تاثير المعالجة المغناطيسية للماء على منع ترسبات كاربونات الكالسيوم

علي شنيار فارس* حازم محمد مجيد** عقيل كاظم علوان ** نذير جمال عمران**
زينب فؤاد ناظم** علي جلوب خريبط** رائد عيسى جعفر** حيدر جاسم محمد**
وفاء جميل رشيد ** لقاء حسين عبد الرحيم** علي سالم عبدالسادة**

استلام البحث 3, تشرين الاول، 2011
قبول النشر 7,ايار ,2012

الخلاصة:

استعملت مغانط دائمية ذات شدد مختلفة للتحقق من تأثير المجال المغناطيسي في عملية منع ترسبات كاربونات الكالسيوم. تم تثبيت المغانط على مجرى الماء الخارج من الحنفية ومن ثم تسخين عينة من هذا الماء في دوارق خاصة وحساب كمية المادة المترسبة بطريقة الفروقات الوزنية.

اشتملت التجارب على تغيير سرعة تدفق الماء التي بلغت (0.5، 0.75، 1) م/ثا من خلال مجالات مغناطيسية مختلفة ذات شدد (2200، 6000، 9250، 11000) كاوس واجراء القياسات والفحوصات ومقارنتها بتلك المستحصلة من استعمال الماء العادي.اظهرت النتائج فاعلية المعالجة المغناطيسية في خفض نسبة ترسب كاربونات الكالسيوم اذ كانت بنحو 60٪ بعد المعالجة وتزداد هذه النسبة مع زيادة شدة المجال المغناطيسي اذ كانت بنحو 85٪ عند شدة المجال المغناطيسي 9250 كاوس ومثلها عند 11000 كاوس في سرعة تدفق 0.75 م/ثا. ان هذا الانخفاض تحقق كذلك مع زيادة معدل تدفق الماء خلال المجال المغناطيسي. تبين ان هناك زيادة في الاملاح الصلبة الذائبة الكلية (TDS) وكذلك التوصيلية الكهربائية وانخفاضا في قيمة الشد السطحي نتيجة للمعالجة المغناطيسية.لوحظ من خلال الصور الفوتوغرافية لاجهزة التقطير الموجودة في عدة مختبرات بان كمية الترسبات شكلت طبقة سميكة في الجهاز الخالي من المعالج المغناطيسي الا انها كانت غير متماسكة وكميتها قليلة في الاجهزة المزودة بالاجهزة المغناطيسية ذات الشدد (9250، 8000) كاوس.

الكلمات المفتاحية: الماء، المعالجة المغناطيسية، كاربونات الكالسيوم، الاملاح الصلبة الذائبة الكلية, التوصيلية الكهربائية

المقدمة:

تحتوي المياه الطبيعية على كمية عالية من العسرة المؤقتة (املاح كاربونات الكالسيوم والمغنيسيوم) نتيجة مرورها على الاحجار الكلسية والطباشيرية [1]. وهذه الاملاح غير قابلة للذوبان في الماء لكنها تتفاعل مع ثاني اوكسيد الكاربون الموجود في الجو وتكون البيكاربونات الذائبة في الماء بحسب المعادلة (1):

$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O \rightarrow Ca(HCO_3)_2 \quad \text{----------} \quad (1)$$

وعند تسخين الماء العسر سوف تذوب البيكاربونات في الماء وتتفكك لتكون كاربونات الكالسيوم بحسب المعادلة (2) [2]:

$$Ca(HCO_3)_2 \xrightarrow{t^o} CaCO_3 + CO_2 + H_2O \quad \text{----------} \quad (2)$$

وهي مادة صلبة وعازلة تترسب من الماء في اثناء مرورها بالانابيب والخزانات وملفات التسخين في المراجل على شكل تكلسات تؤدي الى مشاكل فنية واقتصادية عديدة في المحطات والمشاريع الصناعية [3]. وكذلك الحال للمعدات المنزلية اذ تؤدي الى انسداد او تقليل معدلات جريان الماء في الانابيب. وكذلك تقليل معدل انتقال الحرارة للمبادلات الحرارية وزيادة استهلاك الطاقة [4]. ولمعالجة هذه المشكلة تم تقديم العديد من المعالجات الفيزياوية والكيميائية, وتشتمل بعض هذه المعالجات على اثار سلبية في البيئة كاستعمال مثبطات التكلس في المعالجة الكيميائية والتي تعمل على تغيير التركيب الكيميائي لمكونات الماء [3]. وبعضها الاخر فضلا عن ارتفاع تكاليفها, كما في المبادلات الايونية, تحتاج الى اعادة تنشيط للراتنجات المستعملة. من هنا تبرز اهمية البحث عن طرائق فعالة وغير مضرة بالبيئة فضلا عن جدواها الاقتصادية مقارنة مع طرائق المعالجة الاخرى ومنها المعالجة المغناطيسية للماء والتي اكد الباحثون على انها تغير معدل ذوبان ثاني اوكسيد الكاربون في الماء وتلغي توازنه ومن ثم تغيير حركية ذوبان كاربونات الكالسيوم [5].بينت التجارب المختبرية الحديثة ان المنظومات المغناطيسية تعمل بكفاءة جيدة في حال تم اختيار ظروف العمل الصحيحة [6]. يعمل المجال المغناطيسي على تكوين دقائق كبيرة من كاربونات الكالسيوم في كتلة الماء الذي يحوي التكلسات وهذه

*قسم الفيزياء - الجامعة الاسلامية - كلية التربية
** وزارة العلوم والتكنولوجيا – دائرة بحوث تكنولوجيا البيئة والمياه

الدقائق لا يمكن ان تتكتل معا وتبقى عالقة في الماء [7]. او انها تترسب على شكل تركيب بلوري اقل تماسكا والتصاقا على الجدران وأكثر هشاشة يمكن التخلص منه بسهولة عن طريق كسحه الى خزانات معدة لهذا الغرض [8]. او التخلص منه باستعمال المرشحات [5]. وللوقوف على التاثيرات التي تحدثها المعالجات المغناطيسية للماء والتغيرات التي تنعكس على حالة التكلسات واطوارها، فضلا عن نسبة الازالة لهذه التكلسات وعلاقتها بشدة المجال المغناطيسي وسرعة الجريان، تم اجراء هذه الدراسة وذلك من خلال حساب الفروقات الوزنية التي تحصل بعد تسخين الماء في دوارق زجاجية وترسيب التكلسات على جدران هذه الدوارق وقياس اوزانها ومقارنتها باوزان دوارق مماثلة ولكنها غير معالجة. كما تم ربط منظومتين مغناطيسيتين على مسار الماء الداخل لجهازي تقطير لمعرفة تاثير تلك المنظومات في كمية وطبيعة التكلسات الناتجة داخل اجهزة التقطير ومقارنتها بجهاز تقطير ثالث غير مجهز بمنظومة المعالجة.

الترسبات البلورية

تحتوي مياه التبريد على كميات كبيرة من الأيونات المعدنية مثل الكالسيوم والمغنيسيوم بسبب التبخر، مما يجعل هذه المياه عسرة. عندما يتم تسخين الماء العسر داخل معدات التبادل الحراري او ابراج التبريد فان ايونات الكالسيوم والبيكاربونات ستترسب بسبب الانخفاض المفاجئ في عملية الذوبان، مؤدية الى تشكيل قشرة صلبة على أسطح انتقال الحرارة، وكذلك انابيب توزيع المياه. تكوين هذه القشرة الصلبة أمر شائع في معدات نقل الحرارة باستعمال المياه غير المعالجة بوصفها وسيلة للتبريد. علما أنه لا يمكن ازالة مثل هذا الراسب الصلب عن طريق الفرشاة. ففي كثير من الأحيان يتم التنظيف باستعمال الحوامض، والتي تؤدي في النهاية إلى فشل في المعدات وانتاج نفايات كيميائية يجب التخلص منها. تسمى المواد المترسبة غير المرغوب فيها على اسطح المبادلات، بالملوثات (fouling). العوامل التي تؤثر في عملية التنوية وتشكيل البلورات وبعدها تكوين القشرة الصلبة تركيز هذه الملوثات ودرجة الحرارة ودرجة الحموضة والضغط والوقت وسرعة التدفق والشوائب [9].

الترسبات الدقائقية

ترتبط المعالجة المغناطيسية للمياه ارتباطا وثيقا بترسيب الجسيمات او الدقائق. الترسبات الدقائقية هي عملية ترسيب الدقائق التي يحملها السائل المتدفق، فضلا عن المواد التي تنشأ في السائل.عندما تقارن الترسبات الدقائقية بالقشرة المترسبة التي تنتج في عملية بلورة الاوساخ او الملوثات، فان القشرة المنتجة في عملية ترسيب الجسيمات تكون اكثر ليونة. مصطلح "دقائق" هو مفهوم عام وقد يشير كذلك إلى الجسيمات المعدنية وغير المعدنية والبكتيريا ونواتج التآكل وغيرها. تصنف الملوثات او الترسبات الدقائقية على ثلاث عمليات رئيسة هي: نقل الجسيمات من جسد السائل إلى السطح، ارتباط الجسيمات بالسطح، وإعادة سحب الدقائق المترسبة سابقا من السطح رجوعا الى جسد السائل مرة أخرى. يمكن تقسيم ترسيب الجسيمات الى آليات الانتقال والتكتل. يجب ان تنقل الجسيمات الى السطح بوساطة واحدة أو مجموعة من الآليات مثل الحركة البراونية، الانتشار المضطرب، أو بفضل الزخم الذي تمتلكه الجسيمات. الترسبات الدقائقية تختلف عن ترسبات التبلور فانها تنتج غالبا طبقة طلاء او قشرة لينة في حين ان هذا الاخير غالبا ما ينتج قشرة صلبة على اسطح معدات نقل الحرارة. أن طبقة الطلاء اللينة المتكونة من الترسبات الدقائقية يمكن أن تصبح قشرة صلبة متماسكة إذا تركت على اسطح انتقال الحرارة لاوقات طويلة [9].

مراجعة الادبيات

في بحث اجراه Abdosalehi [10] لمعرفة تاثير المجال المغناطيسي في تقليل عسرة الماء, اذ استعمل ثلاث شدد (500 ن 4 و 30 ل وبعد المعالجة ومن ثم حساب كفاءة المعالجة بالمعادلة الاتية:

$$E_m = \frac{[H]_i - [H]_f}{[H]_i} \times 100$$

اذ تمثل E_m كفاءة المعالجة و [Hf, Hi] كمية العسرة قبل وبعد المعالجة على التوالي.

واظهرت النتائج ان كفاءة المعالجة تزداد مع زيادة شدة المجال المغناطيسي كما انها تزداد مع زيادة معدل الجريان بنسبة بلغت 99٪. اما فحص حيود الاشعة السينية فقد اوضح وجود كاربونات الكالسيوم بطورين هما الكالسايت والاراكونايت والطور الرئيس هو الكالسايت. كما ان كمية الاراكونايت مقارنة بالكالسايت (موضعيا) ازدادت بنسبة تراوحت بين (70 - 99)٪ والنسبة بين الاراكونايت/الكالسايت انخفضت بشكل كبير. وباستعمال جهاز معالجة مغناطيسية تم تصنيعه من مغانط قرص الحاسوب الصلب ومنظومة اخرى نوع Elcla ذات شدة اعلى قامت Maria Orb [11] بمعالجة مياه الاسالة ذات العسرة الثابتة 300 جزء بالمليون, وقياس العسرة الكلية للماء قبل المغنطة مع وزن دورق التسخين الفارغ ثم تسخين الماء المعالج بالمنظومتين المغناطيسيتين الى حين وصول الماء درجة 93-97 م° وتثبيتها لمدة زمنية متساوية ثم تفريغ الماء المسخن وقياس العسرة الكلية للماء بعد التسخين والمعالجة ووزن الدورق

بعد تجفيفه، ومن ثم حساب الفرق في وزن الدوارق قبل وبعد المعالجة واعادة التجربة لعشر مرات لكل منظومة ومقارنتها بحالة السيطرة (دون معالجة) ووجد ان العسرة قد انخفضت بنسبة 25% وان كمية التكلسات كذلك انخفضت في حالة المعالجة بالمنظومة نوع Elcla بنسبة 87٪ اما المنظومة محلية الصنع فقد انخفضت الترسبات فيها بنسبة 72٪. وهكذا استنتجت ان كمية التكلسات تقل عند معالجة الماء بالمنظومة المغناطيسية، كما ان كمية التكلسات المترسبة انخفضت مع زيادة شدة المجال المغناطيسي للمنظومة.ومن خلال فحوصات حيود الاشعة السينية والمجهر الالكتروني (TEM)، شاهد Kobe [12] اشكالا بلورية مختلفة من كاربونات الكالسيوم، وهذه الاشكال جاءت من نماذج ماء الاسالة والماء المحضر. تمت معالجة هذه المياه بشدد مختلفة. ان بلورات طور الاراكونايت المنفصل تكونت من الماء المعالج في حين كانت تجمعات الكالسايت هي المتكونة من الماء غير المعالج. كما لاحظ ان المنظومات ذات الشدد الاعلى 5000 كاوس قد نجحت بشكل واضح في منع تكوين التكلسات اما Plavsi [13] فقد وجدت ان استبدال المعالجة الكيمياوية بالمعالجة المغناطيسية اصبح امرا ممكنا لمنع تراكم كاربونات الكالسيوم على السطوح المعرضة للماء العسر الامر الذي يقلل التلوث الكيميائي للبيئة، فهي تعمل على منع تجمع كاربونات الكالسيوم بشكل كالسايت. ومن المهم جدا للحصول على النتائج المثلى استعمال شدة واتجاه مجال مغناطيسي مناسبين. استعملت في بحثها ماء محضرا من $CaCO_3$ بنسبة اجزاء من المليون وتم تعريضه الى مجال مغناطيسي (2000-2800) كاوس. وتم فحص البلورات الناتجة بمطياف (NGIA-FTIRX) والمجهر الالكتروني الماسح ولمقارنة النتائج المستحصلة من المعالجة الكيميائية للماء باستعمال الفوسفات والمعالجة المغناطيسية تم انشاء محطة ريادية بثلاثة خطوط متماثلة تقريبا من المبادلات الحرارية. استعمل في الخط الاول المزيلات الكيمياوية للعسرة وفي الثانية استعملت مغانط تجارية في حين استعملت منظومة مغناطيسية مصنعة من مغانط سماريوم كوبالت في الخط الثالث ولمدة سنتين تقريبا لمعرفة كمية كاربونات الكالسيوم المترسبة. اظهرت نتائج الفحص زيادة في حجم البلورات في النماذج المعالجة مغناطيسيا, وهذه البلورات لا تميل الى تكوين التكلسات بالطريقة التي تتجمع بها البلورات الصغيرة. ولتقييم كفاءة المعالجة المغناطيسية في ترسيب كاربونات الكالسيوم قام Saksono [14] باستعمال محاليل مشبعة بكاربونات الكالسيوم بدرجة عالية واخرى بدرجة واطئة، وعند قيم pH مختلفة في منظومة تدوير مياه مصنعة من انابيب السليكون بقطر 0.7 سم ومعدل جريان (0.12- 22) مل/ثا مثبتة عليها منظومة مغناطيسية متعددة المراحل بشدة 5200 كاوس. وجد الباحث ان هناك زيادة في ترسيب كاربونات الكالسيوم في اثناء عملية التدوير للمحاليل الممغنطة مقارنة بالمحاليل غير الممغنطة، هذا في حالة استعمال المحاليل ذات درجة الاشباع العالية (pH=8.5)، اما في حالة استعمال محاليل ذات درجة اشباع واطئة (pH=6.4) فقد وجد ان كمية الترسيب قد ازدادت في المحاليل الممغنطة ولكن بعد عملية التدوير. وفي البحث الذي اجراه مجموعة من الباحثين Gabrielli واخرون [15] لدراسة تاثير المعالجة المغناطيسية في منع ترسيب التكلسات، تم استعمال منظومة مغناطيسية ذات شدة مغناطيسية بنحو 1600 كاوس مكونة من خمس مراحل. تم دراسة تاثير سرعة جريان الماء في المنظومة عند معدل جريان ثابت، مادة الانبوب الذي يجري خلاله الماء فضلا عن تاثير تركيب الماء. وقد تم تقييم كفاءة المعالجة المغناطيسية عن طريق قياس تركيز ايونات الكالسيسوم باستعمال القطب الانتقائي الايوني. استعمل نوعان من المياه في هذا البحث، ماء محضر من اضافة ايونات الكالسيوم ليصل تركيزه الى 200 ملغم/دسم^3 وماء مالح مستعمل في التطبيقات الصناعية. تم حساب كفاءة المعالجة المغناطيسية من خلال حساب تغير تركيز ايونات الكالسيوم النهائي وكما في المعادلة:

$$E_m = \frac{[Ca^{2+}]_i - [Ca^{2+}]}{[Ca^{2+}]_i} \quad \%$$

وفيما يخص تاثير تركيب الماء فقد وجد بان التمرير المفرد للماء في المنظومة يؤدي الى تقليل التركيز الاولي للكالسيوم $[Ca^{2+}]$ بمقدار 20٪ لكلا نوعي الماء فيما ادت خمس تمريرات الى تقليل التركيز بمقدار 30٪ كما وجد ان زيادة عدد التمريرات لغاية 150 شوط لا تؤدي إلى تقليل تركيز ايونات الكالسيوم بمقدار كبير وخصوصا للماء المالح. فالمعالجة المغناطيسية اعطت نتائج متشابهة لكلا نوعي الماء على الرغم من ان تركيز ايونات الكالسيوم في الماء المالح كان بنحو 420 ملغم/دسم^3. ومهما كنت سرعة الجريان فان الاس الهيدروجيني لا يتغير بعد المعالجة وحتى وان كانت سرعة الجريان قليلة فانها كافية لكي تبدي تاثيرا ملحوظا للمعالجة المغناطيسية. فعلى سبيل المثال عند استعمال سرعة جريان مقدارها 0.074 م/ثا فانها تحدث انخفاضا في تركيز ايونات الكالسيوم بنسبة 15٪ ثم تصل النسبة الى 25٪ عند سرعة جريان 1.8م/ثا اما كفاءة المعالجة فانها لا تزداد عمليا حتى لو ازدادت سرعة الجريان الى

الضعف. كما وجد ان السرعة التي مقدارها 0.074 م/ثا قد اعطت زيادة لزمن التكلس بنحو الضعف مقارنة بالمحلول الساكن، وعند زيادة سرعة الجريان من 0.074 الى 0.88 م\ثا فان الزمن اللازم للتكلس سيزداد من 180 دقيقة الى 225 دقيقة. وفيما يتعلق بتاثير عدد المغانط المستعملة (طول المنظومة) لوحظ تحسن في كفاءة المنظومة المغناطيسية وتقليل نسبة ايونات الكالسوم مع زيادة طول المنظومة المغناطيسية. وازدادت نسبة تقليل الكالسيوم بشكل اكبرعند ما تم قلب القطع المغناطيسية (متناوبة). اما الطاقة اللازمة للتكلس فقد انخفضت عند زيادة عدد ازواج المغانط, في حين ازداد زمن التكلس بنسبة 33٪ مقارنة بالماء غير المعالج, وعند زيادة عدد ازواج المغانط الى ثلاثة فان زمن التكلس قد ازداد مرتين اما استعمال خمسة ازواج فقد زاد زمن التكلس الى ثلاثة اضعاف. ولمعرفة تاثير مادة الانابيب المستعملة في المنظومات المغناطيسية، فقد تم تجربة اربعة انواع من الانابيب في هذه التجربة وهي النحاس والصلب المقاوم للصدأ ومادة PVC الشفاف والمرن و PVC المعتم، ووجد ان تركيز الكالسيوم انخفض بنسبة 18٪ في انبوب PVC المعتم في حين كانت النسبة 28٪ للأنبوب المصنع من النحاس والصلب المقاوم للصدأ اما انبوب PVC الشفاف فكان غير كفوء مهما ازداد عدد اشواط التمرير في المنظومة. كما اظهرت النتائج ان تاثير مادة الانبوب في الطاقة اللازمة للتكلس كان واضحا فقط للانبوب المصنع من المواد الموصلة اكثر من المواد العازلة.

طرائق العمل :

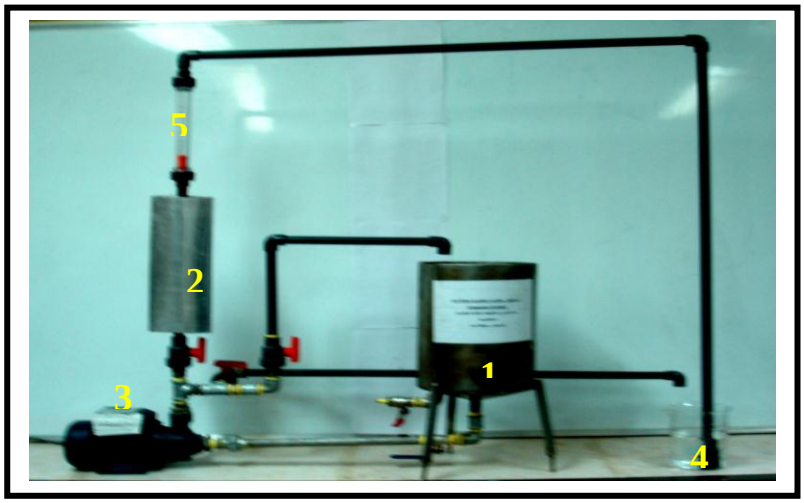
المعالجة المغناطيسية للماء

استعمل ماء الحنفية الموضحة مواصفاته في جدول (1) في هذا البحث لكونه اكثر واقعية ويشابه المياه المستعملة في ابراج التبريد والمراجل البخارية وغيرها.

جدول (1): بعض مواصفات ماء الحنفية المستعمل

نوع الماء	الدالة الحامضية	الموصلية الكهربائية µS\cm	الاملاح الذائبة (الكلية ppm)	العسرة بدلالة $CaCo_3$ (ppm)	الشد السطحي mN/m
ماء الحنفية	27.	837	418	316	68.9

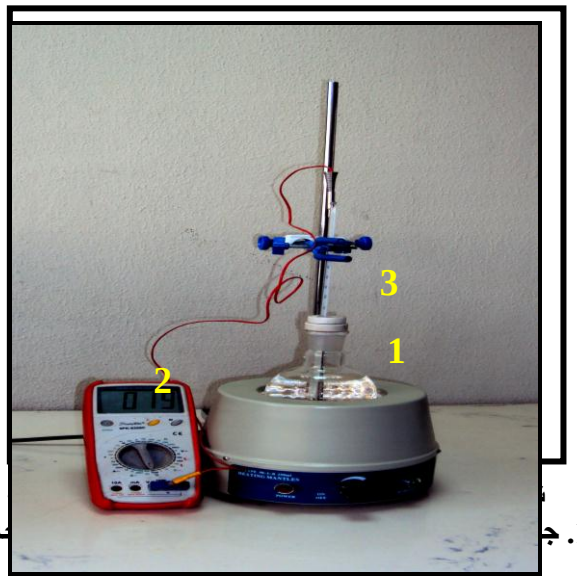
استعمل نظام السائل المتحرك المفتوح في هذه التجربة. تتم تعبئة ماء الحنفية في الحاوية رقم (1) وكما موضح في شكل (1) الذي يرتبط بمضخة مختبرية رقم (3) تستعمل لتوليد معدلات تدفق متغيرة للماء وبحسب متطلبات البحث اذ تمت تجربة ثلاث سرع وهي (0.5, 0.75, 1) م/ثا. يتم قياس معدل الجريان من خلال مقياس نوع (Rotameter) رقم (5). يمرر الماء من خلال جهاز المغنطة رقم (2) والذهاب الى وعاء تجميع العينة رقم (4) وهكذا يتكون نظام السائل المتحرك المفتوح. استعملت مغانط دائمية لتوليد مجال مغناطيسي متجانس وهذه تتالف من سلسلة من ازواج من المغانط الدائمية مع القطبين الشمالي والجنوبي في مواجهة بعضهما البعض والتي تتمايز بالتناوب. وان هذه الاجهزة ذات شدد مختلفة اذ كانت (2200, 6000, 9250, 11000) كاوس ودرجة حرارة الماء في عملية المغنطة لم يتم التحكم بها وتساوي درجة حرارة المختبر27 م°.



شكل (1): صورة فوتوغرافية لمنظومة مغنطة الماء (1. حاوية الماء, 2. الجهاز المغناطيسي, 3. مضخة ماء, 4. وعاء زجاجي لتجميع الماء المعالج, 5. مقياس معدل الجريان)

طريقة تسخين الماء وحساب كمية التكلسات

من اجل معرفة كفاءة الاجهزة المغناطيسية في تقليل تكوين التكلسات, تم اعتماد كميات التكلسات في المياه المعالجة وغير المعالجة مغناطيسيا. في البداية يتم وزن دورق زجاجي فارغ رقم (4) كما في شكل (2) ويوضع فيه 250 مل من الماء غير المعالج. يسخن هذا الماء باستعمال جهاز(Heating Mantles Type 98-1-B 250 ml) رقم (1) الى درجة حرارة تتراوح بين (93-97) م° يتم قياسها بوسطة محرار زئبقي وكذلك مزدوج حراري نوع (K) رقم (2) باذ لا يصل الى درجة الغليان 100م° ولكن تظهر فيه بعض الفقاعات الهوائية. تستغرق هذه العملية اي عملية التسخين ثلاث ساعات, بعدها يسكب الماء ويتم تجفيف ووزن الدورق. وهكذا تعاد هذه العملية خمس مرات لكل متغير مع حساب الفرق في الوزن قبل التسخين وبعد التسخين ويتم أخذ المعدل. تعاد هذه العملية لكل المتغيرات. استعمل ميزان حساس ذو دقة 0.0001 غم لقياس الوزن.



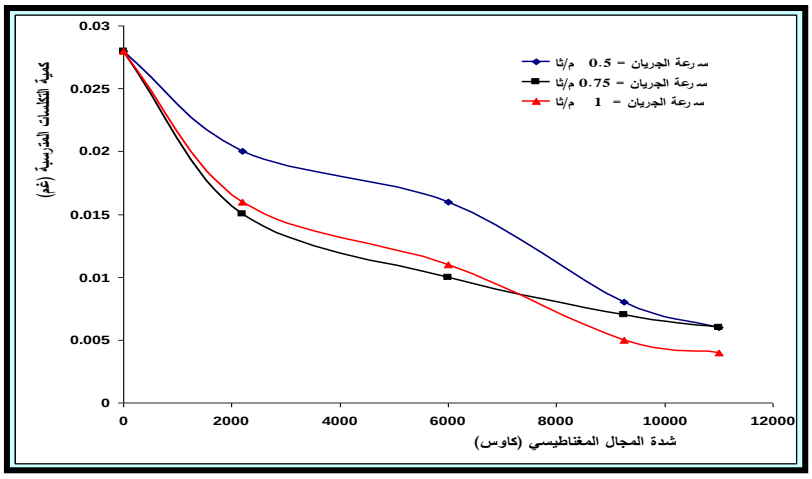
(1. ج ـاجي)

استعمل جهاز Multiparameter نوع Mi 180 من شركة MARTINI Instruments لقياس الاملاح الذائبة الكلية وكذلك التوصيلية الكهربائية قبل وبعد المعالجة المغناطيسية. تم قياس الشد السطحي بطريقتين, اذ تضمنت الطريقة الأولى أخذ عينة بحجم 50 مل وفحصها بوساطة جهاز قياس الشد السطحي – KSV Instruments LTD series SIGMA 70. باستعمال (Wilhelmy plate), ثم تقاس ذات العينة بطريقة الأنبوبة الشعرية, اذ استعملت أنبوبة شعرية قطرها (1) ملم لهذا الغرض.

النتائج:

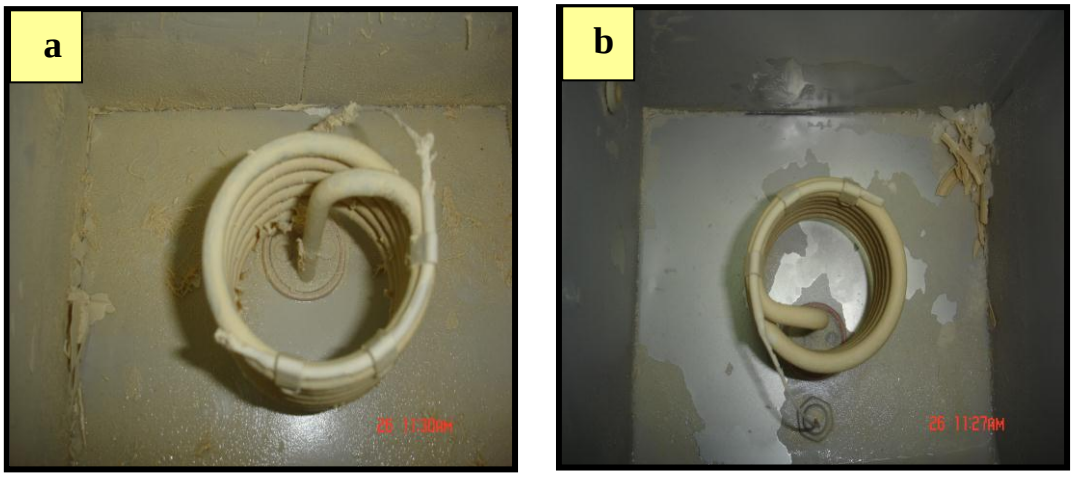
تاثير زيادة شدة المجال المغناطيسي في كمية الترسبات

يمثل شكل (3) كمية الترسبات مقابل شدة المجال المغناطيسي لثلاث سرع مختلفة للماء خلال جهاز المغنطة. أن كمية المادة المترسبة في حالة عدم المعالجة بلغت قيما كبيرة في حين انخفضت هذه القيم مع ازدياد شدة المجال المغناطيسي وخاصة عند السرعة 0.75 م/ثا اذ بلغت بنحو 80% اقل من الكمية في حالة عدم المعالجة. يلاحظ من خلال الشكل (3) أن كمية الترسبات تنخفض مع زيادة شدة المجال للسرعة 0.75 م/ثا ولكن هذه الكمية انخفضت أكثر عند السرعة 1 م/ثا عندما كانت شدة المجال المغناطيسي اكبر من 8000 كاوس.



شكل (3): انخفاض كمية الترسبات مقابل شدة المجال المغناطيسي لثلاث سرع مختلفة للماء خلال الجهاز المغناطيسي

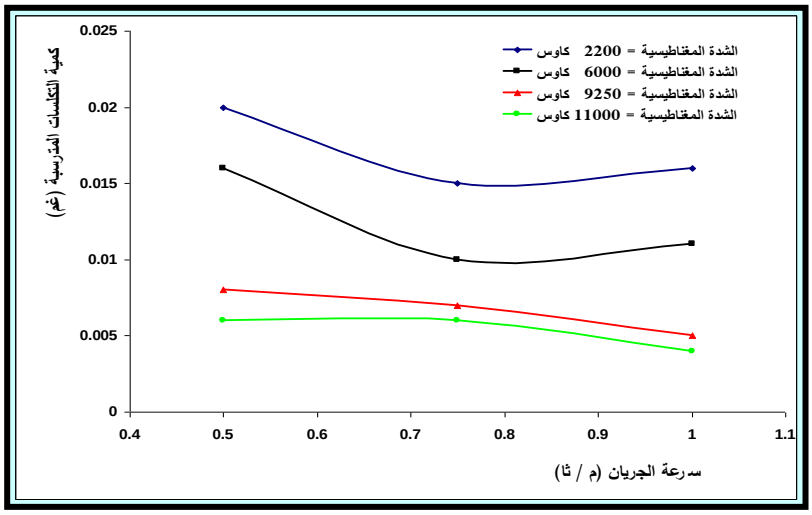
وفي تجربة استعملت فيها ثلاثة اجهزة تقطير اذ تم ربط جهاز مغنطة على احدها وبعد اوقات زمنية محددة، بشدة 8000 كاوس على الاول وجهاز آخر بشدة 9250 كاوس على الثاني وبقي الاخر جهاز مقارنة. تبين ان الطبقة المتكونة في الاجهزة الممغنطة كانت قليلة ورخوة بينما كانت سميكة وصلبة في جهاز المقارنة وكما موضحة في شكل (4).



شكل (4): صورة فوتوغرافية لاجهزة التقطير (a- قبل المعالجة، b- بعد المعالجة المغناطيسية)

تاثير سرعة جريان الماء خلال المجال المغناطيسي في كمية الترسبات

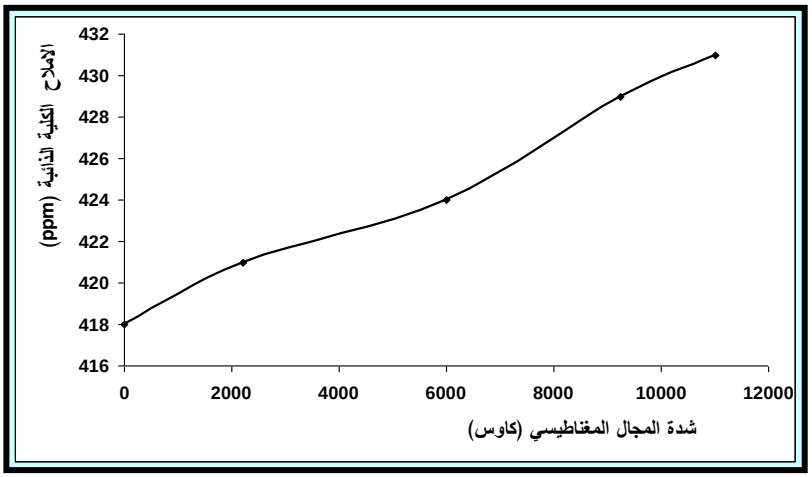
يظهر الشكل (5) انخفاض كمية الترسبات مع ازدياد سرعة تدفق الماء خلال المجال المغناطيسي لكل شدة ولغاية السرعة 0.75 م/ثا اذ كان معدل انخفاض كمية الترسبات قليلا جداً ومعدوما في بعض الحالات للشدد (2200 و6000) كاوس، ألا أن هذه الكمية تستمر في الانخفاض مع زيادة سرعة تدفق الماء خلال المجال المغناطيسي للشدد (9250، 11000) كاوس.



شكل (5): انخفاض كمية الترسبات مقابل سرعة جريان الماء لاربع شدد مختلفة للمجال المغناطيسي

تاثير المجال المغناطيسي في الاملاح الكلية الذائبة (TDS)

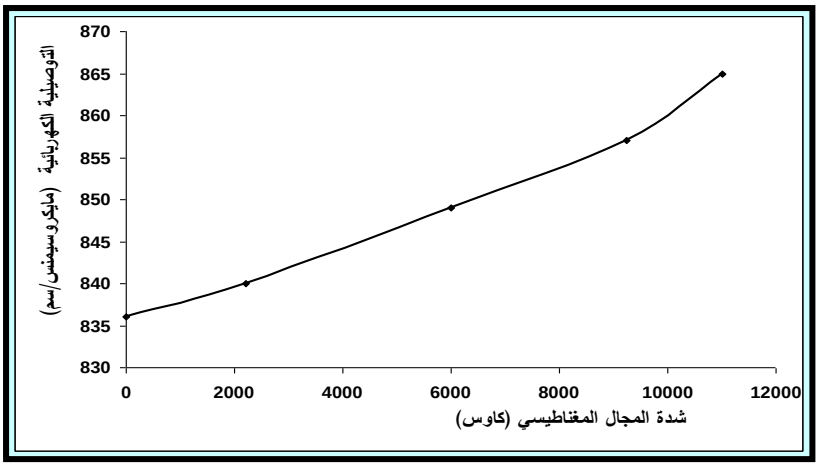
الاملاح الذائبة الكلية (TDS) عامل مهم جدا, لوجود ارتباط قوي لهذا العامل مع معظم المعلمات الفيزياوية الاخرى للماء مثل الاس الهيدروجيني، التوصيلية الكهربائية والشد السطحي. الشكل (6) يبين ان الاملاح الذائبة الكلية تزداد مع شدة المجال المغناطيسي.



شكل (6): تاثير المجال المغناطيسي في الاملاح الذائبة الكلية (TDS)

تاثير المجال المغناطيسي في التوصيلية الكهربائية

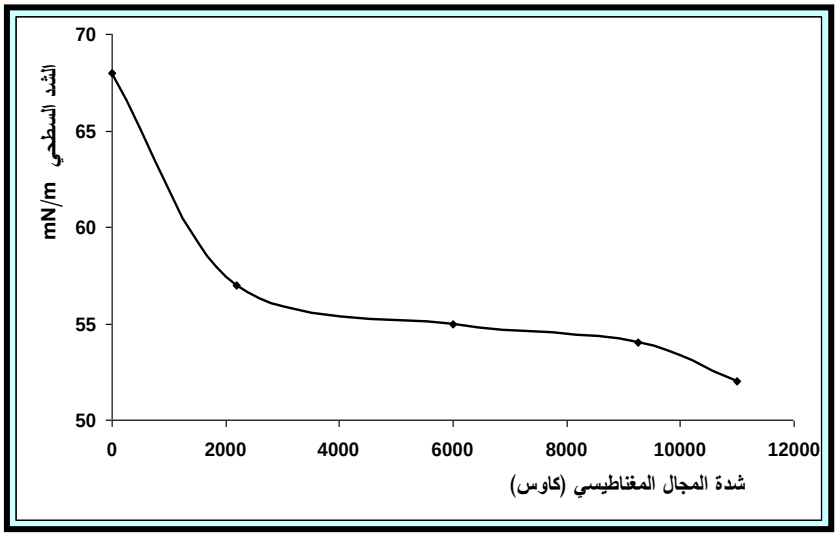
بينت النتائج أن الموصلية الكهربائية تزداد بزيادة شدة المجال الكهربائي وكما موضحة في الشكل (7).



شكل (7): علاقة الموصلية الكهربائية لماء الاسالة مع شدة المجال المغناطيسي

تاثير المجال المغناطيسي في الشد السطحي

نلاحظ من خلال شكل (8) أن أعلى معدل لانخفاض قيمة الشد السطحي كانت تحت تأثير الشدة المغناطيسية الاعلى 11000 كاوس.



شكل (8): تغير قيمة الشد السطحي لماء الاسالة مع شدة المجال المغناطيسي

المناقشة:

تاثير زيادة شدة المجال المغناطيسي في كمية الترسبات

من المعروف إن جزيئات الماء تتفاعل مع بعضها البعض مكونة تكتلات كبيرة وان حجم وشكل هذه التكتلات غير معروفة، ولكن من المعروف يقينا إن هذه التكتلات تضم أو تنغمس فيها الجسيمات غير المائية وأن معظم سلوك الماء وخصائصه تتحدد بهذه التكتلات.في المياه غير المعالجة، كل الدقائق غير المائية الممسوكة في تكتلات الماء عاجزة أن تكون نقاط بدء مطلوبة للتغير الطوري. لذلك توجد الدقائق على جدران الحاوية. ومن ثم فأن نقاط البدء لتصلب االمواد موجودة على الجدران فقط ، وسيكون هناك قشرة تنمو على شكل بلورات ترتبط بقوة مع مراكز التبلور على الجدران وهذه البلورات تنتشر مكونة طبقة التكلسات وهذا موضح في الشكل (4). يحدث ذلك لعدم وجود مراكز تبلور متاحة داخل المياه، الأمر الذي يدفع كاربونات الكالسيوم ذات التراكيز العالية الذائبة أن تتصل مع بعضها على جدران الحاوية. لذلك يجب ان توجد طريقة لتوفير مراكز تبلور في المياه. ان هذه الطريقة هي تنشيط الدقائق العاجزة عن فك طوقها

لكونها ممسوكة داخل تكتلات المياه. فالمعالجة المغناطيسية للمياه تؤدي الى كسر بعض هذه التكتلات وتحرر بعض الجسيمات الممسوكة سابقا وتجعلها تسبح في الماء. وهكذا تصبح هذه الدقائق مراكز تبلور لغرض تصلب كاربونات الكالسيوم وبقائها عالقة في كتلة الماء غير مترسبة، وكما موضح في الشكل (3). ان هذا يتوافق مع McDonald واخرون [16] الذي حصل على براءة الاختراع الامريكية ذي الرقم 5804067 في تصميم وتصنيع جهاز لمغنطة المياه واستعمله في عملية تقليل الترسبات من خلال خلق مراكز تبلور داخل كتلة المياه العابرة خلال المجال المغناطيسي.طبقا لقانون لورنتز، عندما يمر الماء عبر مجالات مغناطيسية متناوبة بسرعة معينة فان جميع تكتلات الماء سوف تهتز. منها ما يهتز بتردد قريب من إهتزاز المجال المغناطيسي وهذا سوف يعاظم أو يكثف الأهتزاز الداخلي لتكتلات الماء اذ يصل إلى نقطة الكسر، ومن ثم ستتحرر الدقائق من هذه التكتلات. تطوق الدقائق غير المائية بأعداد كبيرة من جزيئات كاربونات الكالسيوم التي تحتاج إلى مراكز تبلور، فتأتيها من كل الأتجاهات مكونة أطواقا متعاقبة، وخلال بضع دقائق ستتحد أعداد كبيرة من الأطواق مكونة الأقراص الصلبة.

تاثير سرعة جريان الماء خلال المجال المغناطيسي على كمية الترسبات

عندما يعالج الماء بالسرعة المثلى خلال المجال المغناطيسي، فان الأيونات المعدنية الذائبة في الماء ستترسب في كتلة (جسد) الماء ومن ثم فان هذه الحبيبات الذائبة ستنمو ويكبر حجمها وفي نهاية المطاف ستترسب على الاسطح على شكل ملوثات دقائقية او حبيبية. تكون الحبيبات المترسبة على اسطح انتقال الحرارة على شكل طلاء حمأة لينة، اذ تتم إزالتها بسهولة عن طريق قوة القص لسرعة الماء المثلى. على خلاف القشرة الصلبة المترسبة نتيجة انتشار الايونات. ومع ذلك، فان هذه الظاهرة المهمة لا تحدث بشكل متميز ولا يمكن الحصول عليها الا عندما تصل سرعة تدفق الماء الى المقدار الامثل. وعندما تكون سرعة التدفق أكبر من القيمة المثلى، فان زمن المكوث داخل المجال المغناطيسي سيكون قصيرا جدا لذلك سيكون التاثير اقل. وفي الحالة التي تكون سرعة التدفق أصغر بكثير من القيمة المثلى، فان قوة التحريك او التهييج عبر قوة لورنتز قد لا تكون كافية للتسبب بترسيب فعال في جسد الماء، وهذا ما يوضحه شكل (5)، وان هذه النتيجة تتفق مع Gabrielli واخرين [15] في دراسته التي عنيت بتاثير المجال المغناطيسي عند سرع متغيرة للمياه في كمية ترسبات كاربونات الكالسيوم.

تاثير المجال المغناطيسي في الاملاح الكلية الذائبة (TDS)

يحتوي ماء الحنفية على الكثير من المواد الذائبة التي تدعى (TDS) ومواد اخرى غير ذائبة لم تستطع جزيئات الماء اذابتها. ان الجزيئات القطبية، مثل جزيئات الماء تكون إتجاهاتها عشوائية في حالة عدم وجود المجال المغناطيسي ولكنها تتجه بمقدار معين عندما تكون تحت تأثير هذا المجال، وتزداد قوة وعدد ثنائيات القطب مع شدة المجال. اما الجزيئات غير القطبية غير الذائبة فستزاح شحناتها وتصبح مستقطبة تحت تأثير المجال المغناطيسي وتسمى ثنائية الأقطاب المحتثة (induced dipoles). وعندما تصبح الجزيئات غير القطبية مستقطبة ستكون اذابتها سهلة وخاصة تحت تاثير الشدد العالية للمجال المغناطيسي. وهكذا تضاف مواد مذابة اخرى الى الاملاح الذائبة الكلية وكما موضح في الشكل (6).

تاثير المجال المغناطيسي في التوصيلية الكهربائية (EC)

وكما ذكرنا في السابق فان كمية المواد الذائبة الكلية ستزداد مع زيادة المجال المغناطيسي وتبعا لذلك تزداد قيم التوصيلية الكهربائية للماء المعالج نتيجة لزيادة هذه الاملاح وكما موضح في الشكل (7). وبحسب المعادلة الاتية:

$$TDS = 0.5 \quad EC$$

ان المياه النقية ليست موصلة جيدة للكهرباء، لان نقل التيار الكهربائي يتم بوساطة الايونات في المحاليل، وتزداد التوصيلية كلما ازداد تركيز الايونات. المواد الصلبة الذائبة الكلية هي مقياس لمجموع الايونات في المحلول وان التوصيلية الكهربائية هي في الواقع قياس النشاط او الفعالية الايونية للمحاليل في مدى قدرتها على نقل التيار في المحاليل المختلفة. عندما يصبح المحلول اكثر تركيزا (TDS اكبر من 1000 ملغم/لتر) تكون الايونات على مقربة من بعضها البعض وهذا سوف يقلل من فاعليتها او امكانيتها على نقل التيار لذلك سوف تكون نسبة (TDS/EC) بنحو 0.9 للتراكيز العالية جدا.

تاثير المجال المغناطيسي في الشد السطحي

يعود انخفاض قيمة الشد السطحي الى تأثير عملية الاستقطاب وكذلك تغيير توزيع التركيب العنقودي لجزيئات الماء تحت تأثير المجال المغناطيسي. ان عملية الاستقطاب وتغيير توزيع التركيب العنقودي لجزيئات الماء التي تحدث عندما يمر الماء خلال المجال المغناطيسي ستؤدي الى اذابة الايونات المعدنية الموجودة فيه وبعد ذلك ستتصادم هذه الايونات مع الايونات الاخرى مثل البيكاربونات مكونة دقائق غروائية في كتلة الماء. وهكذا سيزداد

حجم هذه الدقائق كلما اعيدت هذه العملية مرة اخرى، ومن ثم سيؤدي الى انخفاض الشد السطحي، وكما موضح في شكل (8). أن هذه النتيجة تتوافق مع ماحصل عليه Feng [17], في دراسته التي استعمل فيها الماء المقطر المعالج بشدة مغناطيسية بنحو 4400 كاوس.يمكن وصف الشد السطحي على أنه طاقة السطح على وحدة المساحة. طاقة السطح في حالة (سائل - سائل) هي اقل من طاقة السطح في حالة (صلب - سائل) في الماء، وبالتالي فأن طاقة السطح بين جزيئة الماء وسطح المادة الصلبة أكبر بكثير من الطاقة بين جزيئتي ماء، ولكن عندما تزداد أعداد الجسيمات الغروية في الماء فأن طاقة السطح بين هذه الجسيمات وجزيئة الماء ستزداد. وبعبارة أخرى فأن طاقة السطح بين المادة وجزيئات الماء ستنخفض نسبيا. لذلك فأن الشد السطحي للماء سينخفض كلما أزدادت أعداد الجسيمات الغروية في الماء.

النتائج:

اثبتت نتائج البحث الحالي كفاءة المعالجة المغناطيسية للماء في تقليل نسبة عالية من التكلسات يمكن معها استعمال هذه التقنية بوصفها معالجة فيزيائية منافسة للطرائق الكيمياوية في التطبيقات الصناعية المختلفة كالمبادلات الحرارية وابراج التبريد والمراجل وخزانات الماء الساخن. ومع هذه النتائج المتحققة والفحوصات والتقنيات التحليلية المختلفة يمكن أن نلخص الأستنتاجات الاتية:

1- المعالجة المغناطيسية للمياه تؤدي الى كسر التكتلات وتحرر بعض الجسيمات الممسوكة سابقا وتجعلها تسبح في الماء وهكذا تصبح هذه الدقائق مراكز تبلور لغرض تصلب كاربونات الكالسيوم وبقائها عالقة في كتلة الماء غير مترسبة.

2- هذه الظاهرة المهمة لا تحدث بشكل متميز ولا يمكن الحصول عليها الا عندما تصل سرعة تدفق الماء الى السرعة المثلى.

3- عندما تصبح الجزيئات غير القطبية مستقطبة ستكون اذابتها سهلة وخاصة تحت تاثير الشدد العالية للمجال المغناطيسي. وهكذا تضاف مواد مذابة اخرى الى الاملاح الذائبة الكلية وتبعا لذلك تزداد قيم التوصيلية الكهربائية للماء المعالج نتيجة لزيادة هذه الاملاح.

4- تم التركيز في هذا البحث على ترسيب التكلسات في اثناء ظروف ستاتيكية لذا نحتاج الى دراسة تاثير المجال المغناطيسي على الماء في ظروف ديناميكية (عند مرور الماء في الانابيب) اثناء تسخينه.

5- يتوجب على الدراسات المستقبلية التركيز على تحسين كفاءة منظومات المعالجة محلية الصنع وتحديد دور العوامل التصميمية المؤثرة فيها كعدد المغانط وطول المغانط ومادة الانبوب المستعمل وترتيب المغانط وغيرها.

المصادر:

1. Lipus L. C , Krope J. and Crepinsek y. L, 2000."Dispersion Destabilization in Magnetic Water Treatment" JCIS. 236: 60–66
2. McMahon C. A.2009. "Investigation of the Quality of Water Treated by Magnetic Fields", University of Southern Queensland, Courses ENG4111 and 4112 Research Project.
3. Smith C., Coetzee P.P. and Meyer J. P. 2003. "The Effectiveness of Magnetic Physical Water Treatment Device on Scaling in Domestic Hot Water Storage Tanks)" ISSN 0378-4738 Water SA. 29(3): 231-235.
4. Young P., Cho I.2005. "In Recirculation Open Cooling Water System Physical Water Treatments" Drexel University.
5. Krauter P. W., 1996. "Test of a Magnetic Device for the Amelioration of Scale Formation at Treatment Facility" Environmental Protection Department, Lawrence Livermore, National Laboratory, University of California, UCRL-ID-125551.
6. Busc K.W.1997."Laboratory Studies on Magnetic Water Treatment and Their Relationship to a Possible Mechanism for Scale Reduction" Published by Elsevier Science B. V. Desalination, 109: 131-148.
7. Kochmarsky V.1996. "Magnetic Treatment of Water: Possible Mechanism and Conditions for Applications" Amsterdam, (C) OPA, Magnetic and Electrical Separation, 7: 77-107.
8. Tai C.Y.2008."Effects of Magnetic Field on the Crystallization of $CaCO_3$ Using Permanent Magnets" CES, 63: 5606-5612.
9. Cho Y.I.,2004. "Physical Water Treatment for the Mitigation of Mineral Fouling in Cooling Tower Water Applications" ECI Conference RP1(4) :19-31.

10. Banejad H.,2009. "The Effect of Magnetic field on Water Hardness Reducing " IWTC, Hurghada, Egypt13: 117-128.
11. Maria Orb 2007. "Reducing Formation of Scale With Magnetic Descaler" Republic of Estonia, Jogeva, Co-Educational Gymnasium, Form 11B.
12. Kobe S.,2001. "The Influence of the Magnetic Field on the Crystallization Form of Calcium Carbonate and the Testing of a Magnetic Water Treatment Device" J Mag.Mat.236:71-76.
13. Plavsi B.,1999."Identification of Crystallization Forms of $CaCO_3$ with FTIR Spectroscopy" ISSN 1318-0010 KZLTET 33(6):517-521.
14. Saksono N. 2009. "Effects of pH on Calcium Carbonate Precipitation Under Magnetic Field" Makara, Teknologi, 13(2):79-85.
15. Gabrielli C.,2002."Magnetic Water Treatment for Scale Prevention" J. Water, 35(13): 3249-3259.
16. McDonald W. J. 1998. "Apparatus for Magnetic Treatment of Liquids" U. S. Patent No. 5804067
17. Xiao Feng P. 2007. "Investigation of Changes in Properties of Water Under the Action of Magnetic Field" National Basic Research Program of China, Grant No.2007 CB936103.

Effect of Magnetic Water Treatment on Prevention of $CaCO_3$ Scales

*Ali Shyniar * Hazim Mohammed ** Akeel Kadhum***
*Natheer Jamal ** Zainab Fuad** Ali Challob***
*Raad Eesa** Hayder Jasim** Wafa Jameel***
*Liqa Hussein** Ali Salim***

*Iraq University of Science
**Ministry of Science of Technology -Environment of water directorate

Abstract:

Permanent magnets of different intensities were used to investigate the effect of a magnetic field in the process of preventing deposits of calcium carbonate. The magnets were fixed on the water line from the tap outside. Then heating a sample of this water in flasks and measuring the amount of sediment in a manner weighted differences. These experiments comprise to the change of the velocity of water flow, which amounted to (0.5, 0.75, 1) m/sec through the magnetic fields that are of 00) Gauss, and conduct measurements, tests 0magnetic strength (2200, 6000, 9250, 11 and compare them with those obtained from the use of ordinary water.The results showed the effectiveness of magnetic treatment in reducing the rate of deposition of calcium carbonate where up to 60% after treatment, and this percentage is increasing with increasing magnetic field strength where up to 85% when the intensity of the 00 Gauss at the velocity of the water flow of 0.75 m/sec. 0magnetic field 9250 and 11 This percentage of reducing was investigated with increasing the velocity of flow of water through a magnetic field. Also the results showed an increase in total dissolved solids (TDS) as well as electrical conductivity and a decrease in the value of surface tension as a result of magnetic treatment.Observation with the photograph pictures of the distillation apparatus oriented in several laboratories, that the amount of sediment formed a thick layer in the device-free magnetic treatment, but it was not dense and in 00, 9250) Gauss.80the few quantity in the apparatus treated with magnetic intensity (