استخدام نفايات الألمنيوم كمرسب مساعد مع الشب في محطات التصفية

حسن فرهود مكي*، أحمد فائق حسن**، سعدية حسن*
* المعهد الفني – المسيب - العراق
** قسم الهندسة الكيمياوية – كلية الهندسة - جامعة بغداد - العراق

الخلاصة

استهدف البحث إجراء عدة تجارب عملية لدراسة كفاءة استخدام نفايات الألمنيوم المتوفرة محلياً (بعد إذابتها في محلول هيدروكسيد الصوديوم) مع الشب في فصل العوالق مع تحسين نوعية المياه المعتمدة في المشاريع الصناعية المختلفة. و من خلال دراسة نتائج الفحوصات المختبرية وجد إن استعمال هذا المؤتلف كمخثر في عملية التلبيد أعطى نتائج إيجابية في فصل العوالق، إضافة إلى تحسين المياه بترسيب جزء كبير من الأيونات المسببة لعسرة المياه.

المقدمة

الماء اكثر المواد الكيمياوية شيوعاً في الطبيعة و أهمها على الإطلاق. لذا كان الاهتمام واسعاً في مختلف أنحاء العالم لتحسين كفاءة المياه للأغراض المنزلية و الصناعية. لقد استخدم الشب في عملية التخثير (Coagulation) منذ عام ١٨٨٥ على نطاق تجاري لإزالة العوالق في وحدات التصفية[٤]، لقد أجريت دراسات عديدة[١، ٢] حول استخدام الشب في عملية التخثير والتي تمثل المرحلة الأولية لتنقية المياه و التي تعرف بأنها عملية معادلة شحنات العوالق الغروية ثم تليها عملية التلبيد (Flocculation) و التي تعرف بأنها عملية تجميع الدقائق العالقة بعضها البعض نتيجة المزج مكونة لبادة (Floc) تنفصل عن الماء الرائق.

لقد درس هدسن و آخرون[٣، ٧] تأثير الشب على نوعية المياه متمثلة بقياس الرقم الهيدروجيني، و سرعة ترسيب اللباد في نهاية عملية التلبيد، و الكدرة المتبقية بعد التنقية، حيث لوحظ محدودية تأثير الشب عند ارتفاع مستوى الكدرة كذلك محدوديته عند عدم وجود قلوية كافية بالماء لإتمام تفاعل الشب كلياً لإنتاج هيدروكسيد الألمنيوم (و هو مادة جلاتينية تكون ندف لها سطح لزج هلامي تتجمع حولها المواد العالقة كالطين فيكبر حجمها و بذلك يسهل التخلص منها بالترسيب ثم بالترشيح).

إن جرعات الشب تتغير من خمسة أجزاء بالمليون للكدر الواطئة إلى مائة و عشرون جزء بالمليون للكدر المرتفعة[٣]. كما أوضحت الدراسات إن وجود أملاح الصوديوم و الكالسيوم في الماء يسبب صغر في حجم الندف صفراً يمنع ترسيبها بسهولة كذلك تؤثر درجة الحرارة على صعوبة تكوين الندف. لذا فقد وجد الباحثون ضرورة إضافة مواد كيمياوية مساعدة مع الشب، و بالفعل فقد تم في سنة ١٩٦٦ الاستفادة من بعض البوليمرات لوحدها أو مع الشب لاستخدامها في أعمال التنقية[٥].

إن المياه المستعملة للأغراض الصناعية تعامل بصورة خاصة لغرض إزالة المواد التي تسبب ترسبات و قشور على سطوح التسخين و التبريد، حيث تسبب العسرة (و التي سببها الرئيسي وجود أيونات الكالسيوم و المغنيسيوم) عند وجودها بماء المراجل و المبادلات الحرارية مشاكل جدية كونها ترسب طبقة صلبة شبيهة بالخزف على السطوح الساخنة و لهذه الطبقة معامل انتقال حرارة واطئ جداً يعادل ٣ –٦ % فقط من معامل انتقال الحرارة للفولاذ، و بمرور الزمن تتكون طبقات اكثر سمكاً لذا يتطلب رفع درجات الحرارة اكثر فاكثر للحصول على نفس كمية البخار، كذلك تحدث الطبقات و القشور المترسبة تلفاً أو انفجار بالمراجل حيث أن تشقق هذه القشور يسبب ملامسة الماء البارد بالسطوح الساخنة للمراجل محدثاً تغير مفاجئ بدرجات الحرارة تؤدي إلى هذه الأضرار[٧].

لذا كان الهدف من إجراء هذا البحث هو استخدام مؤتلف الشب نفايات الألمنيوم (المذابة بهيدروكسيد الصوديوم) كمادة مخثرة ذات تأثير مباشر في إسراع عملية تركيد العوالق إضافة إلى ترسيب جزء معتبر من أيونات البيكاربونات و الكالسيوم و المغنيسيوم مما يؤدي إلى تحسين نوعية المياه.

التفاعلات الكيمياوية

بعد إذابة نفايات معدن الألمنيوم (52 gm) بهيدروكسيد الصوديوم تنتج الومينات الصوديوم و حسب المعادلة الآتية:

$$2Al + 6NaOH \rightarrow 2Na_3AlO_3 + 3H_2 \qquad (1)$$

تتحلل الومينات الصوديوم بالماء لتعطي الندف الهلامية من هيدروكسيد الألمنيوم التي تقوم بدور المساعد على التخلص من الرواسب و المواد العالقة الدقيقة (Coagulant) حيث تأخذ بالهبوط

إلى القاع جانبة إلى سطحها هذه المواد أثناء عملية الترسيب إضافة إلى ذلك ينتج هيدروكسيد الصوديوم حسب المعادلة التالية:

$$Na_3AlO_3 + 3H_2O \rightarrow Al(OH)_3 + 3Na^+ + 3OH^- \quad (2)$$

عند إضافة الشب يتفاعل مع هيدروكسيد الصوديوم لإنتاج هيدروكسيد الألمنيوم ايضاً.

$$Al_2(SO_4)_3 + 6NaOH \rightarrow 3NaSO_4 + 2AL(OH)_3 \quad (3)$$

كذلك يقوم أيون الهيدروكسيد بترسيب جزء من أيون البيكاربونات و الكالسيوم و المغنيسيوم المسببة للعسرة الموجودة بالماء.

$$2OH + Ca(HCO_3)_2 \rightarrow CaCO_3 + CO_3^= + 2H_2O \quad (4)$$

$$2OH^= + MgSO_4 \rightarrow Mg(OH)_2 + SO_4^= \quad (5)$$

$$CO_3^= + CaSO_4 \rightarrow CaCO_3 + SO_4^= \quad (6)$$

الجزء العملي

أجريت الفحوصات المختبرية في مختبرات ماء و مجاري محافظة بابل المركز الرئيسي، و أخذت النماذج من قناة شط الحلة. و قد تم تهيئة ثلاث مستويات مختلفة من الكدرة عملياً (لتعذر حصولها طبيعياً من حصولها طبيعياً من القناة) و هي كدر واطئة بحدود (100 NTU) و معتدلة بحدود (500 NTU) و كدر مرتفعة بحدود (1000 NTU) استخدم جهاز (HACH SURFACE SCATTER TURBIDIMETER-5) لقياس الكدر البدائية للماء الخام و النهائية بعد استعمال المخثرات و بوحدات (Nephelometric Turbidity Unit (NTU). و كذلك استخدم جهاز قياس درجة الحامضية من نوع (Sargent-Welch Scientific Co. Digital pH Meter Model NX) لقياس درجة الحامضية قبل و بعد إضافة المخثرات. استخدم جهاز فحص الجرة (Jar Test) للحصول على افضل جرعة من المخثرات[٣] كذلك استخدمت طريقة (EDTA) لقياس كمية العسرة على هيئة $CaCO_3$[٦].

إن جميع التجارب أجريت بدرجة حرارة المختبر و التي تتراوح بين ٢٥ –٣٠°م، لقد تم إذابة نفايات الألمنيوم بهيدروكسيد الصوديوم لإنتاج ٠,١٦ M من الومينات الصوديوم و كان التفاعل سريع و بدون استعمال أي عامل مساعد استخدم الشب ذو التركيب $Al_2(SO_4)_3$ $18H_2O$/ و الذي يحتوي على اوكسيد الألمنيوم بنسبة 17 wt.% واوكسيد الحديديك بنسبة 0.015 wt.% و شوائب غير ذائبة بنسبة 0.02 wt.%

النتائج والمناقشة

إن مواصفات الماء المطلوب للأغراض الصناعية و المنزلية محدد بخمسة NTU لقيمة الكدرة الباقية. و بالأخص للمياه الصناعية المستعملة في المراجل و المبادلات الحرارية حيث أن جميعها تحتاج إلى كدرة من واحد إلى خمسة وحدات، لذا تم اختيار الكدرة الباقية للماء بخمس وحدات كمقياس لملاحظة تأثير إضافة المواد المخثرة.

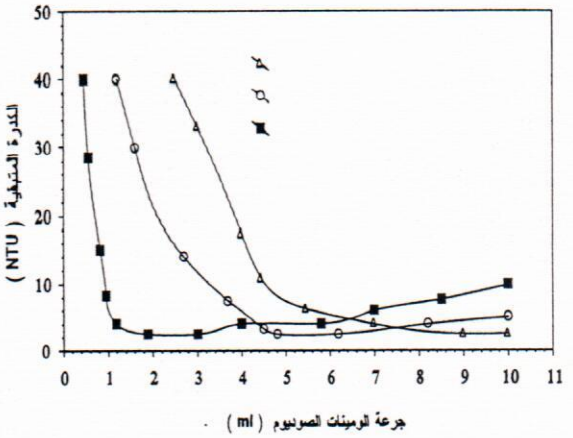
تم اختبار كمية ٣ جزء بالمليون من الشب كأحسن كمية اقتصادية تضاف من جرعات الومينات الصوديوم لتعطي المواصفات المطلوبة من المياه لمستوى الكدرة الواطئة 100 NTU، كذلك ٢٠ جزء بالمليون من الشب لمستوى الكدرة المعتدلةNTU 50 و 500 جزء بالمليون من الشب لمستوى الكدرة المرتفعة 1000 NTU.

يمثل المنحني (١) في الشكل (١) نتائج الفحوصات لمؤتلف الشب مع الالومينات لمستوى الكدرة الواطئة و يلاحظ انخفاض قيمة الكدرة مع زيادة جرعات الالومينات بين (١) إلى (٣) مل و الحصول على أوطأ كدرة باقية مساوية إلى NTU 2 و من ثم تزداد قيمة الكدرة الباقية بزيادة جرعات الالومينات و تفسر هذه الظاهرة بقيام أيونات الألمنيوم (Al^{+3}) بتعادل الشحنات السالبة للعوالق و تقوم بترسيبها بينما تبقى أيونات الألمنيوم الزائدة (الناتجة من زيادة جرعات الألمنيوم) في الماء على شكل هيدروكسيد يؤدي وجوده إلى زيادة قيمة الكدرة. أما المنحني (٢) شكل (١) فيبين تأثير المؤتلف على المياه المعتدلة الكدرة، حيث انخفضت الكدرة إلى NTU 3 عند إضافة جرعة من الالومينات بحدود ml 5. و يلاحظ من النتائج إن السلوك لهذا المستوى من الكدرة يشابه في سلوكه تقريباً نظيره في الحالة الأولى، أما تأثير المؤتلف على الكدرة المرتفعة كعامل مخثر أدى إلى انخفاض في الكدرة إلى NTU 5 عند زيادة الجرعة إلى ٩ مل من الالومينات (منحني ٣ شكل ١).

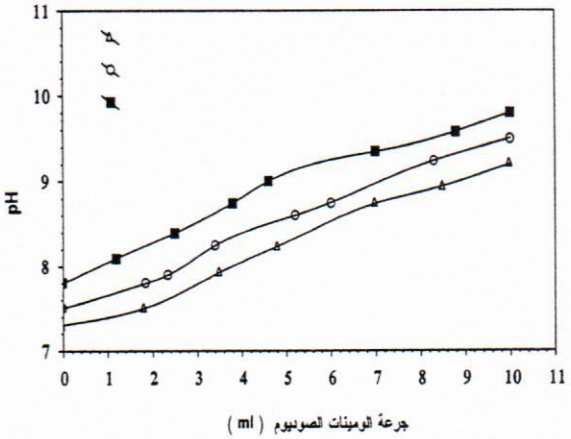
إن الشب يؤدي إلى انخفاض قيمة الرقم الهيدروجيني و ذلك ناتج من تأين جزيئات الماء و اختزال أيونات الهيدروكسيد الناتجة عن التأين بواسطة أيونات الألمنيوم بينما تبقى أيونات الهيدروجين حرة في الماء مؤدية إلى انخفاض قيمة الرقم الهيدروجيني، لكن الومينات الصوديوم عند تحللها بالماء تعطي أيون الهيدروكسيد كما مر سابقاً (معادلة ٢) و هذا يؤدي إلى رفع قيمة الرقم الهيدروجيني و نلاحظ تأثير الالومينات اكثر من الشب على قيمة الرقم الهيدروجيني (الشكل ٢).

إن الزيادة الحاصلة في الدالة الحامضية pH مناسب لأغراض المياه الصناعية و بالأخص للمراجل و المبادلات الحرارية حيث تتطلب مياه ذات رقم هيدروجيني يتراوح من (٨ – ٩,٥)[٧].

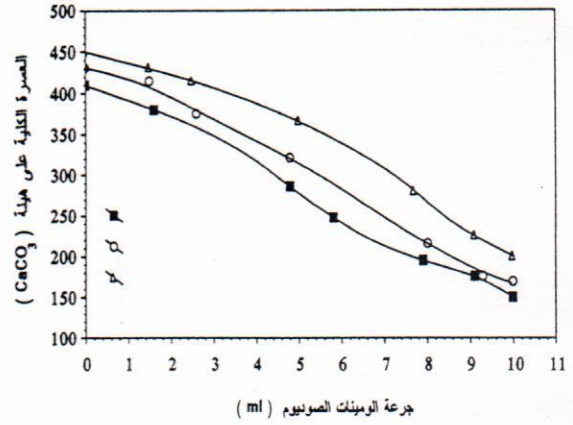
الشكل (٣) يشير إلى تأثير المؤتلف على العسرة الباقية و يلاحظ إزالة كمية لا بأس بها من العسرة بزيادة جرعات الالومينات لغاية ١٠ مل.



شكل (١) تأثير نفايات الألمنيوم على الكدرة النهائية
(زمن التخثير2 min زمن الترسيب 30 min زمن التلبيد 30 min)



شكل (٢) تأثير نفايات الألمنيوم على الدالة الحامضية
(زمن التخثير2 min زمن الترسيب 30 min زمن التلبيد 30 min)



شكل (٣) تأثير نفايات الألمنيوم على الكدرة النهائية
(زمن التخثير2 min زمن الترسيب 30 min زمن التلبيد 30 min)

الاستنتاجات

يتميز استعمال مؤتلف نفايات الألمنيوم مع الشب بما يلي:

١. كفاءة عالية في فصل العوالق و انخفاض في الكدرة النهائية لجميع مستويات الكدرة.
٢. ارتفاع بقيمة الرقم الهيدروجيني و هذا مهم للمياه الصناعية.
٣. انخفاض ملحوظ بكمية العسرة النهائية.
٤. تحقيق جدوى اقتصادية و ذلك لتوفر نفايات الألمنيوم كفضلات من المعامل و بدون ثمن كذلك إنتاج هيدروكسيد الصوديوم محلياً في مصانع حرير السدة في محافظة بابل و بأسعار مناسبة. إضافة إلى ذلك تقليل كمية الشب إلى اقل من النصف فيما لو استخدم لوحده كعامل مخثر و ضمان تفاعله كلياً لإنتاج هيدروكسيد الألمنيوم.
٥. انخفاض في الزمن اللازم لإجراء مراحل التنقية.

المصادر

1. Barnes, D., Bliss, P. J., Gould, B. W., and Valintine, H. R., "Water and Wastewater Engineering System", Copyright by Piman, 1981.
2. Chaudhuri, M., and Richard, S. E., "Removal of Viruses from Water by Chemical Coagulation and Flocculation", J. AWWA, Vol., 62 No. 9, 1970.
3. Hudson, H. E., "Evaluation of Plant Operating Jar Test Data", J. AWWA, Vol., 65 No. 5, 1973.
4. Omelia, C. R., "A Review of the Coagulation Process", Public Works, Vol. 100, No. 97, 1969.
5. Robinsuk, G. H., "Polyelectrolytes as Primary Coagulants for Potable Water System", J. AWWA, Vol., 66 No. 4, 1974.
6. Standard methods for Examination of Water and Wastewater, 14th Edition, America Public Health Association, AWWA and Pollution Central Federation 1975.
7. Wonsuk and Others, "Cation Exchange Capacity and pH in the Coagulation Process", Journal AWWA, 1967.