تصميم واختبار محطة معالجة للمخلفات السائلة الصناعية الناتجة عن صناعة دباغة الجلود باستخدام البيلون الحلبي

المهندسة سونيا عباسي*

الدكتورة هند وهبة** الدكتور محمد سعيد المصري***

الملخص

يستخدم الكروم بشكل واسع في صناعات عديدة، كالطلي الكهربائي ودباغة الجلود وفي صقل المعادن والصناعات النسيجية وحماية الأخشاب وصناعة الورق وطباعته وتحضير مركبات الكروم الكيميائية. ولهذا فإن النفايات الناجمة عن هذه الصناعات ستحوي على الكروم.

تعدُّ عملية الدباغة باستخدام الكروم من أكثر طرائق الدباغة شيوعاً إذ يقدر أن نحو ثلث كمية الكروم المستخدمة تهدر وتصرف إلى الشبكة العامة مما يسبب تلوثاً بيئياً وخسارة اقتصادية، لذا يعد الكروم من أهم الملوثات المعدنية الموجودة في مياه الصرف الناتجة عن دباغة الجلود ، وبهدف تحقيق تطوير لإدارة النفايات السائلة في سورية عن طريق إيجاد طرائق وتقانات حديثة وصديقة للبيئة فقد جرى البحث عن طرائق جديدة فعالة ورخيصة لمعالجة هذا التلوث.

هدف البحث الحالي إلى تصميم واختبار محطة معالجة لإزالة واسترداد الكروم من مياه الصرف الناتجة عن دباغة الجلود باستخدام البيلون الحلبي المتوافر طبيعياً بغية تأهيل البيئات المائية بكلفة رخيصة.وبما أنّ البيلون الحلبي يوجد بكميات كبيرة في مدينة حلب، شمال الجمهورية العربية السورية، وبسبب تركيبه الألمنيوسيليكا وبنيته الهيكلية المميزة فمن الممكن أن يكون مُناسباً لإزالة المعادن الثقيلة (وبخاصة الكروم) من المياه الملّوثة المرافقة لدباغة الجلود. مما يساهم في حماية البيئة والإنسان والاستفادة من المياه المعالجة اقتصادياً دون الحاجة إلى تحضير مبادلات أيونية صنعية وذات تكلفة مرتفعة.

أوضحت التجارب التي أجريت على محطة المعالجة التجريبية والتي صممت ونفذت في كلية الهندسة المدنية مخبر البيئة وذلك على عينات حقيقية جمعت من بعض معامل الدباغة في مدينة دمشق، أنه يمكن :

1 - إزالة الكروم من مياه الصرف الناتجة عن الدباغة بنسبة 97%.

استرداد الكروم من البيلون المستخدم وبنسبة استرداد 94% على هيئة كرومات حيث تحول إلى مركبات

* أعد البحث في سياق رسالة الدكتوراه للمهندسة سونيا عباس بإشراف الدكتورة هند وهبة ومشاركة الدكتور محمد سعيد المصري

** قسم الهندسة البيئية كلية الهندسة المدنية - جامعة دمشق

*** قسم الوقاية والأمان، هيئة الطاقة الذرية السورية

مفيدة تستخدم في صناعات عديدة مثل كرومات الرصاص و كرومات الباريوم وحمض الكـــروم وكبريتـــات الكروم.

2 - إعادة استخدام البيلون بعد استرداد الكروم منه بشكل آمن في بعض الصناعات مثل صـــناعة الاســـمنت والخزف وغيرها.

3 - إمكانية تدويرالمياه الناتجة عن المعالجة وإعادة استخدامها في عملية الدباغة.

يدل هذا البحث على إمكانية الاستفادة من هذه الخامات الوطنية من خلال تطوير تكنولوجيا صديقة للبيئة فـــي معالجة المخلفات السائلة الصناعية الناتجة عن صناعة دباغة الجلود ودعم عملية التنمية في سورية.

الكلمات المفتاحية: الكروم، صناعة الدباغة، البيلون الحلبي، معالجة مياه الصرف الصناعي.

مقدمة

أدى التطور السريع للصناعات المختلفة إلى إنتاج كميات كبيرة من النفايات الحاوية على المعادن، التي تتحرر بشكل مباشر أو غير مباشر إلى البيئة المائية مؤدية إلى مشكلة خطيرة في التلوث البيئي.وقد أصبح التلوث بالمعادن الثقيلة واحداً من أعظم المشاكل البيئية والصحية الناجمة عن هذه التطبيقات الواسعة. مما أدى إلى القيام بمحاولات عديدة لتقليل إصداراتها في البيئة أو إزالتها من البيئة.

تعد عملية الدباغة في صناعة الجلود باستخدام الكروم من أكثر الطرائق شيوعاً لدباغة الجلود [1] حيث يتفاعل 60 -70% فقط من الكروم مع الجلود في حين يذهب نحو 30 -40% من الكروم مع النفايات الصلبة والسائلة. لذا فإن النفايات الناجمة عن دباغة الجلود من أهم مصادر تلوث البيئة بالكروم [2]. وجد كل من Hafez وآخرين [3] وChaudry وآخرين [4] أن تركيز أيونات Cr في مياه الصرف الناجمة عن الدباغة تراوح بين 2500 و8000 ملغ ل$^{-1}$ وبين 1300 و2500 ملغ ل$^{-1}$ على الترتيب. في حين أن الحد الأقصى المسموح به للكروم في التدفقات الصناعية هو 0.1 ملغ ل$^{-1}$ [5].

يتم عادة إزالة المعادن الثقيلة من مياه الصرف الصناعي بطرائق عدة كالإرجاع والفلترة الميكروية والأغشية [6] والتبخير والتبادل الأيوني [7، 8] والاستخلاص بالمحلات [9، 10] والترسيب باستخدام MgO أو $Ca(OH)_2$ أو NaOH [11، 2، 12]. ولكن معظم هذه الطرائق ذات كلفة باهظة للوسائط المستخدمة في عملية الإزالة أو لكلفة الإجراء الغالية فضلاً عن مشاكل التلوث الثانوي. لهذا لجأ الباحثون حالياً إلى استخدام تقنيات الامتزاز من أجل إزالة واسترجاع المعادن الثقيلة من المحاليل لكلفة هذه التقنيات الرخيصة ولكفاءتها العالية كما تعد من الطرائق البسيطة لمعالجة مياه الصرف المحملة بالمعادن الثقيلة.

وقد استخدم كربون قشر الرز [13] وقشر جوز الهند [14] وتبن الرز [15] والنفايات الزراعية [16] ولحاء شجر الأرز [17] ولحاء شجر الصنوبر [18] في معالجة المياه الملوثة بالمعادن الثقيلة وهي من المواد المازة الرخيصة. بينت نتائج الدراسات أن نسبة إزالة الكروم من مياه الصرف الصناعي بلغت القيمة 65% باستخدام لحاء شجر الصنوبر. في حين بلغت القيمة 98% باستخدام تفل قصب السكر المعالج بحمض الستيريك [5]. كما استخدمت المواد الغضارية كفلاتر طبيعية لتنقية الماء في مدن مختلفة من العالم. لذا أنجز العديد من الدراسات للتحري عن الخواص الفيزيائية والكيميائية لهذه الغضاريات المستخدمة.

فالمركبات الغضارية عبارة عن سيليكات صفائحية متبلورة، ولها بناء شبكي مؤلف من وريقات متتالية فوق بعضها بعضاً وكل وريقة مؤلفة من خلايا تمثل وحدة البناء، وكل خلية مؤلفة من طبقة ثمانية الوجوه Al_2O_3 تتوسط طبقتين من SiO_2 رباعية الوجوه (T-O) وهناك بعض أنواع الغضار حيث تتألف الخلية من طبقتين الأولى ثمانية الوجوه والأخرى رباعية الوجوه (O-T).

على الرغم من أن بنية معظم المواد الغضارية لها الشكل الشبكي نفسه، إلا أن هذه البنية تختلف بطريقة ارتباط الخلية الواحدة مع بعضها بعضاً وبنوعية الشوارد المعدنية المشاركة في هذه الشبكة، وبشكل عام تتراكم الوريقات الغضارية بالتتالي، ويفصل فيما بينها مسافات من مرتبة (15-9).

تحمل هذه الغضاريات غالباً شحنات ناتجة عن عملية الاستبدال بين الشوارد المختلفة بالتكافؤ الكيميائي، فيحصل عجز (نقص) في الشحنات وتختلف قيمتها من غضار إلى آخر، وتتعدل هذه الشحنات بوساطة شوارد العناصر القلوية، والقلوية الترابية.[19]

تتوزع المركبات الغضارية في أماكن مختلفة من العالم، وتُعدُّ من المواد الرابطة وتستخدم في صناعات مختلفة (صناعة الخزف، البورسلان، الاسمنت والسيراميك)

ويوجد في سورية في مقلع تل حجار بمدينة حلب كميات كبيرة من البيلون وهوغضار من نوع المونتمولورنيت (T-O-T) الذي يتميز بسهولة الحصول عليه وبكلفة زهيدة، وقد أجريت عدة دراسات لاستخدامه في معالجة مياه الصرف الناتجة عن معاصر الزيتون[20] وعن معامل الأصبغة[21] وفي معالجة المياه الملوثة بالمبيدات الحشرية [22].

ومن هنا تم التفكير باستخدام البيلون الحلبي لإزالة الكروم من مياه الدباغة في صناعة الجلود، ونظراً لكلفة معدن الكروم وأهميته في الصناعة من ناحية وللتخلص الآمن من النفاية المستخدمة في إزالة الكروم من المياه من ناحية أخرى فقد تم تصميم واختبار محطة معالجة لإزالة واسترداد الكروم من مياه دباغة الجلود باستخدام البيلون الحلبي.

أهمية البحث:

تأتي أهمية البحث من كونه مكملاً للبحوث السابقة التي أجريت على عينات مختلفة من خامات البيلون السوري، التي تبين إمكانية استثمار هذه الخامات في مجالات عدة، مما يؤدي بدوره إلى دعم الاقتصاد الوطني وعملية التنمية في القطر العربي السوري.

هدف البحث:

هدف هذه الدراسة إلى تصميم واختبار محطة معالجة تجريبية لمياه الدباغة وذلك لإزالة الكروم من مياه الصرف الناتجة عن دباغة الجلود باستخدام البيلون الحلبي والاستفادة من المياه الناتجة عن المعالجة بإعادة استخدامها في بعض مراحل صناعة دباغة الجلود، فضلاً عن دراسة إمكانية استرداد الكروم من البيلون للاستفادة منه في عمليات تصنيع مختلفة، و كذلك دراسة إمكانية استخدام البيلون الناتج بعد عملية استرداد الكروم من جديد في إزالة الكروم من مياه الصرف الناتجة عن دباغة الجلود .

1 - المواد والطرائق

1 -1المواد المستخدمة:

البيلون الطبيعي ــ مياه الصرف الناتجة عن دباغة الجلود ماء اكسجيني.

1 -2 جمع العينات:

1 -2- 1 جمع البيلون:

جرى جمع قرابة 20 كغ من البيلون الحلبي المطحون من مدينة حلب (منطقة تل عجار). وخزنت في أوعية محكمة الإغلاق لحمايته من الرطوبة.

1 -2- 2 جمع عينات مياه صرف دباغة الجلود

جرى جمع عينات لمياه صرف صناعي (200) من أحد معامل للدباغة في منطقة الزبلطاني في مدينة دمشق (من براميل الدباغة) بهدف اختبار محطة المعالجة التجريبية المقترحة لإزالة الكروم منها واسترداده. وقبل البدء بإجراء التجارب جرى تعيين محتواها من الأيونات المعدنية بواسطة تقانة الامتصاص الذري وفق الطريقة الآتية:

- جرى إضافة 1مل من مياه الدباغة إلى 10 مل من حمض الآزوت بتركيز (65%)

- سُخّن المزيج بواسطة جهاز التسخين إلى درجة حرارة 100°م لقرب الجفاف.
- أضيف مرة أخرى حمض الآزوت وسخنت العينة لقرب الجفاف. أعيدت هذه التجربة ثلاث مرات حتى التأكد من عدم وجود مواد منحلة واتمام عملية التهضيم.
- وبعد الجفاف جرى إضافة 1 مل من حمض الآزوت وأكمل الحجم إلى 25 مل ماء مقطراً.
- وبعد ذلك حللت العينات بواسطة جهاز الامتصاص الذري من نوع (Perkin-Elmer 2380).

1 -2- 3 تصميم المحطة التجريبية

جرى تصميم وتنفيذ المحطة التجريبية لإزالة الكروم من المياه الناتجة عن دباغة الجلود باستخدام البيلون الحلبي و استرداد الكروم منه وذلك بحجم 20 لتراً وذلك في مخبر البيئة في كلية الهندسة المدنية بجامعة دمشق حيث أجريت عليها مجموعة من التجارب والاختبارات اللازمة للدراسة.

أولاً: الدراسة الهندسية الفنية للمحطة التجريبية المقترحة

تتألف محطة المعالجة التجريبية المقترحة من الأحواض الآتية:

- حوض تجميع المياه الناجمة عن براميل الدباغة (الحوض1):وهو عبارة عن حوض بحجم نحو 25 لتر حيث يتم تخزين المياه الناتجة عن براميل الدباغة فيه مباشرة تمهيداً لمعالجتها .
- حوض تجميع البيلون الحلبي (حوض2):و هو عبارة عن حوض بحجم نحو 25 لتراً ويتناسب مع الكمية المراد معالجتها وفق الدراسة المخبرية التي أجريت وذلك لبيان الشروط المثلى لإزالة الكروم من مياه الدباغة باستخدام البيلون الحلبي
- حوض المزج (حوض3):وهو عبارة عن حوض بشكل مستطيل بحجم حوالي 30 لتر ، يستخدم لمزج البيلون بالمياه القادمة من براميل الدباغة حيث تتدفق المياه من برميل الدباغة (حوض1) ويضاف إليه البيلون من الخزان رقم (2) عن طريق السكر السفلي المركب في أسفل الحوض. يتم المزج عن طريق خلاط مجهز بريش تتناسب أطوالها مع قطر الخزان، ويركب له محرك لتأمين المزج وفق الشروط المثلى للإزالة وهي 200 دورة/دقيقة، ويستمر الخلط نحو ست ساعات وبدرجة حرارة الغرفة (30-25) درجة مئوية و أما درجة الحموضة (4-3.5) فهي درجة الحموضة نفسها للمياه الآتية من براميل الدباغة.

يجهز الحوض بسكر في أسفله لاستخدامه في عملية نقل مياه الدباغة الممزوجة بالبيلون إلى حوض الترسيب التالي و لذلك يتم تأمين الميل الكافي لانزلاق المحلول بسهولة إلى منطقة السكر .

- حوض الترسيب (حوض4):وهو عبارة عن حوض بحجم نحو 30 لتراً مستطيل الشكل يستخدم لترسيب البيلون من المياه الممزوجة في حوض المزج السابق حيث تترسب ذرات البيلون إلى أسفل الخزان بواسطة الجاذبية الأرضية.كما يجهز الخزان بفتحة ذات منسوب قابل للتغيير لنقل المياه الرائقة بعد تمام الترسيب بأنابيب بلاستيكية إلى خارج الخزان أي إلى الفلاتر.فضلاً عن ذلك يتم سحب الحمأة المترسبة من البيلون إلى حفرة مخروطية في القاع ،ومنها تضخ إلى حوض آخر لاسترداد الكروم منها.

يصنع الخزان من مواد مقاومة للمواد الكيميائية التي تستخدم في عمليات المعالجة.

- الفلاتر (حوض 5):وهي عبارة عن حوض مستطيل الشكل بحجم نحو 25 لتراً يستخدم لتصفية المياه المعالجة بالبيلون والقادمة من حوض الترسيب .

يجهز الحوض بإطار مستطيل يركب عليه فلتر قماشي خاص يمنع من خلاله مرور حبيبات البيلون العالقة إلى حوض تجميع المياه المعالجة ، كما يجهز الحوض بفتحة في أسفله يركب عليها سكر خاص لنقل المياه إلى الحوض التالي، لذلك تعطي لأرضية الخزان ميلاً باتجاه فتحة مرور المياه.

أما بالنسبة إلى تنظيف الفلتر فيكون عن طريق رفع مقابض خاصة مركبة عليه ، ويتم إزالة البيلون المترسب عليه والذي يصبح أشبه بالتراب بعد جفافه بكشطه ، ثم يضاف إلى حوض الاسترداد الخاص باسترجاع الكروم من البيلون المحتوى فيه .

- حوض المياه المعالجة (حوض 6):وهو عبارة عن حوض مستطيل الشكل بحجم نحو 25 لتراً ويستخدم لتجميع المياه التي عُولجت بالبيلون .

يجهز الحوض بفتحة في أسفله و يركب عليها سكر لإمكانية سحب المياه لإعادة استخدامها ثانية و يمكن في معمل الدباغة تركيب مضخة على هذا الخزان لضخ المياه المعالجة إلى مرحلة غسل الجلود المراد دباغتها.

- حوض الاسترداد (حوض 7):وهو عبارة عن حوض مستطيل بحجم 30 لتراً يستخدم هذا الحوض لاسترداد الكروم من البيلون المشبع به.

يجهز الحوض بفتحة في أسفله يركب عليها مخروط كونيك لسهولة تجميع وسحبه البيلون إلى الحوض التالي. كما يجهز الحوض بخلاط لمزج البيلون مع الماء الأكسجيني وهي المادة المستخدمة للاسترداد، فضلاً عن ذلك يركب عليه محرك ذات سرعات دوران متغيرة لتأمين سرعة دوران 50 دورة/دقيقة.يستمر التحريك في هذا الحوض مدة ساعة واحدة إذ تعدُّ مدة كافية لتأمين المزج وذلك وفقاً للشروط المدروسة مخبرياً.

- حوض الترسيب (حوض 8):وهو عبارة عن مواصفات حوض الترسيب رقم 4 نفسها المستخدم لترسيب البيلون حيث يستخدم هذا الحوض لترسيب البيلون بعد استرداد الكروم منه.يجهز الحوض كما في الحوض السابق رقم 4 بفتحة مخروطية (كونيك) في أسفله لسهولة جمع البيلون في حوض التجميع الذي أصبح نفاية ، كما يعطي ميلاً مناسباً لأرضية الحوض باتجاه الفتحة. فضلاً عن ذلك يتم تأمين فتحة فوق منسوب معين لسحب المياه الحاوية على الكروم إلى حوض الفلترة.
- الفلاتر (حوض 9):وهو عبارة عن مواصفات الفلتر المستخدم في تصفية المياه من البيلون (حوض 5) نفسها. يعمل الفلتر على حجز حبيبات البيلون العالقة بالمياه والتي لم تترسب في الحوض السابق.

تستخدم طريقة التنظيف نفسها ولكن يعاد البيلون إلى حوض تجميع البيلون كنفاية في نهاية الخط الإنتاجي.

- حوض تجميع المياه الحاوية على الكروم (حوض 10):وهو عبارة عن حوض بحجم نحو 25 لتراً له مواصفات حوض تجميع المياه المعالجة بعد إزالة الكروم نفسها.

يستخدم هذا الحوض لتجميع المياه الحاوية على الكروم و هي على شكل كرومات CrO_4^{2-} ذات اللون الأصفر وهذه المياه يمكن استخدامها في صناعات عديدة.

- حوض تجميع النفاية (حوض 11):وهو عبارة عن حوض مستطيل الشكل بحجم نحو 25 لتراً ويستخدم لتجميع البيلون بعد استرداد الكروم منه الذي ترسب في الحوض رقم 8، وقد تحول إلى نفاية آمنة لا تحوي مواد سمية أو خطرة إذ يمكن استخدامها في معامل الاسمنت والسيراميك وغيرها من الصناعات.
- المضخات :تستخدم المضخات لضخ البيلون من حوض الترسيب رقم 4 إلى حوض الاسترداد (حوض رقم 7) وكذلك من حوض الترسيب رقم 8 إلى حوض تجميع النفاية رقم 11 وهي ذات استطاعة 1/4 HP التي تعدُّ كافية لكمية المياه المراد معالجتها.
- أجهزة قياس PH و درجة الحرارة :تستخدم لقياس هذه المؤشرات وضبطها وذلك في الأحواض المستخدمة.
- الأنابيب:تستخدم الأنابيب من نوع الـــــ P.V.C المقاوم للحموض أو من البولي إتيلين وهي تستعمل لنقل المياه أو البيلون من حوض إلى آخر، ولها أقطار تتناسب مع الغزارة المطلوبة وسرعة الجريان.
- السكورة:تستخدم السكورة من نوع الدحلة أو السكورة البوابية لحجز المياه أو البيلون في الأحواض المستخدمة، ويمكن أن تستخدم سكورة قابلة للتعيير في هذا المجال.
- حوض الماء الأكسجيني(حوض 12):وهو عبارة عن حوض من البلاستيك المقاوم للحموض وبحجم / 2L / الذي يستخدم لتخزين المواد الكيميائية.يركب الحوض على ارتفاع مناسب بحيث يتم سحب المواد منه عن طريق الراحة وليس عن طريق الضخ، لذلك يركب بمنسوب أعلى من حوض الاسترداد رقم (7). يجهز لهذا الحوض أنبوب شفاف على جانبه لمعرفة منسوب الماء الأكسجيني في الحوض على مبدأ الأواني المستطرقة.ويكون هذا الحوض مغلق بشكل محكم لتفادي تفاعل هذه المادة مع الهواء.

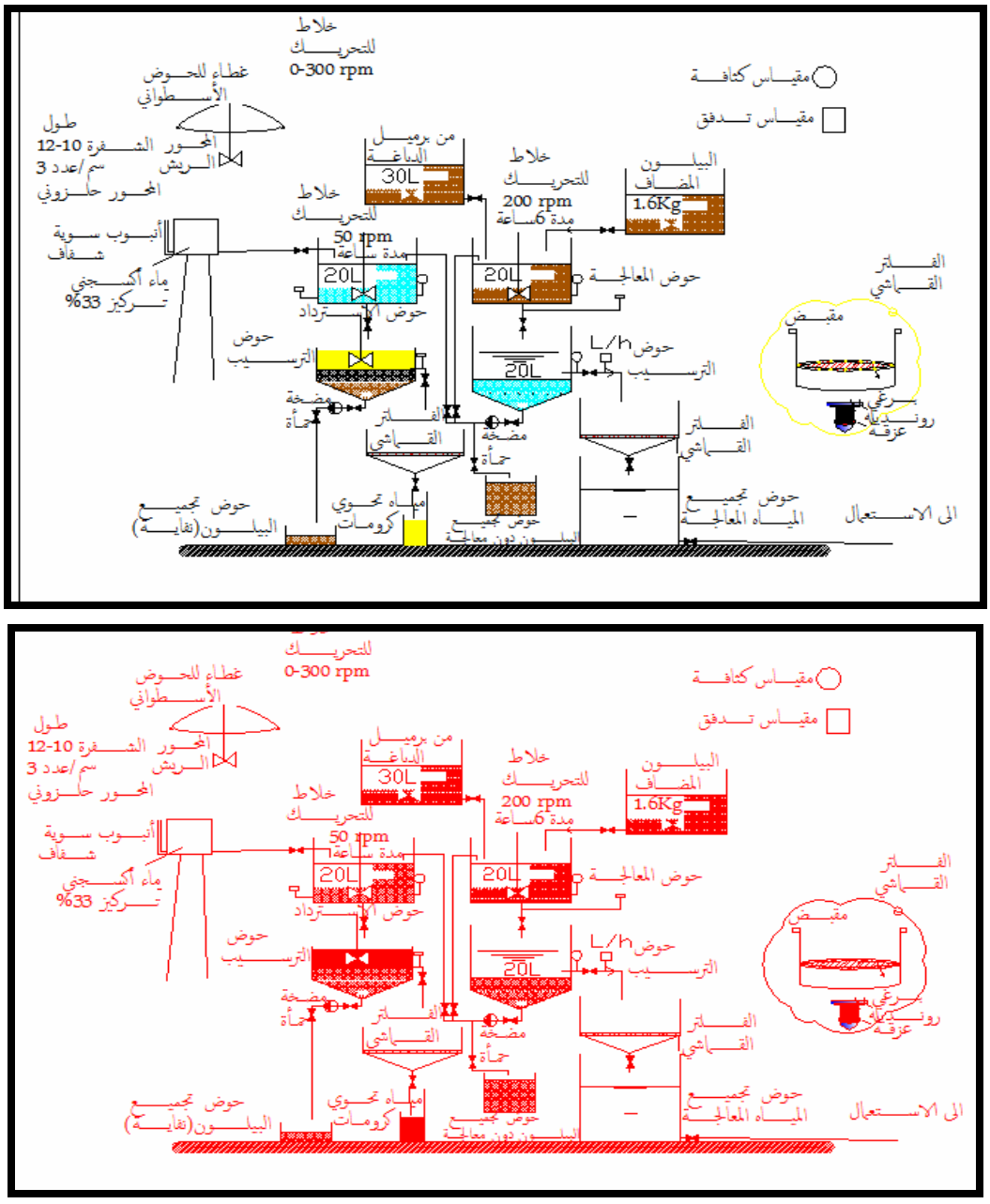
ثانياً : التجارب الفعلية على المحطة التجريبية :

أجريت عدد من التجارب على المحطة التجريبية وهي كالآتي:

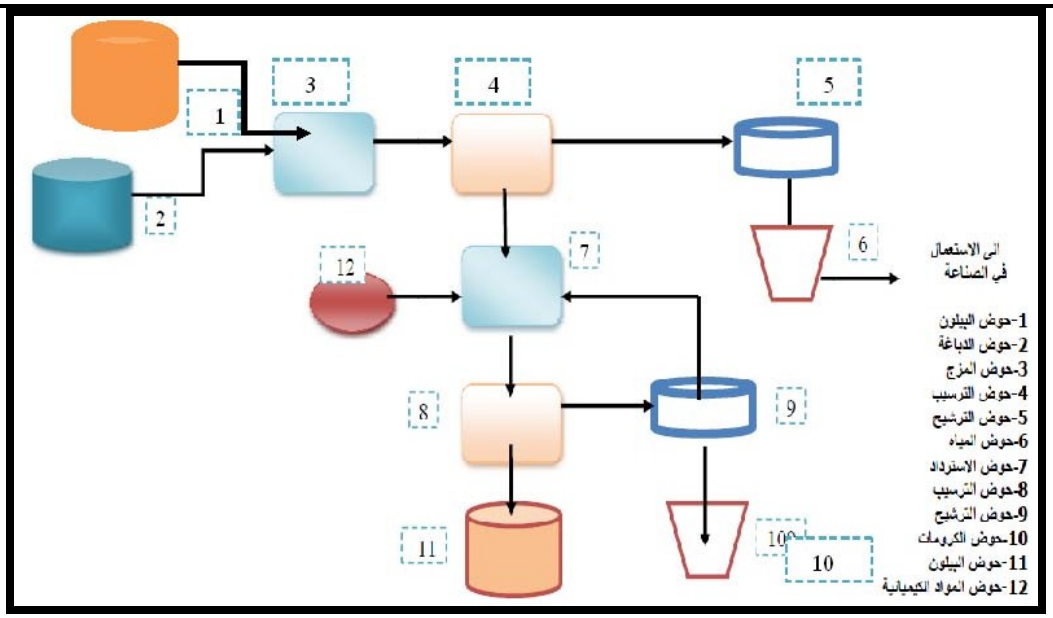
- ❖ تجربة 1 دراسة تأثير مدة المكث على نسبة إزالة الكروم .
- ❖ تجربة 2 - دراسة تأثير تغيير تركيز البيلون في مياه الدباغة في نسبة إزالة الكروم.
- ❖ تجربة 3 - دراسة تأثير مرحلة الخلط دون تحريك (رج) في نسبة إزالة الكروم.
- ❖ - تجربة 4 - دراسة تأثير ضخ الهواء في مرحلة المزج في نسبة إزالة الكروم.
- ❖ تجربة 5 - دراسة تأثير تدوير جزء من البيلون المستخدم في نسبة إزالة الكروم .
- ❖ تجربة 6 - تحديد سعة الامتزاز العظمى تجريبياً.
- ❖ تجربة 7 - دراسة استرداد الكروم من البيلون المستخدم .
- ❖ تجربة 8- دراسة تأثير استخدام البيلون الذي استرد منه الكروم في نسبة إزالة الكروم قيس تركيز الكروم في المحلول بعد المعالجة

- دونت النتائج في جداول ثم حولت إلى منحنيات باستخدام برنامج اكسل على الحاسب.

يبين الشكلان رقم (1) ورقم (2) المقطع الطولي والمخطط الصندوقي للمحطة التجريبية



الشكل رقم (1): محطة معالجة المياه الناتجة عن دباغة الجلود باستخدام البيلون الحلبي مقطع طولي



الشكل رقم (2): المخطط الصندوقي لمحطة معالجة مياه صرف دباغة الجلود

2 -النتائج والمناقشة :

2 -1 نتائج التحليل الكيميائي لمياه الدباغات

الجدول رقم (1): العناصر المعدنية في العينات الحقيقية لمياه الدباغة (ملغ مل$^{-1}$)

المعدن	مياه الدباغة
Na	19.8 ± 0.3
Fe	< 0.1
Cr	8.1 ± 0.4
Ni	< 0.02
Co	< 0.02
K	< 0.5
Mg	0.1 ± 0.0
Ca	1.0 ± 0.0

- درجة الحموضة في مياه الدباغة قبل المعالجة PH=2.46
- درجة الحموضة في مياه الدباغة في أثناء التحريك PH=5.34
- درجة الحموضة في مياه الدباغة بعد المعالجة PH=6.98

2 -2 نتائج التجارب:

تجربة 1- دراسة تأثير مدة المكث في نسبة إزالة الكروم

درس تأثير مدة المكث على نسبة إزالة الكروم من مياه الدباغة عند مزجها مع البيلون مع التحريك وذلك وفق المراحل الآتية :

- أخذ 5L/ من مياه الدباغة ذات المواصفات الآتية:

تركيز الكروم 8.1 g/L

درجة الحموضة PH=2.46

- جرى تطبيق التجربة ضمن المدد التالية (1 -3 - 6 -8) ساعة وذلك بدرجة حرارة الغرفة (25-30) واستخدام كمية من البيلون (400g).
- أجريت التجربة وفق المراحل الآتية:
- إمرار المياه على حوض المزج مدة ساعة بعد إضافة كمية البيلون المطلوبة.
- نقل المزيج إلى حوض الترسيب مدة ساعتين.

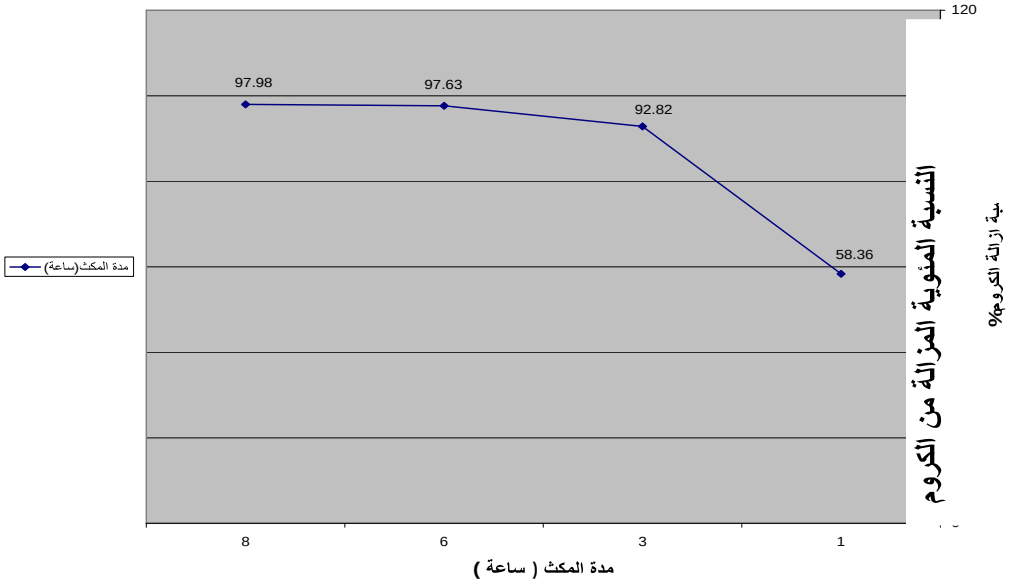
- سحب المياه الطافية إلى حوض الفلترة لترشيح ما تبقى من البيلون .
- جمع المياه المعالجة في حوض التجميع.
- يتم قياس تركيز الكروم في المياه المعالجة.
- حساب نسبة إزالة الكروم من مياه الدباغة.

أعيدت الخطوات السابقة بعد تغيير مدة المكث (3 6 8) ساعة وحسبت نسبة إزالة الكروم من مياه الدباغة.

يبين الجدول رقم (2) والشكل رقم (3) نتائج التجارب.

الجدول رقم (2) تأثير مدة المكث في نسبة إزالة الكروم

مدة المكث(ساعة)	1	3	6	8
نسبة إزالة الكروم%	58.36	92.82	97.63	97.98



الشكل رقم (3): تأثير مدة المكث في نسبة إزالة الكروم

نستنتج من الشكل أعلاه أنه كلما زادت مدة المكث كانت نسبة إزالة الكروم من مياه الدباغة أكبر إلى أن تصبح شبه مستقرة بعد 6 ساعات .

ويمكن تفسير ذلك بأن عملية الامتزاز لأيونات الكروم على البيلون تصبح بطيئة جداً ومن ثمَّ تميل نسبة إزالة الكروم من مياه الدباغة إلى الاستقرار.

تشير هذه التجربة إلى المرونة في استخدام البيلون لإزالة الكروم من مياه الدباغة ، إذ أن تخفيض مدة المكث إلى النصف من 6 ساعات إلى 3 تؤدي إلى تخفيض نسبة الإزالة من 97.63إلى 92.82% أي بنسبة 5% فقط ، مما يساعد على الاختيار بين مدة المكث ونسبة الإزالة.

تجربة 2 دراسة تأثير تغيير تركيز البيلون في مياه الدباغة في نسبة إزالة الكروم

- جرب حجم 5 لترات من مياه الدباغة ذات المواصفات الآتية:

تركيز الكروم 8.1 g/L

درجة الحموضة PH=2.46

- جرى تطبيق التجربة على البيلون للكميات الآتية (100- 200- 300- 400- 500) غ وذلك بدرجة حرارة الغرفة (25- 30) ومدة مكث 6 ساعات.

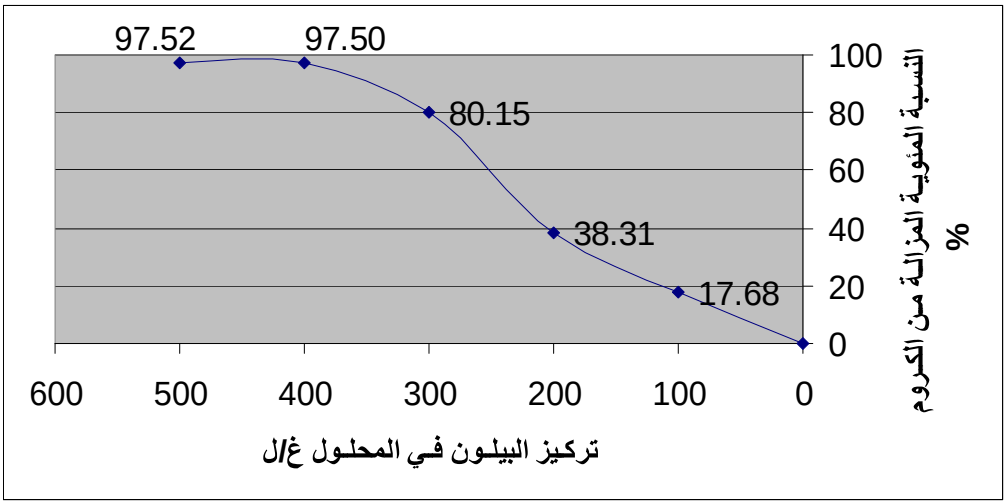
أجريت التجربة وفق المراحل الآتية:

- إمرار هذه الكميات كل على حدة على حوض المزج مدة 6 ساعات.
- نقل المزيج إلى حوض الترسيب ليمكث مدة ساعتين.
- سحب المياه الطافية إلى حوض الفلترة لترشيح ما تبقى من البيلون .
- جمع المياه المعالجة في حوض تجميع ليعاد استخدامها في صناعة الجلود.

يبين الجدول رقم (3) والشكل رقم (4) نتائج التجارب.

الجدول رقم (3): تأثير تغيير تركيز البيلون في مياه الدباغة في نسبة إزالة الكروم

كمية البيلون(غ)	100	200	300	400	500
نسبة إزالة الكروم%	17.68	38.31	80.15	97.50	97.52



الشكل رقم (4): تأثير تغيير تركيز البيلون في مياه الدباغة في نسبة إزالة الكروم

من الجدول السابق وبنتيجة التجربة يتبين لدينا أن نسبة إزالة الكروم من مياه الدباغة تتأثر بتغير تراكيز البيلون في المحلول ، فكلما زاد تركيز البيلون في المحلول زادت نسبة إزالة الكروم منه إلى أن يصبح تركيز البيلون 80 غ/ ل في المياه المراد معالجتها عندها تستقر نسبة الإزالة وتصبح زيادة كمية البيلون في المياه المراد معالجتها غير مجدية ومن ثمَّ غير اقتصادية .

تجربة 3 - دراسة تأثير مرحلة الخلط دون تحريك في نسبة إزالة الكروم

دُرِسَ تأثير مزج مياه الدباغة مع البيلون دون تحريك في نسبة إزالة الكروم من مياه الدباغة وذلك وفق المراحل الآتية:

- أخذ /5L/ من مياه الدباغة ذات المواصفات الآتية:

تركيز الكروم 8.1 g/L درجة الحموضة PH=2.46

- جرى تطبيق التجربة ضمن المدد الآتية (6 -8- 18 -24) ساعة وذلك بدرجة حرارة الغرفة (25 - 30) واستخدام البيلون بتركيز (80g/L).

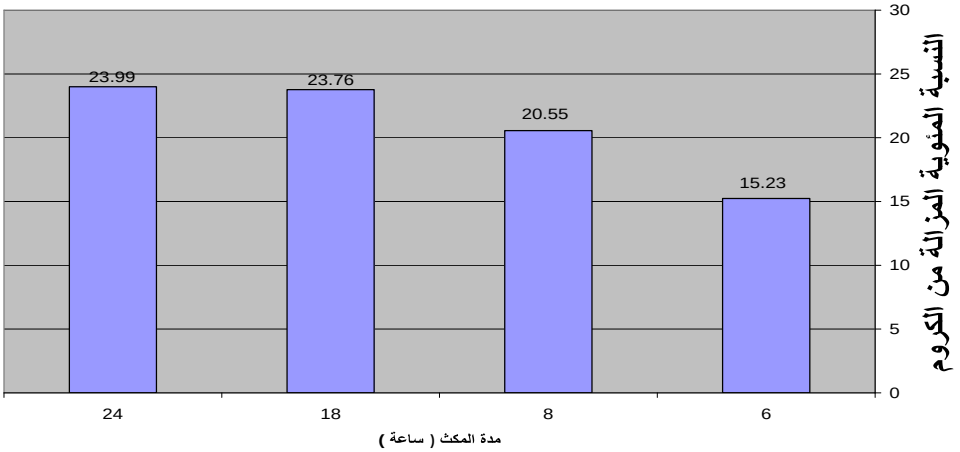
أجريت التجربة وفق المراحل الآتية:

- إمرار المياه على حوض المزج مدة 6 ساعات بعد إضافة كمية البيلون المطلوبة.
- نقل المزيج إلى حوض الترسيب مدة ساعتين.
- سحب المياه الطافية إلى حوض الفلترة لترشيح ما تبقى من البيلون .
- جمع المياه المعالجة في حوض تجميع ليعاد استخدامها في صناعة الجلود.
- قياس تركيز الكروم في المياه المعالجة.
- حساب نسبة إزالة الكروم من مياه الدباغة.

يبين الجدول رقم (4) والشكل رقم (5) نتائج التجارب.

الجدول رقم (4) تأثير مرحلة الخلط دون تحريك في نسبة إزالة الكروم

مدة المكث(ساعة)	6	8	18	24
نسبة إزالة الكروم%	15.23	20.55	23.76	23.99



الشكل رقم (5): تأثير مرحلة الخلط دون تحريك في نسبة إزالة الكروم

نرى من الجدول أعلاه أن مزج البيلون مع مياه الدباغة دون تحريك لم يستطع إزالة الكروم منها، إذ بقي المحلول بلونه الداكن الأزرق. يمكن تفسير ذلك بأن المزج يحفز إمكانية بدء عمليات التبادل الشاردي ومن ثم امتزاز الكروم على البيلون.

من هنا نرى أنه لا بد من تأمين مرحلة التحريك عند مزج مياه الدباغة مع البيلون في إزالة الكروم منها بالشكل الأمثل.

تجربة 4 - دراسة تأثير ضخ الهواء في مرحلة المزج في نسبة إزالة الكروم

درست تأثير ضخ الهواء في مرحلة المزج في نسبة إزالة الكروم من مياه الدباغة عند خلطها مع البيلون وذلك وفق المراحل الآتية:

- أخذ /5L/ من مياه الدباغة ذات المواصفات الآتية:

تركيز الكروم 8.1 g/L

درجة الحموضة PH=2.46

- أُمرِرَتِ المياه على حوض المزج مع تطبيق الشروط المثالية (باستخدام كميات البيلون بتركيز (80g/L) وبدرجة حرارة الغرفة (25-30) مع التحريك ولمدة مكث ساعة.

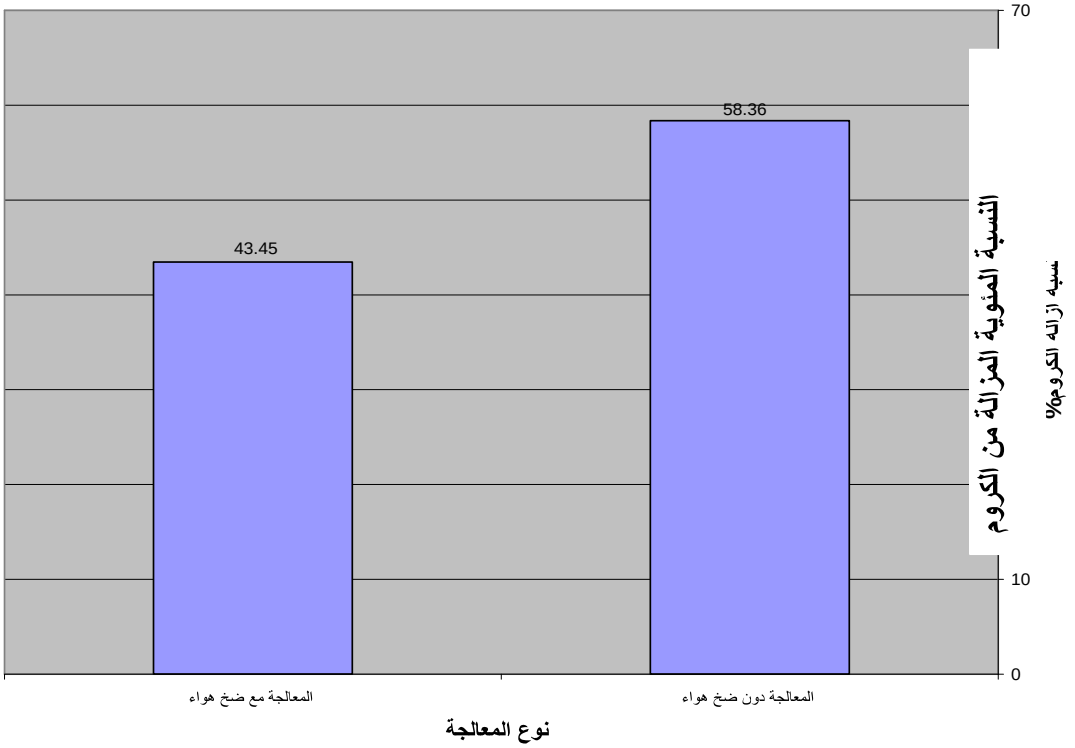
أجريت التجربة وفق المراحل الآتية:

- ضخ الهواء من ضاغط هوائي.
- نقل المزيج إلى حوض الترسيب مدة ساعتين.
- سحب المياه الطافية إلى حوض الفلترة لترشيح ما تبقى من البيلون .
- جمع المياه المعالجة في حوض التجميع.
- يتم قياس تركيز الكروم في المياه المعالجة.
- حساب نسبة إزالة الكروم من مياه الدباغة.

يبين الجدول رقم (5) والشكل رقم (6) نتائج التجارب.

الجدول رقم (5): تأثير ضخ الهواء في مرحلة المزج في نسبة إزالة الكروم

نسبة إزالة الكروم دون ضخ هواء%	58.36
نسبة إزالة الكروم مع ضخ هواء%	43.45



الشكل رقم (6): تأثير ضخ الهواء في مرحلة المزج في نسبة إزالة الكروم

نلاحظ مما سبق أن ضخ الهواء إلى حوض المزج أثر تأثيراً سلبياً في نسبة إزالة الكروم من مياه الدباغة ، إذ انخفضت من 58.36 إلى 43.45% وذلك خلال مدة مكث ساعة واحدة.

يمكن تفسير انخفاض نسبة إزالة الكروم من مياه الدباغة أنه عند ضخ الهواء إلى المحلول أدى إلى عدم تجانس في المزيج نتيجة سرعة الحركة المطبقة التي أثرت في حركة أيونات الكروم في الوصول إلى

مواقع الأمتزاز على البيلون مما أدى إلى انخفاض كمية الكروم الممتزة على البيلون. ومن ثمَّ نرى عدم جدوى عملية ضخ الهواء إلى حوض المزج لتحسين نسبة إزالة الكروم من مياه الدباغة.

تجربة 5 - دراسة تأثير تدوير جزء من البيلون المستخدم في نسبة إزالة الكروم

دُرس تأثير تدوير جزء من البيلون المستخدم في مرحلة المزج في نسبة إزالة الكروم من مياه الدباغة عند خلطها مع البيلون وذلك وفق المراحل الآتية:

التجربة الأولية:

- أخذ /10L/ من مياه الدباغة ذات المواصفات الآتية:

تركيز الكروم 8.1 g/L درجة الحموضة PH=2.46

- أُمرِت المياه على حوض المزج باستخدام البيلون بتركيز (80g/L)، وبدرجة حرارة الغرفة (25 - 30) مع التحريك ولمدة مكث 3 ساعات.

أجريت التجربة وفق المراحل الآتية:

- نقل المزيج إلى حوض الترسيب مدة ساعتين.
- سحب المياه الطافية إلى حوض الفلترة لترشيح ما تبقى من البيلون .
- جمع المياه المعالجة في حوض التجميع.
- قياس تركيز الكروم في المياه المعالجة.
- حساب نسبة إزالة الكروم من مياه الدباغة.

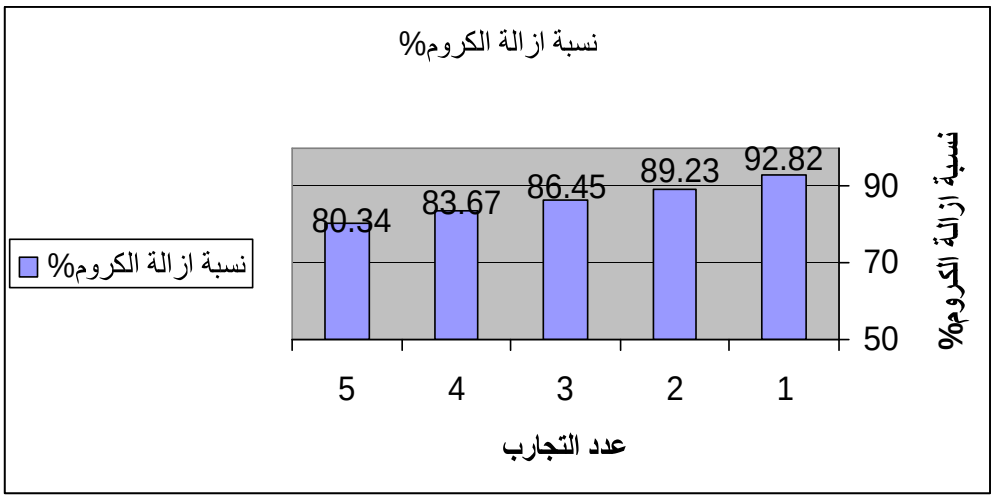
أعيدت التجربة أعلاه عدة مرات بعد تعديل نسب تدوير البيلون المستخدم لمعالجة 5L من مياه الدباغة وفق ما يأتي :

- في بداية التجربة يؤخذ 5L من مياه الدباغة المراد معالجتها ويضاف إليها البيلون بتركيز (80g/l) (أي 400 غ من البيلون الجديد) ويتم حساب نسبة إزالة الكروم من مياه الدباغة وفق الخطوات السابقة .
- يتم في التجربة الثانية استخدام 100غ من البيلون المستخدم في التجربة الأولية أي بمعدل (25%) وإضافة 300غ بيلون جديد، ومن ثم حساب نسبة إزالة الكروم من مياه الدباغة وفق الخطوات السابقة.
- يتم في التجربة الثالثة استخدام 200غ من البيلون المستخدم في التجربة الأولية أي بمعدل (50%) وإضافة 200غ بيلون جديد ، ومن ثم حساب نسبة إزالة الكروم من مياه الدباغة وفق الخطوات السابقة
- يتم في التجربة الرابعة استخدام 300غ من البيلون المستخدم في التجربة الأولية أي بمعدل (75%) وإضافة 100غ بيلون جديد ، ومن ثم حساب نسبة إزالة الكروم من مياه الدباغة وفق الخطوات السابقة
- يتم في التجربة الخامسة استخدام 400غ من البيلون المستخدم في التجربة الأولية أي بمعدل (100%) أي إعادة استخدام كمية البيلون بشكل كامل مرة ثانية لمعالجة المياه ، ومن ثم حساب نسبة إزالة الكروم من مياه الدباغة وفق الخطوات السابقة.

دونت نتائج التجارب السابقة في الجدول رقم (6)والشكل رقم (7) التي تبين تأثير تدوير جزء من البيلون المستخدم في نسبة إزالة الكروم.

الجدول رقم (6): تأثير تدوير جزء من البيلون المستخدم في نسبة إزالة الكروم

رقم التجربة		1	2	3	4	5
كمية البيلون(g)	جديد	400	300	200	100	0
	مستخدم	0	100	200	300	400
نسبة التدوير%		0	25	50	75	100
نسبة إزالة الكروم%		92.82	89.23	86.45	83.67	80.34



الشكل رقم (7): تأثير تدوير جزء من البيلون المستخدم في نسبة إزالة الكروم

يلاحظ من التجارب أعلاه :

- يؤثر تدوير جزء من البيلون المستخدم لإزالة الكروم من مياه الدباغة في نسبة الإزالة.
- تنخفض نسبة إزالة الكروم في مياه الدباغة من 92.82 إلى 80.34% أي بنسبة 14%.
- تنخفض كفاءة الإزالة بنسبة 6%فقط عند تدوير 50% من البيلون المستخدم ، مما يؤدي إلى خفض الكمية اللازمة للمعالجة.

تجربة 6- تحديد سعة الامتزاز العظمى تجريبياً

حددت سعة الامتزاز العظمى للبيلون تجريبياً وذلك وفق المراحل الآتية :

- أخذ /5L/ من مياه الدباغة ذات المواصفات الآتية:

تركيز الكروم 8.1 g/L

درجة الحموضة PH=2.46

- جرى تطبيق الشروط المثالية ضمن مدة مكث 3 ساعات وذلك بدرجة حرارة الغرفة (25-30) واستخدام البيلون بتركيز (80g/L) مع التحريك.

أجريت التجربة وفق المراحل الآتية:

- إمرار المياه على حوض المزج لمدة 3 ساعات بعد إضافة كمية البيلون المطلوبة.
- تم نقل المزيج إلى حوض الترسيب مدة ساعتين.
- سحب المياه الطافية إلى حوض الفلترة لترشيح ما تبقى من البيلون .
- جمع المياه المعالجة في حوض التجميع.
- قياس تركيز الكروم في المياه المعالجة.
- حساب نسبة إزالة الكروم من مياه الدباغة.

أعيدت الخطوات السابقة بعد تدوير كامل كمية البيلون إلى حوض المزج وحسبت نسبة إزالة الكروم من مياه الدباغة.

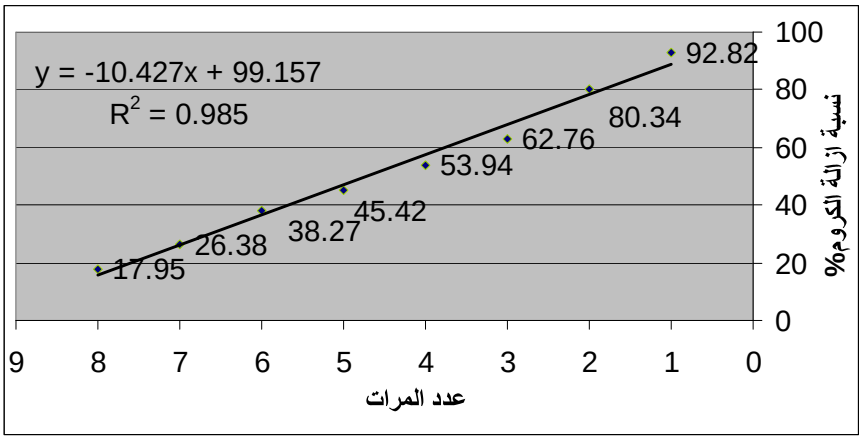
يتم التكرار إلى أن يشبع البيلون بالكروم أي يصبح تركيز الكروم في المياه المعالجة مساوياً لتركيزه في المياه الأساسية قبل المعالجة.

يتم حساب تركيز الكروم الممتز بالبيلون اعتماداً على نسبة الإزالة المقيسة في كل تجربة بشكل حسابي ومن ثم يتم جمعها ومقارنتها بالتركيز الأولي الكلي .

يبين الجدول رقم (7) والشكل رقم (8) نتائج التجارب.

الجدول رقم (7) تحديد سعة الامتزاز العظمى تجريبيا

عدد المرات	1	2	3	4	5	6	7	8
نسبة إزالة الكروم%	92.82	80.34	62.76	53.94	45.42	38.27	26.38	17.95



الشكل رقم (8): تحديد سعة الامتزاز العظمى تجريبياً

حسبت سعة الامتزاز العظمى للبيلون تجريبياً وفق النتائج السابقة فكانت بحدود 425 ملغ كروم / غ بيلون (0.425 غ كروم/غ بيلون).

تجربة 7 - دراسة استرداد الكروم من البيلون المستخدم

دُرس استرداد الكروم بالماء الأكسجيني من البيلون المشبع والمستخدم لإزالة الكروم من مياه الدباغة ،وذلك بتطبيق الشروط الآتية وهي:

مدة مكث ساعة واحدة.

درجة حرارة الغرفة (25 -30) درجة مئوية.

تركيز الماء الأكسجيني 33%.

أجريت التجربة وفق المراحل الآتية:

- يؤخذ 400g من البيلون المشبع بالكروم من التجربة رقم 6 ، ويوضع في حوض الاسترداد لإجراء المزج مدة ساعة.
- يضاف1لتر من الماء الأكسجيني ويمدد بـــ 19 لتر ماء
- ينقل المزيج إلى حوض الترسيب مدة ساعتين.
- تسحب المياه الطافية إلى حوض الفلترة لترشيح ما تبقى من البيلون .
- تجمع الرشاحة في حوض التجميع وهي على شكل كرومات ذات اللون الأصفر الذي يستخدم في صناعات عديدة.
- يقاس تركيز الكرومات على جهاز الطيف المرئي بعد تحضير محاليل عيارية من الكروم السداسي.
- تحسب نسبة الاسترداد فكانت 94%.
- ينقل البيلون المترسب في حوض الترسيب إلى حوض تجميع حيث تحول إلى نفاية آمنة تستخدم في صناعة الأسمنت والسيراميك وغيرها من الصناعات يبين الجدول رقم (8) نتائج التجارب.

الجدول رقم (8): استرداد الكروم من البيلون المستخدم

تركيز الكرومات(g/l)	تركيز الكرومات(20g/l)	وزن الكروم(g) في 20	وزن الكروم(g) في 20 وفق سعة الامتزاز العظمى	نسبة الاسترداد%
17.85	357	160	170	94

يلاحظ من الجدول أعلاه أن نسبة الاسترداد كانت بحدود 94%، وهذا يعني الاستفادة من الكرومات الناتجة اقتصادياً .

يمكن أن تعود الأسباب التي تجعل الاسترداد لا يكون 100% إلى وجود معادن بتراكيز منخفضة إلى جانب الكروم تستهلك جزءاً من الماء الأكسجيني.

تجربة 8 - دراسة تأثير استخدام البيلون الذي استرد منه الكروم في نسبة إزالة الكروم من جديد

دُرس تأثير استخدام البيلون الذي استرد منه الكروم في نسبة إزالة الكروم من جديد وذلك وفق الخطوات الآتية:

- أخذ /5L/ من مياه الدباغة ذات المواصفات الآتية:

تركيز الكروم 8.1 g/L

درجة الحموضة PH=2.46

- أمرت المياه على حوض المزج مع تطبيق الشروط المثالية (باستخدام كمية (400g) من البيلون الذي استرد منه الكروم - أصبح نفاية آمنه - وبدرجة حرارة الغرفة (25 -30) مع التحريك ومدة مكث 3 ساعات.

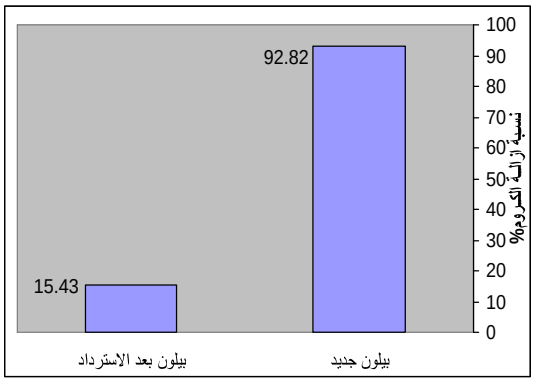
أجريت التجربة وفق المراحل الآتية:

- نقل المزيج إلى حوض الترسيب مدة ساعتين.
- سحب المياه الطافية إلى حوض الفلترة لترشيح ما تبقى من البيلون .
- جمع المياه المعالجة في حوض التجميع.
- قياس تركيز الكروم في المياه المعالجة.
- حساب نسبة إزالة الكروم من مياه الدباغة.

يبين الجدول رقم (9) والشكل رقم (9) نتائج التجارب.

الجدول رقم (9): تأثير استخدام البيلون الذي استرد منه الكروم في نسبة إزالة الكروم من جديد

نسبة الإزالة للكروم%		
	بيلون جديد	92.82
	بيلون بعد الاسترداد	15.43



الشكل رقم (9): تأثير استخدام البيلون الذي استرد منه الكروم في نسبة إزالة الكروم

يلاحظ من النتائج أعلاه أن البيلون المعالج بالماء الأكسجيني لم يستطع إزالة الكروم من مياه الدباغة وربما يعود ذلك إلى ارتباط الهيدروجين الناجم عن الماء الأكسجيني بمواقع الارتباط بالبيلون عند استرداد الكروم بالماء الأكسجيني مما أدى إلى منافسة أيونات الكروم بالتبادل الأيوني فيها ومن ثمَّ انخفاض نسبة الإزالة انخفاضاً كبيراً، أو طرأ تغيير على البنية البلورية للبيلون بعد استرداد الكروم منه.

وعلى أية حال فإن البيلون الناجم عن الاسترداد أصبح نفاية. ويمكن استخدامه بشكل آمن في صناعات عديدة مثل صناعة الاسمنت والخزف.

2 -3 مقارنة بين تركيز العناصر الأساسية في مياه الدباغة قبل المعالجة وبعدها

جرى دراسة تركيز العناصر الأساسية في مياه الصرف الحقيقية الناتجة عن الدباغة قبل معالجتها بالبيلون وبعدها وذلك لمعرفة التغيرات التي طرأت عليها نتيجة المعالجة من جهة ولبيان إمكانية الاستفادة من المياه المعالجة في عمليات التصنيع لبعض مراحل صناعة الدباغة وإعادة تدويرها من جهة أخرى.

يبين الجدول رقم (10) تركيز العناصر الأساسية في مياه الدباغة قبل معالجتها بالبيلون وبعدها.

الجدول رقم (10): تركيز العناصر الأساسية في مياه الدباغة قبل معالجتها بالبيلون وبعدها.

نوع الماء	العنصر (غ ل$^{-1}$)					
	Na	Ca	Fe	K	Mg	Cr
مياه الدباغة (قبل المعالجة)	19.8±0.3	1.00±0.03	0.1±0.0	0.50±0.2	0.10±0.01	8.1±0.4
مياه الدباغة (بعد المعالجة)	0.57±0.02	0.05±0.02	<0.05	<0.02	0.13±0.04	<0.2

يلاحظ من الجدول أعلاه انخفاض كبير في تركيز أيون الكروم وهذا يدل على فعالية إزالة الكروم من مياه الصرف الناتجة عن دباغة الجلود.ومن ثمَّ نجد إمكانية تدوير هذه المياه المعالجة في المراحل الأولى من عملية تصنيع الجلود.

3 - دراسة تكاليف محطة لمعالجة /1/ م3 من مياه الدباغة باستخدام البيلون الحلبي:

بعد الانتهاء من التجارب العملية على محطة المعالجة التجريبية وذلك لمعالجة 20 لتراً من المياه الناتجة عن براميل الدباغة من أحد معامل صناعة الجلود بمدينة دمشق ، درست تكاليف الإنشاء المتوقعة لمحطة معالجة /1/ م3 من مياه الدباغة باستخدام البيلون الحلبي وذلك باستخدام التصميم المنفذ للمحطة التجريبية التي أجريت عليها التجارب السابقة في مخبر البيئة باعتبار أنه يتم تركيبها في المعمل بعد عملية دبغ الجلود (أي بعد براميل الدباغة) مع توضيح ما يأتي:

1. قدرت قيمة أعمال الهندسية المدنية من الخزانات والأحواض وتركيبها والجسور المعدنية والأنابيب اللازمة للتوصيل بين الخزانات والسكورة وفلاتر....وفقاً لأسعار السوق المحلية.
2. قدرت قيمة الأعمال الكهربائية والميكانيكية من مضخات وخلاطات وأسلاك ولوحة كهربائية والتوصيلات اللازمة ....وفقاً لأسعار السوق المحلية.
3. قدرت تكاليف النقل من نقل البيلون من حلب إلى دمشق ومن ثم ترحيل النفاية وفقاً للأسعار الرائجة في قطاع النقل مع العلم بأن سعر النقل ينخفض كلما زادت الكمية المنقولة.
4. وكذلك الأمر بالنسبة إلى المواد المطلوبة للمعالجة من بيلون وماء اكسجيني وكرومات وكلفة الطاقة الكهربائية.. فقد يم تقديرها وفقاً لأسعار السوق المحلية.
5. أما بالنسبة إلى تكاليف الصيانة وأجور النقل والتحميل وأجور اليد العاملة فقد قدرت بشكل مشابه لأعمال لها طبيعة العمل نفسها.

أولاً : تكاليف الإنشاء المتوقعة:

- أعمال هندسية مدنية 200000
- أعمال هندسة كهرباء وميكانيك 100000

- آليات نقل 50000
- تكاليف الإنشاء الكلية 350000

ثانياً : نفقات التشغيل:

يبين الجدول رقم (11) النفقات التشغيلية لمحطة معالجة 1 م^3 من مياه الدباغة باستخدام البيلون الحلبي.وتبين الأشكال رقم (10) -(11)- (12) النفقات التشغيلية لمحطة معالجة متر مكعب من مياه الدباغة والمبالغ المستردة من معالجة متر مكعب من مياه الدباغة ومقارنة بين التكلفة التشغيلية والوفر لمعالجة متر مكعب من مياه الدباغة

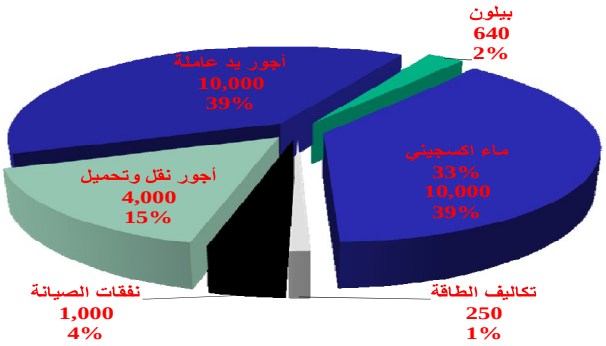
الجدول رقم (11) حساب نفقات التشغيل لمحطة معالجة سعة/1/ م^3 من مياه الدباغة

المواد اللازمة لمعالجة م3من مياه الدباغة	الكمية	الوحدة	السعر الإفرادي (ل.س)	السعر الإجمالى (ل.س)
بيلون	80	كغ*	8	640
ماء أكسجيني 33%	100	لتر**	100	10,000
المجموع				10,640
تكاليف إضافية				
تكاليف الطاقة	50	كيلواط ساعي	5	250
نفقات الصيانة	مقطوع	مقطوع		1,000
أجور نقل وتحميل	مقطوع	مقطوع		4,000
أجور يد عاملة	1	عامل	10,000	10,000
المجموع				15,250
المجموع الكلي				25,890
المواد المسترجعة				
مياه معالجة	1	متر مكعب	30	30
كرومات	200	4.35 لترا (تركيز g/L)	150	30,000
ترحيل بيلون للمعامل	80	كغ	2	160
المجموع				30,190
الربح				4,300

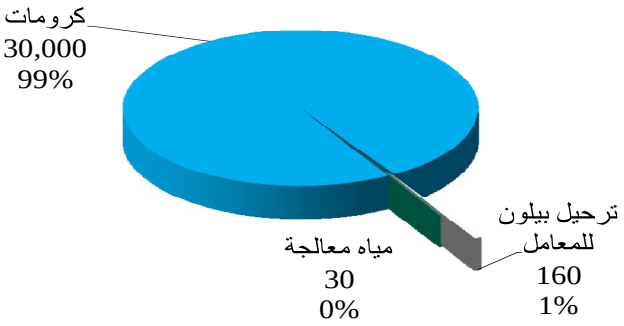
* نحتاج إلى بيلون 80g/L عندما يكون تركيز الكروم 8g/L ومن ثمَّ فإنه لمعالجة 1m^3 من مياه الدباغة نحتاج إلى 80Kg بيلون.

** نحتاج إلى 2 لتر من الماء الأكسجيني لـــ 20 لتر ماء، ومن ثمَّ نحتاج إلى 100 لتر ماء أكسجيني لاسترداد الكروم من 1m^3 من مياه الدباغة.

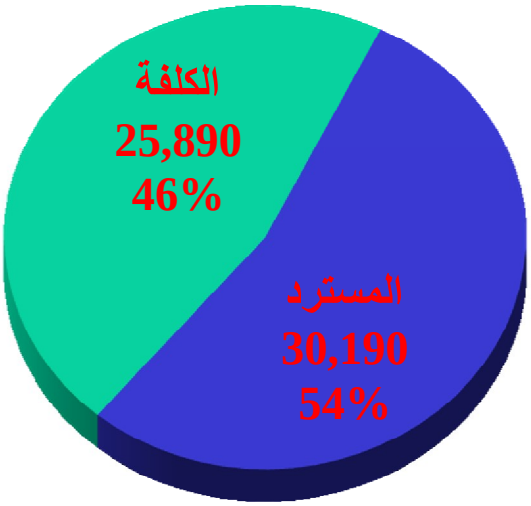
*** ينتج لدينا 87 g كرومات من 20 لتر ، ومن ثمَّ يكون لدينا كرومات بتركيز 4.35g/L من 1m^3 من مياه الدباغة.



الشكل رقم (10): النفقات التشغيلية لمحطة معالجة متر مكعب من مياه الدباغة



الشكل رقم (11): المبالغ المستردة من معالجة متر مكعب من مياه الدباغة



الشكل رقم (12): مقارنة بين التكلفة التشغيلية والوفر لمعالجة متر مكعب من مياه الدباغة

نلاحظ من الجدول رقم (11) والأشكال رقم (10) ورقم (11)، ورقم (12) أعلاه ما يأتي:

1- كان أكبر جزء من التكاليف يتمثل في قطاعين أساسيين هما تكلفة الماء الأكسجيني وأجور اليد العاملة التي مثلت مجتمعة 78% من الكلفة الإجمالية.

2- شكّل سعر البيلون أصغر نسبة من التكلفة (2%) من الكلفة الإجمالية.

3- كانت عائدات استرداد الكروم من عملية المعالجة (على شكل كرومات) عالية جداً مقارنة بالتكلفة التشغيلية إذ غطتها، بل عادت على المحطة بربح يقدر بنحو (16%) من الكلفة التشغيلية.

مما سبق نستنتج أن المبالغ المصروفة في الكلفة التشغيلية للمحطة يتم استردادها بعد معالجة الكمية ست مرات، وعندها تعد المحطة مصدر دخل لمنشأة معمل الدباغة يمكن استغلاله في تطوير المحطة على سبيل المثال.

إن محطة المعالجة لإزالة الكروم من مياه الدباغة باستخدام البيلون الحلبي واسترداده منه لها جدوى اقتصادية فضلاً عن حماية البيئة وهي تعد حلاً صديقاً للبيئة حيث تستخدم تقنيات نظيفة.

4 - الاستنتاجات والتوصيات

4 -1 الاستنتاجات

1) إمكانية استخدام البيلون الحلبي في إزالة الكروم من مياه الدباغة وبكفاءة عالية.

2) يمكن الاستفادة من مياه الدباغة المعالجة بالبيلون في بعض مراحل صناعة الدباغة (تدويرها).

3) يمكن استخدام البيلون عدة مرات لإزالة الكروم من مياه الدباغة حيث بلغت نسبة الإزالة نحو 18% في المرة الثامنة للاستخدام.

4) إن عملية خلط البيلون بمياه الدباغة شرط أساسي لتحقيق عملية إزالة الكروم.

5) إن تخفيض مدة المكث من 6 إلى 3 ساعات يؤدي إلى خفض نسبة الإزالة بمعدل 4% فقط.

6) تتأثر كفاءة الإزالة تأثراً سلبياً عند زيادة سرعة الخلط عن طريق ضخ الهواء.

7) تنخفض كفاءة الإزالة بنسبة 6%فقط عند تدوير 50% من البيلون المستخدم ، مما يؤدي إلى خفض الكمية اللازمة للمعالجة.

8) بلغت سعة الامتزاز العظمى 425 ملغ كروم/غ بيلون

9) تشكل أجور اليد العاملة ، والنقل ، وثمن الماء الأكسجيني النسبة الكبرى من تكاليف التشغيل، في حين تشكل الكرومات أعلى نسبة من القيمة المستردة.

10) تزيد القيمة المستردة عن كلفة التشغيل بنسبة 8% مما يؤدي إلى وفر مالي للمحطة.

4-2 التوصيات

1) استخدام البيلون الحلبي لإزالة الكروم من مياه الصرف الناتجة عن صناعة دباغة الجلود لتوفره وقلة تكاليفه وكونه صديقاً للبيئة.

2) دراسة إمكانية تدوير الكرومات للاستفادة منها في مجال صناعة دباغة الجلود.

3) إجراء دراسات تجريبية لمعالجة أنواع أخرى من مياه الصرف الصناعي في سورية باستخدام البيلون الحلبي.

المراجع

[1] Zayed, A. M.; Terry, N., 2003, **Chromium in Environment: Factors Affecting Biological Remediation**, Plant and Soil, 249, 139-156.

[2] Esmaeili, A.; Mesdaghi-nia, A.; Vazirinejad, R., 2005, **Chromium (III) Removal and Recovery from Tannery Wastewater by Precipitation Process**, American Journal of Applied Sciences, 2, 10, 1471-1473.

[3] Hafez, A. I.; El-Manharawy, M. S.; Khedr, M. A., 2002, **RO Membrane Removal of Unreacted Chromium from Spent Tanning Effluent,** A pilotscale study, part 2. Desalination, 14, 237-242.

[4] Chaudry, A.; Ahmad, M. S.; Malik, M. T., 1998, **Supported Liquid Membrane Technique Applicability for Removal of Chromium from Tannery Wastes,** Waste Manag., 17, 211-218.

[5] Garg, U. K.; Sud, D., 2005, **Optimization of Process Parameters for Removal of Cr (VI) from Aqueous Solutions Using Modified Sugarcane Bagasse**, Electron. J. Environ. Agric. Food Chem., 4, 6, 1150-1160.

[6] Muthuraman, G,; Tow, T. T.; Peng, L. Ch.; Ismail, N., 2008**, Removal of Hexavalent Chromium from Plating Wastewater by Bulk Liquid Membrane**, International Conference on Environmental Research and Technology (ICERT 2008).

[7] Luo, H.; Yao, H., 1993, **Ion Exchange Separation of Chromium (III) and Chromium (VI) Study of Elution System of Ascorbic Acid and Sulphuric Acid,** Henliang Fenxi Many, 9, 1-2, 99-103.

[8] Oktavea, D.; Lehotay, J.; Hornackaja, E., 1995, **Determination of Chromium (III) and Chromium (VI) in under Ground Water and Wastewater by Flame and Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry**, At. Spectrosc., 16, 92-96.

[9] De, G. J.; Jong, U. A.; Brinkman, Th., 1998, **Determination of Chromium (III) and Chromium (VI) in Sea Water by Atomic Absorption Spectrometry**, Anal. Chem. Acta, 98, 243-250.

[10] Rao, V. M.; Shastri, M. N., 1980, **Solvent Extraction of Chromium: A Review**, Talanta, 27, 771-777.

[11] Boughriet, A.; Dearn ,L.; Wartel, M., 1994, **Determination of Dissolved Chromium (III) and Chromium (VI) in Sea Water by Electrothermal Atomic Absorption Spectrometry**, J. Anal. At. Spectrom, 9, 1135-1142.

[12] Fabiani, C.; Ruscio, F.; Spadoni M.; Pizzichini, M., 1997, **Chromium (III) Salts Recovery Process from Tannery Wastewaters**, Desalination., 10, 183-191.

[13] Srinivasan, K.; Balasubramanian, N.; Ramakrishna, T. V., 1988, Studies on Chromium Removal by Rice Husk Carbon, Indian J. Environ. Health, 30, 376–387.

[14] Pino, G. H.; de Mesquita, L. M. S.; Torem, M. L.; Pinto, G. A. S., 2004, **Biosorption of Heavy Metals by Powder of Coconut Shell,** 4, Mercosur Congress on Process Systems Engineering, 1-11.

[15] Samanta, A. K.; Basu, J.K.; Kundu, G., 2000, **Removal of Hexavalent Chromium from Aqueous Solution by Using low Cost Adsorbent**, Indian J. Environ. Prot, 20, 754–760.

[16] Farooqui, M.; Kothakar, S., 2001, **Adsorption of Cr(VI) on Agricultural Byproducts**, Asian J. Chem., 13, 1655–1657.

[17] Aoyama, M.; Kishino, M.; Jo, T. S., 2004, **Biosorption of Cr(VI) on Japanese Cedar Bark,** Sep. Sci. Technol., 39, 1149–1162.

[18] Ahmad, R.; Rao, R. A.K.; Masood, M. M., 2005, **Removal and Recovery of Cr(VI) from Synthetic and Industrial Wastewater using Bark of *Pinus roxburghii* as an Adsorbent**, Water Qual. Res. J. Canada, 40, 4, 462–468.

[19] حسون، م.ن، 2007 **دراسة البنية المسامية لعينات من الغضار في العربية السعودية**، مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية _ سلسلة العلوم الأساسية المجلد (29) العدد (1).

[20]شيخ إسماعيل زاده، م. ن.، 2004، **استعمال البيلون الحلبي في معالجة مياه الجفت الناتجة عن معاصر الزيتون**، رسالة دكتوراه، قسم الكيمياء، كلية العلوم، جامعة حلب.

[21]كاخيا، ح. ج. 2007 **معالجة بعض الغضاريات السورية كيميائياً ودراسة إمكانية استعمالها في عمليات معالجة المياه**، قسم الكيمياء، كلية العلوم، جامعة حلب.

[22]أمين، يسر، 2009، **إزالة تلوث المياه ببعض المبيدات باستخدام البيلونة** رسالة ماجستير قسم الكيمياء، كلية العلوم جامعة دمشق.

تاريخ ورود البحث إلى مجلة جامعة دمشق 2010/4/20.