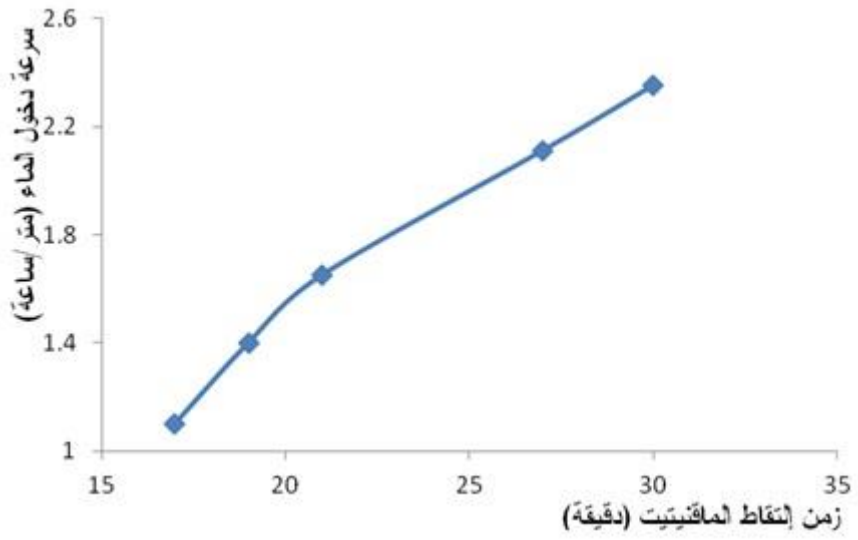
شكل (11): العلاقة بين معدل التدفق وضغط المضخة

الزيادة في معدل التدفق ينتج عنها زيادة في سرعة دخول الماء للمصفي كما هو موضح في حسابات تصميم النظام أي انها علاقة طردية، وهذا واضح في الشكل (12).



شكل (12): العلاقة بين معدل التدفق وسرعة دخول الماء للمصفي

ومن خلال التجارب لاحظنا انه كلما قلت سرعة دخول الماء المحمل بالماقنيتيت كلما كان زمن التقاطه اقل وكانت نتائج حجزه عبر المصفي أفضل كما بالشكل (13).



شكل (13): العلاقة بين سرعة دخول الماء للمصفي وزمن التقاط الماقنيتيت

5. التوصيات

- يمكن ربط هذا التصميم على أي منظومة تدفئة مركزية أو منزلية.
- يمكن تطويره بتغليف المغناطيسات لتسهيل تنظيف وإزالة الماقنيتيت من المصفي.
- يمكن تصنيع جسم المصفي من المعدن لزيادة مقاومته الحرارية.
- تطوير الحقل المغناطيسي العادي بحقل مغناطيسي كهربائي أي يمكن استخدام مغناطيس كهربائي.

6. الخلاصـــــــــــة

في هذا العمل البحثي تم صناعة فلتر مغناطيسي، وتمت محاكاة تطبيقية عملية بإنشاء منظومة تجريبية لذلك، ومن خلال النتائج المتحصل عليها تمت ملاحظة الآتي:

- تم تنقية وتصفية المياه بعد 30 دقيقة في الاختبار الأول حيث كانت سرعة دخول الماء 2.35 متر/ساعة.
- تم تنقية وتصفية المياه بعد 17 دقيقة في الاختبار الخامس والأخير حيث كانت سرعة دخول الماء 1.1 متر/ساعة.
- كلما كانت سرعة دخول الماء المحمل بالماقنيتيت أبطئ كلما كانت نتائج حجزه والتقاطه عبر المصفي أفضل.

كما ننوه بأن هذه التجارب تمت في المعهد العالي للتقنيات الهندسية/ طرابلس، مكان تواجد النظام.

المراجع:

1- Huiijbregts, W.M.M.,Snel, A., The Protection Effectiveness of Magnetite Layers in Relation to Boiler Corrosion. 5th international Congress on Metallic Corrosion, Tokyo, 1972.

2- McDonald, Alex, "Corrosion Processes in Water Systems", Austin, Steam Generation Systems, Inc. 2013.

3-"Boiler Water– Problems and Solutions", http://www.pdhcenter.com/courses/m 165content.pdf, Aug. 12, 2013.

4- Arnold, R.C., Csuhta, R.R., et. Al., "Electromagnetic Filter – Four Years Paper Mill Service",American Power Conference, Chicago, ll, 1979.

5- Electromagnetic Filtering of Magnetite from Steam Boiler Condensate By Joel Meissner.

6- أ ب ت محمد هاني عطوي، "المغناطيس اكتشفه راعي غنم اسمه ماغنس"، صحيفة الخليج.

7- محمد البيروني (2011)، الجماهر في معرفة الجواهر، الرياض، العبيكان للنشر، صفحة: 554-558"

8- "استخدامات المغناطيس الكهربائي"، بوابة التقدم العلمي، https://ar.wikipedia.org

.https://mawdoo3.com

9- وثائق وخرائط دورة البخار المغلق بمركز البحوث النووية.

10- الزيارة الميدانية لمركز البحوث النووية بتاجوراء.