مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (40) العدد (6) 2018
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (40) No. (6) 2018

معالجة الماء الخام باستخدام المعالجة الكهروكيميائية لتزويد محطات توليد الطاقة الحرارية

الدكتور علي علي*
الدكتورة ميساء شاش**
الدكتور هيثم شاهين***
بشار زيدان****

(تاريخ الإيداع 17 / 10 / 2018. قُبِل للنشر في 18/ 12 / 2018)

□ ملخّص □

تمّ في هذا البحث استخدام تقنية الفلترة الكهروكيميائية في معالجة مياه نبع السن المغذية للمحطة الحرارية في مدينة بانياس، وذلك لاستخدام المياه المعالجة في المراجل التابعة لهذه المحطة بهدف تدوير عنفاتها لتوليد الكهرباء، حيث أن معالجة المياه يخفض عمليات التآكل والاهتراء التي تصيب شفراتها وأجزائها إلى حدود دنيا، حيث طبّق تيار متواصل شدته(2A) توتره (12V) باستخدام محول كهربائي لتغذية إلكترودات من الألمنيوم، وتم دراسة فعالية الخلية الكهروكيميائية في إزالة عكارة المياه، وكذلك الأجسام الصلبة المنحلّة.وقد بينت نتائج الدراسة انخفاض عكارة المياه بحوالي (98%) والأجسام الصلبة الكلية المنحلة (TDS)بحوالي (61%) كما انخفضت الناقلية الكهربائية للمياه من (449µs/cm) إلى (131µs/cm) بعد ساعة من عملية المعالجة.

الكلمات المفتاحية:معالجة كهروكيميائية، إلكترودات معدنية، عكارة، ناقلية كهربائية.

* أستاذ – قسم هندسة تقانة الأغذية – كلية الهندسة التقنية – جامعة طرطوس – طرطوس – سورية.
**أستاذ مساعد – قسم المعدات والآليات – كليّة الهندسة التقنيّة – جامعة طرطوس– طرطوس – سورية.
***أستاذ – قسم الهندسة البيئية– كليّة الهندسة المدنية – جامعة تشرين–اللاذقية – سورية.
****طالب دكتوراه – قسم المعدات والآليات– كليّة الهندسة التقنيّة– جامعة طرطوس– طرطوس – سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (40) العدد (6) 2018
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (40) No. (6) 2018

Electrochemical treatment of Raw Waterfor Thermal Power Plants requirments

Dr. Ali Ali[*]
Dr. MaysaaShash[**]
Dr. Haithamshaheen[***]
Bashar Ziedan[****]

(Received 17 / 10 / 2018. Accepted 18 / 12 / 2018)

□ ABSTRACT □

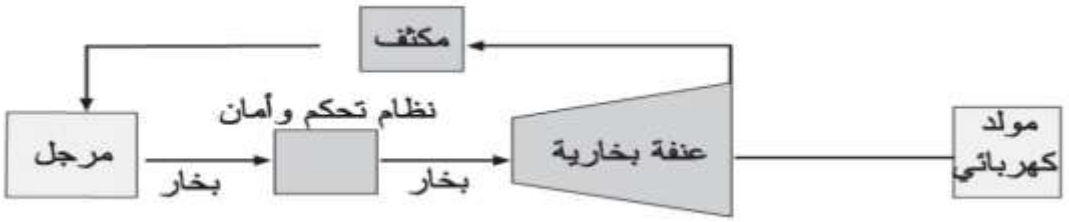
In this research electrochemical treatment was used to treat Al-Sin water that feed Banias thermal station boilers for generate electricity , this recycled pure water minimize corrosion and wear of turbine, the current of (2A) and (12V) was applied by
Transformer on metal electrodes of aluminum. The electrochemical treatment efficiency was studied.
Results revealed that the turbidity decreased for about (98%), and that total dissolved solids (TDS) and conductivity were reduced by about (61%) and (70.8%) respectively after one hour of treatment process.

Key words: electrochemical treatment,metal electrodes.Turbidity,conductivity.

[*]**Professor , Department of Food Technical, Faculty of Technical Engineering Tartous University – Syria.**
[**] **Associate Professor , Department of Equipments and Vehicles Engineering, Faculty of Technical Engineering ,Tartous University – Syria.**
[***]**Professor , Department of Environmental Engineering, Faculty of Civil Engineering , Tishreen University – Syria**
[****] **Postgraduate student, Department of Equipments and Vehicles Engineering, Faculty of Technical Engineering ,Tartous University – Syria.**

مقدمة:

يعتمد أساس عمل محطات القوى الكهربائية على تحويل الطاقة من شكل لآخر، ويعتمد مبدأ عملها على تحويل الطاقة الحرارية الناتجة من احتراق أنواع متعددة من الوقودإلى طاقة حركية ومنثم إلى طاقة كهربائية، وذلك اعتماداً على الوسيط الذي يتم من خلاله عملية التحويل وهو الماء النقي.



الشكل (1)مكونات محطة القوى

إن ضغط المرجل ([bar]170)، وعليه فإن الماء الذي يغذي المرجل يجب أن يكون على درجة عالية من النقاء لحماية المراجل من الترسبات والتآكل. ومن أهم استخدامات الماء النقي المعالَج ضمن الشركة العامة لمصفاة بانياس:

1- محطة القوى: لإنتاج البخار العالي والمحمص لزوم عمل العنفات البخارية لتوليد التيار الكهربائي.
2- ماء الخدمات: من أجل عمليات التبريد للمحافظة على سلامة الأجزاء.
3- ماء للاستخدامات الطارئة(إطفاء الحرائق).
4- يمكن رفد كميات من المياه (فائضة عن حاجة المنشأة) لتلبية احتياجات القطاع الصناعي.

ولبلوغ هذا الهدف والحصول على ماء عالي النقاء للاستخدامات المذكورة آنفاً يجباختيارنظام فعاللمعالجة المياه بكفاءة عالية ورقابة دقيقة ومنتظمة،وتعتبر طريقة الترسيب الكهربائي(المعالجة الكهروكيميائية) من أكثر طرق معالجة المياه فعالية في الحصول على ماء عالي النقاء خالٍ من الشوارد والشوائب التي تسبب تآكل أجزاء العنفات. إذ تتميز هذه الطريقة بالعديد من المزايا التي تجعلها تتفوق على طرائق معالجة المياه التقليدية الشائعة ومن أهمها[3-1]:

1- تتميز هذه المعالجة بتكاليف إنشاء وتشغيل منخفضة، وتشغل مساحات صغيرة.
2- لا تحتاج لإضافة مواد كيميائية مخثرة.
3- حجم الرواسب الناتجة عن هذه المعالجة صغير للغاية.
4- يتحرر غاز الكلور نتيجة التفاعلات الجارية ضمن مفاعل الفلترة الكهروكيميائية، ومن المعروف أن غاز الكلور معقم فعّال للمياه.
5- تتميز هذه الطريقة بتحقيق مردود وكفاءة إزالة عالية للشوارد والملوثات.
6- سهولة أتمتة جميع مراحل المعالجة.
7- يمكن ربط الخلية الكهروكيميائية بمجموعة تغذية تعتمد استخدام اللواقط الشمسية لتوليد التيار الكهربائي.

أهمية البحث وأهدافه:

يستخدم الماء في محطات توليد الطاقة كماء التبريد، وماء المراجل، وماء العمليات، والماء المستهلك، ويستخدم ماء التبريد بهدف: تخفيض تشكل القشور، ومنع نمو الجراثيم، والتحكم في حجم الفراغ الموجود في المكثف. إذ يؤدي تشكل القشور في المكثف في محطات توليد الطاقة إلى ضغط راجع أعلى في المكثف والذي يؤدي إلى انخفاض ضغط تفريغ المكثف(condenser vacuum)،وبالتالي ازدياد الفقد في الطاقة وتناقص كفاءة العنفة.

وبالتالي يهدف البحث لمعالجة مياه نبع السن المغذية للمحطة الحرارية في بانياس بهدف الحصول على ماء مناسب لمراجل محطة توليد الطاقة، بهدف تخفيض التآكل والاهتراء الذي يصيب العنفات، وبالتالي تخفيض كلف الصيانة والاستبدال والتوقف عن العمل.

2- مبدأ عمل تقانة الفلترة الكهروكيميائية[4]:

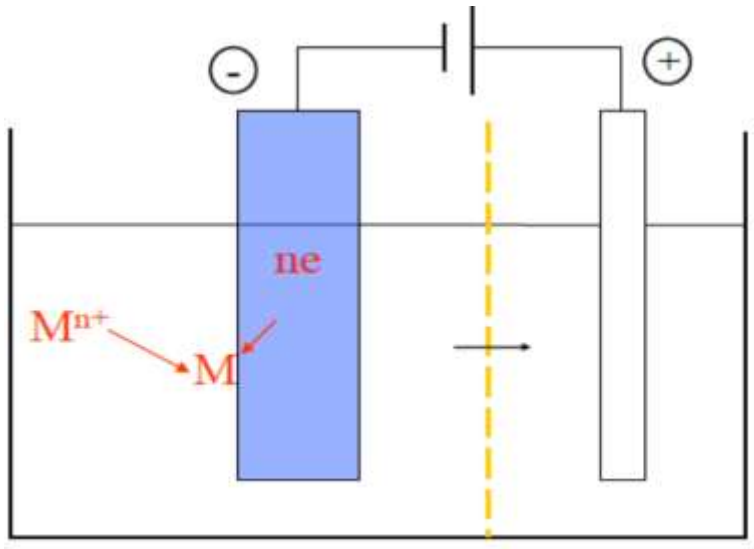
تعتمد طريقة الفلترة الكهروكيميائية على تمرير تيار كهربائي عبر إلكترودات معدنية ناقلة للكهرباء (ألمنيوم، حديد.....) مغمورة في المياه المراد معالجتها. فعند مرور التيارالكهربائي عبرالإلكترود المعدني، يتأكسد المعدن محرراً الشوارد الموجبة M^{n+}عند المصعد كما في المعادلة (1):

$$M^{n+} + n_e^- \rightarrow M \qquad (1)$$

وبشكل متزامن ، يتم إرجاع الماء الى غاز الهيدروجين وشاردة الهيدروكسيل عند المهبط كما فيالمعادلة (2):

$$2H_2O + 2e^- \longrightarrow H_2 + 2OH^- \qquad (2)$$

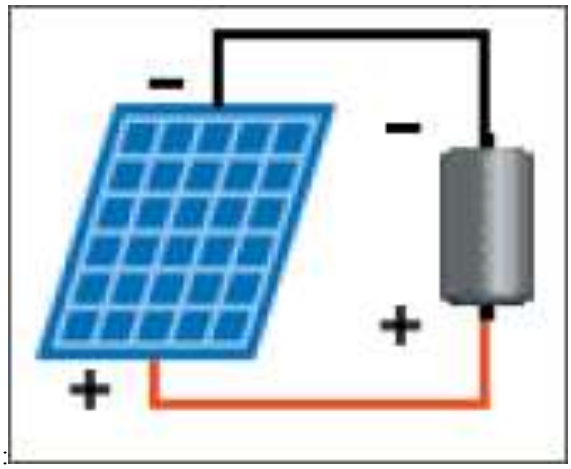
ويوضح الشكل (2) التفاعلات الجارية عند إلكترودات الخلية الكهروكيميائية:



الشكل (2): التفاعلات الجارية عند إلكترودات الخلية الكهروكيميائية

تتحد الشاردة المعدنية مع شاردة الهيدروكسيل،مشكلة مركبات هيدروكسيلية تمتلك خواص امتزازعالية فتعمل على تحطيم استقرار الجسيمات الغروية،كما يساعد انطلاق غاز الهيدروجين في عمليةالمزج وتعزيز طفو الملوثات، بحيث يتم ازالةالملوثات المشكلة للطبقة الطافية على سطح السائل.

يمكن الحصول على الطاقة الكهربائية اللازمة لتغذية الإلكترودات باستخدام أنظمة كهروشمسية حيث يتم ربط الألواح الشمسية مع نظام المدخرات للحصول على التوتر الكهربائي والتيار اللازمان لتشغيل الخلايا الكهروكيميائية المستخدمة في معالجة المياه كما هو مبين في الشكل(3):



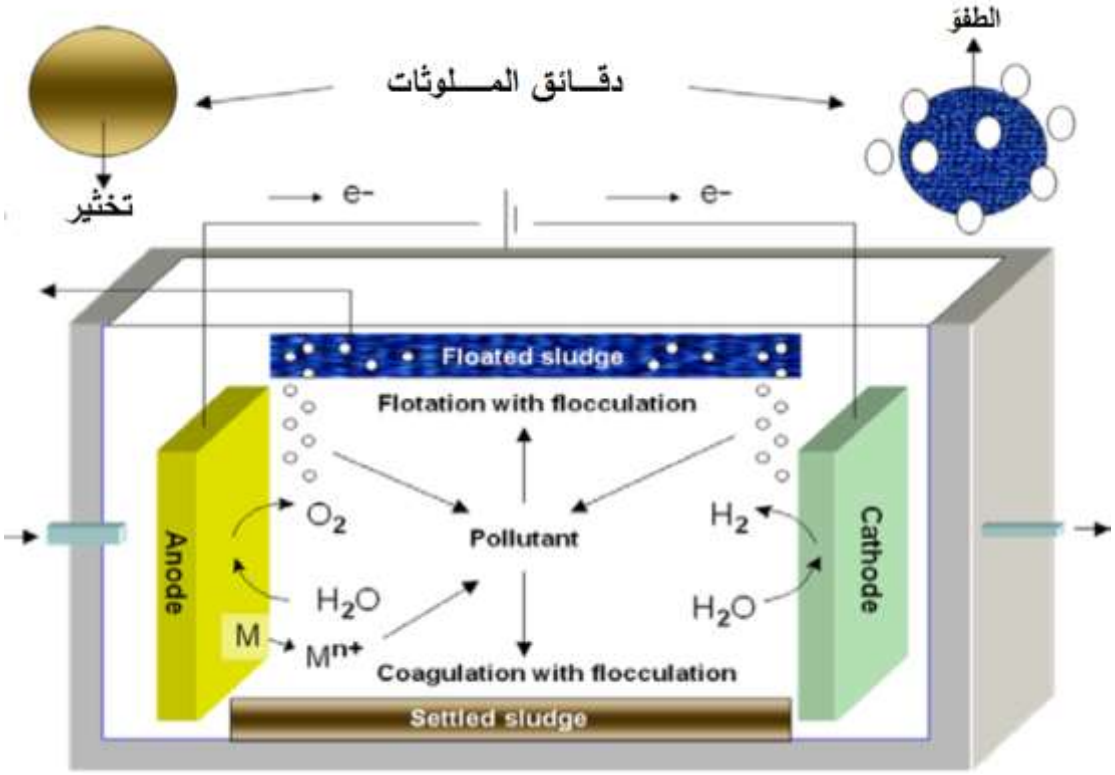
أ:

الشكل (3) لاقط شمسي متصل بمدخرة خلية المعالجة الكهروكيميائية

طرائق البحث ومواده:

وصف النموذج التجريبي (المخبري):

من أجل تنفيذ الجزء العملي للبحث تم تصنيع نموذج تجريبي ذات الأبعاد (14cm×8cm×24cm)، باستخدام إلكترودات صفائحية من الألمنيوم(21cm×10cm×2mm) كما يبين الشكل (4) حيث طبّق تيار متواصل شدته(2A) توتره (12V) باستخدام محول كهربائي لتغذية إلكترودات من الألمنيوم، وتم دراسة فعالية الخلية الكهروكيميائية في إزالة عكارة المياه، وكذلك الأجسام الصلبة المنحلّة.



الشكل (4): النموذج المبسّط لمعالجة المياه بطريقة الفلترة الكهروكيميائية

إن تحييد(معادلة) الشحنات الكهروستاتيكية(electrostatic charges) ومن ثم فصلها من المحلول، وترسيب الأيونات والأملاح المعدنية من خلال توليد معقدات عبر حل أيونات الألمنيوم من إلكترودات الألمنيوم عند المصعد، وانطلاق غاز الهيدروجين عند المهبط يساعد في طفوّ الدقائق المتلبدة على سطح الماء، وتحدث تفاعلات كيميائية عند المصعد كالتالي:

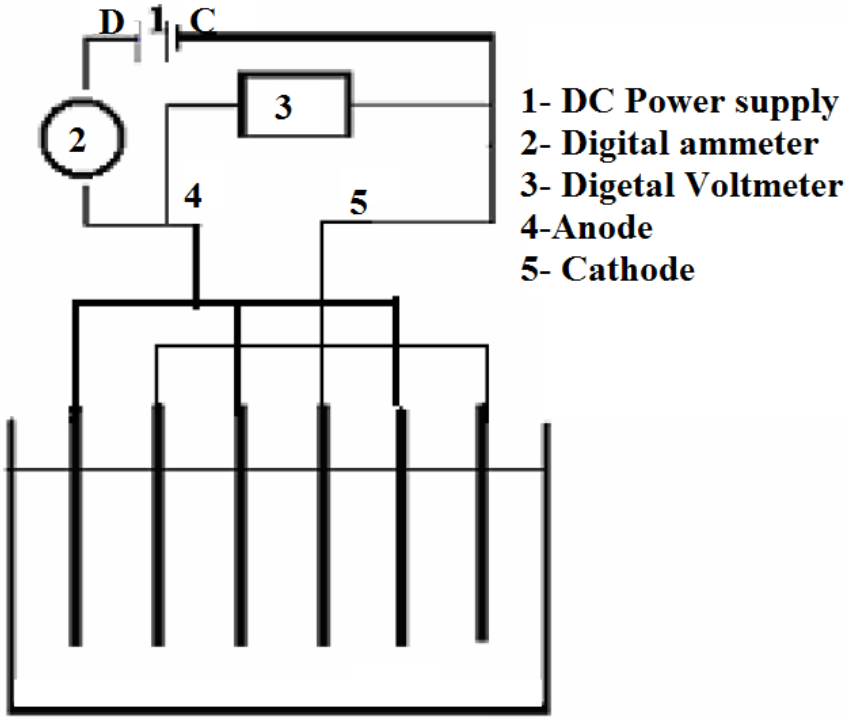
$$AL \rightarrow AL^{+3} + 3e^-$$
$$2H_2O \rightarrow O_2\uparrow + 4H^+ + 4e^-$$

وتعد الأيوناتAl^{+3}بمثابة عوامل تخثير فعالة لطفو الجسيمات، ويمكن لأيونات الألمنيوم المتحلمهة أن تشكل شبكات من (Al-O-Al-OH) والتي بإمكانها امتزاز الملوثات الموجودة في الماء.

تساعد الفقاعات الغازية (الأوكسجين) المتولدة في عملية الطفو الكهربائي (electroflotation process)، وتشكل الحمأة الطافية جنباً إلى جنب مع غاز الهيدروجين المنطلق عند المهبط وفق التفاعل التالي:

$$2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$$

ويوضح الشكل (5) المخطط الكهربائي المخبري المبسط لخلية الفلترة الكهروكيميائية والتي استخدمت فيها (6) إلكترودات صفائحية من الألمنيوم.



الشكل (5): النموذج الكهربائي المخبري لخلية المعالجة الكهروكيميائية

النتائج والمناقشة:

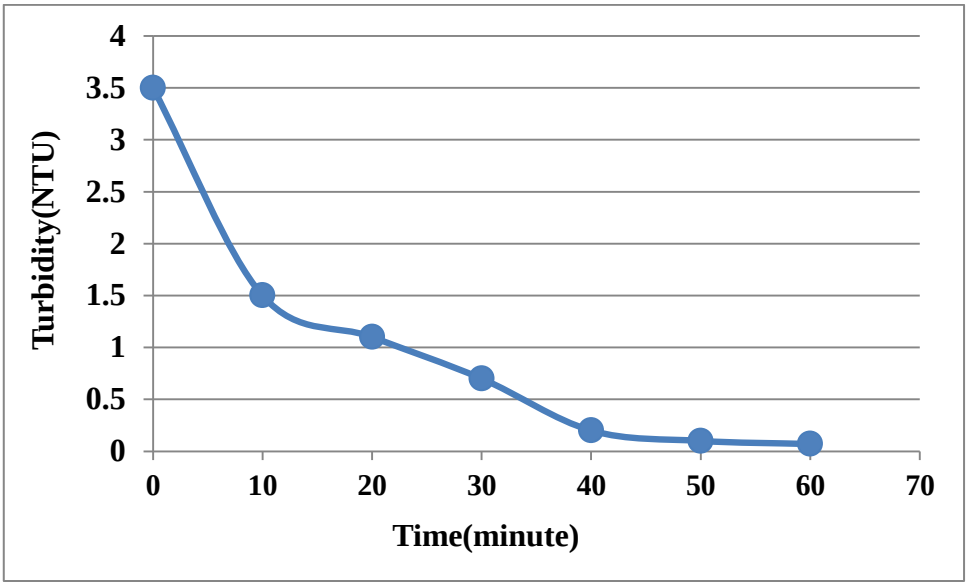
كفاءة الخلية الكهروكيميائية في عملية معالجة المياه:

وفقاً للمواصفات القياسية العالمية (JIS B8223-2006) التي تتعلق بالشروط والمعايير المتعلقة بالمياه المغذية لمحطات توليد الطاقة الحرارية والمستخدمة في المراجل وعمليات التبريد يجب أن تتمتع بالمواصفات التالية[5,6]:

الجدول(1) المواصفات القياسية (JIS B8223-2006)للمياه المغذية لمحطات توليد الطاقة الحرارية

pH	8.5-9.3
Conductivity(µs/cm)	<0.5
TDS(mg/l)	30
Turbidity	<0.2

أولاً: إزالة العكارة(Turbidity removal): من المعروف بأن المعالجة الكهروكيميائية تعتبر تكنولوجيا مثالية في تحسين نوعية المياه وإزالة العكارة[7] وكما يتبين من خلال الشكل(6) أن عكارة المياه تتناقص بازدياد زمن المعالجة ويرجع ذلك إلى قدرتها على تحطيم استقرار المعلقات الغروية نتيجة لتأثير الحقل الكهربائي المتولد بين الإلكترودين، وتفاعلها مع المركبات المخثِّرة المتشكلة نتيجة لتأكسد المصعد (anode oxidation) والذي يتبعه طفو تجمعات الدقائق المتخثرة.

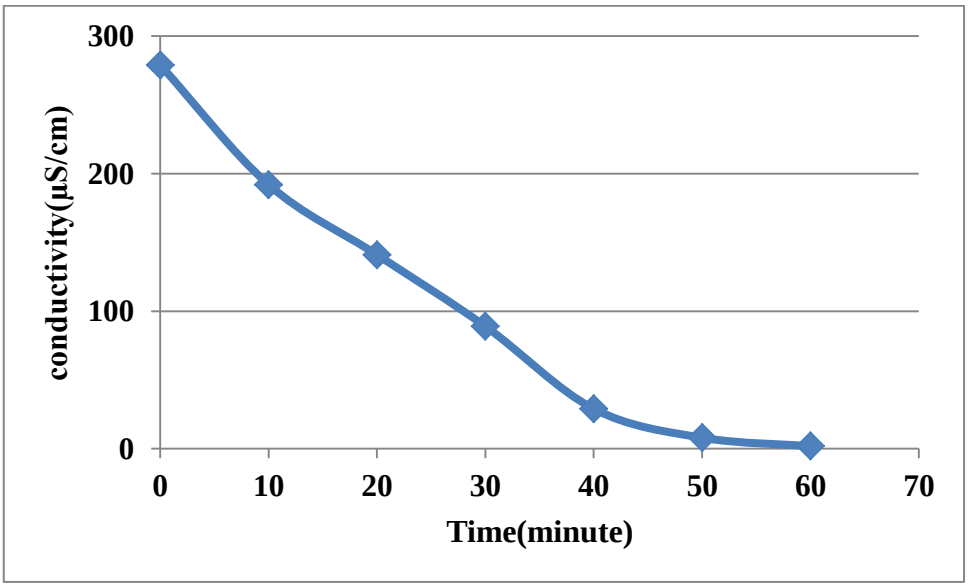


الشكل (6)عكارة المياه كتابع لزمن المعالجة بالخلية الكهروكيميائية

ثانياً الناقلية الكهربائية(Electric Conductivity):

يلاحظ من خلال الشكل(7) انخفاض الناقلية الكهربائية للمياه مع زيادة زمن المعالجة، إذ تؤدي المعالجة الكهروكيميائية إلى تخفيض تركيز الشوارد في المياه من خلال آلية الأكسدة والتي تحدث بخطوتين متتاليتين:

الأكسدة المباشرة: وفيها تنتشر الملوثات من المحلول إلى المصعد(anode) وفي الخطوة الثانية يتم أكسدة الملوثات على سطح المصعد، في الخطوة الأولى تتولد عوامل أكسدة قوية (strong oxidizing agent) نتيجة التأثير الكهروكيميائي على سطح المصعد وتقوم بأكسدة الملوثات، كما أن التحلل الكهربائي للماء يؤدي إلى نشوء شوارد الهيدروكسيل والتي تتحد مع الشوارد الموجبة ، وبخاصة الشوارد المعدنية وتؤدي إلى تشكيل هيدروكسيدات المعادن وترسبها، وهو ما يؤدي لتخفيض الناقلية الكهربائية للمياه.



الشكل (7) الناقلية الكهربائيةللمياه كتابع لزمن المعالجة بالخلية الكهروكيميائية

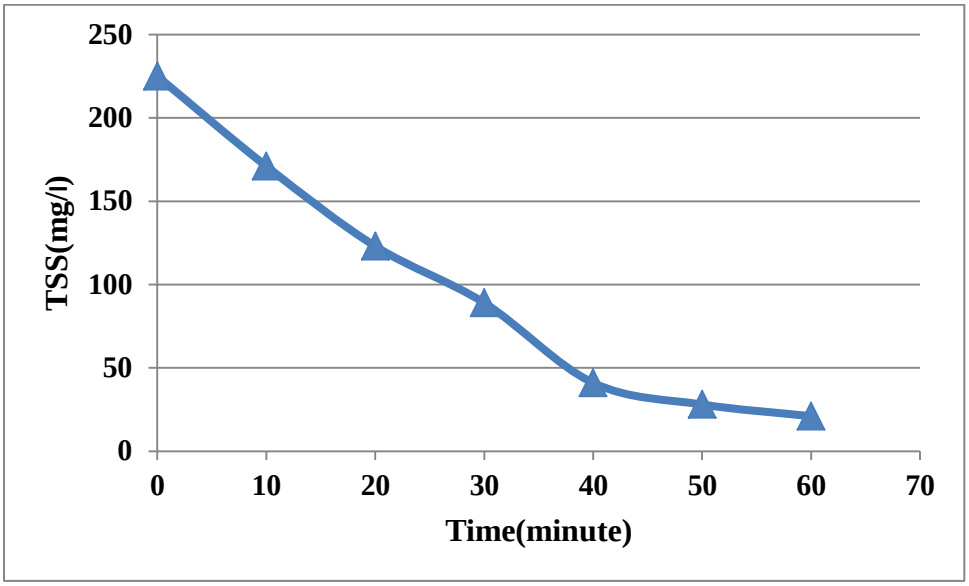
ثالثاً: محتوى الأجسام الصلبة الكلية المنحل(TDS):

تمّ حساب نسبة إزالة الخلية الكهروكيميائية للأجسام الصلبة المنحلة الكلية(R)بالعلاقة :

$$R= (C_f-C_p)/C_f\times 100\%$$

حيث (C_f) و (C_p) يمثلان تركيزي الأجسام الصلبة(mg/l) في مياه التغذية(مياه نبع السن الداخلة إلى الخلية) والماء المعالَج على التوالي.

يلاحظ من خلال الشكل(8) أن محتوى المياه من الأجسام الكلية المنحلة ينخفض مع زيادة زمن المعالجة الكهروكيميائية، ويرجع ذلك إلى أن التيار الكهربائي يسبب انحلال الإلكترودات المعدنية، بحيث تشكل الأيونات المعدنية مختثرات ومعقدات على شكل هيدروكسيدات معدنية(metal hydroxides) بحيث تقوم بتحطيم استقرار الدقائق المعلقة وترسيبها من خلال آلية الامتزاز، ويحصل التخثير الكهربائي من خلال هجرة الشوارد إلى الإلكترود المعاكس لها بالشحنة بحيث تصبح حيادية، وثانيا تشكيل كاتيون أو أيون الهيدروكسيل الذي يترسب مع المادة الملوثة، وبحسب ما أوضح الباحث(Garrido[8]) فإن الكاتيونات المعدنية تتحد مع (OH^-) لتشكيل الهيدروكسيد، والذي يمتلك خصائص امتزاز عالية، بحيث يرتبط بالمادة الملوثة، ويشكل هيدروكسيدات ذات بنية متشابكة من السهل إزالتها، كما يزال قسم من المواد الطافية كهربائيا(electroflotation) من خلال الالتصاق بالفقاعات المتشكلة بهذه الطريقة.



الشكل (8) محتوى المياه من الأجسام المنحلة الكلية كتابع لزمن المعالجة بالخلية الكهروكيميائية

الاستنتاجات والتوصيات

الاستنتاجات:

1- تتميز المعالجة الكهروكيميائية بفعالية عالية في إزالة عكارة المياه وصلت إلى (98%).

2- انخفض محتوى المياه من الأجسام الصلبة الكلية المنحلة بعد ساعة من معالجة المياه باستخدام الخلية الكهروكيميائية بنسبة وصلت إلى(61%).

3- انخفضت الناقلية الكهربائية للمياه من (449µs/cm) إلى (131µs/cm) بعد ساعة من عملية المعالجة، مما يشير إلى انخفاض كبير بنسبة الشوارد المنحلة.

4- حققت المعالجة الكهروكيميائية المواصفات القياسية (JIS B8223-2006) الخاصة بمياه تغذية المراجل وعمليات التبريد في محطات توليد الطاقة.

التوصيات:

1- – يوصى بدراسة أنواع أخرى من الإلكترودات تكون مسامية لأجل زيادة السطح الفعال للتلامس مع الماء، وبالتالي زيادة فعالية المعالجة الكهروكيميائية.

2- يوصى بدراسة فعالية المحطة في معالجة أنواع مختلفة من مياه الصرف الصناعي، وكذلك في تحلية المياه.

3- إجراء دراسة اقتصادية لمردود المعالجة الكهروكيميائية، والكلفة التي توفرها من عمليات صيانة واستبدال ضمن محطة توليد الطاقة(المحطة الحرارية ببانياس نموذجاً).

المراجع

1- EranAvraham, Malachi Noked, YanivBouhadana, Abraham Soffer, and DoronAurbach, 2009- Limitations of Charge Efficiency in Capacitive Deionization II. On the Behavior of CDI Cells Comprising Two Activated Carbon Electrodes. Electrochemical Society, Vol.156, NO.10, PP.157-162.

2- Tingting Yan, BaoxiaXu, Jianping Zhang, Liyi Shi and Dengsong Zhang,2018- Ion-selective asymmetric carbon electrodes for enhanced capacitive deionization. The Royal Society of Chemistry, pp. 2490-2497.

3- MuttucumaruSivakumar, Mohammad. M. Emam jomeh,2005- Electrochemical method for fluoride removal: Measurement, Speciation, and Mechanisms. Sustainable Water and Energy Research Group, VOL. 2522, PP.1-8, Australia.

3- DianiAinunNisa and Endarko,2017- Enhanced Salt-removal Percentage in Capacitive Deionization of NaCl Solutions with Modified Activated Carbon Electrodes by HNO, Materials Research Society of Indonesia Meeting, VOL.214, NO. 012024, PP.1-10.

4- SENICHI,T., AKITO, Y.,KOUICHI, T., Advantages and New Technologies ofHigh-AVT Water Treatment in Combined Cycle Plants *Mitsubishi Heavy Industries Technical Review Vol. 52 No. 2 (June 2015)*

5- Water conditioning for Boiler feed Water and Boiler Water JIS B8223-2006

7-Rahmani ,A. D Removal of Water Turbidity by the Electrocoagulation Method*J.res.healthSci, Vol. 8, No. 1, pp. 18-24, 2008.*

8- S. Garrido, M. Aviles, A. Ramirez, C. Calderon, A. Ramirez-Orozco,2015- Arsenic removal from water of Huautla, Morelos, Mexico using capacitive deionization, InstitutoMexicano de Tecnologia del Agua(IMTA), VOL. ,NO. ,PP.1-16.