

## استثمار المجال المغناطيسي في تخفيض معدل التآكل و استخلاص خامات الحديد من فولاذ CK45

م. محمد عبد اللطيف أحمد

هندسة الإنتاج والمعادن / الجامعة التكنولوجية / بغداد / العراق

metal\_metal48@yahoo.com

(الاستلام:-2017/4/4 ، القبول:-2017/11/6)

### الخلاصة

معرفة تأثير موقع المجال المغناطيسي الناتج من مغناطيس دائم (لوح مغناطيس) على معدل تآكل فولاذ كاربوني نوع (DIN CK45) واستثمار هذا التأثير في تخفيض معدل التآكل كعامل مثبت للتآكل ؛ حيث ينتج أعلى فقدان للوزن بسبب التآكل عندما لوح المغناطيس الدائم يكون مجاور لـحجرة اختبار التآكل (0.0185gr.) ؛ وأقل فقدان للوزن بسبب التآكل عندما يكون لوح المغناطيس ملامس للفولاذ المتآكل و بقيمة (0.0062gr.) وبمقدار (0.0098gr.) عندما يكون تآكل الفولاذ بدون تأثير للمجال المغناطيسي وكانت مدة الاختبار ثمانية أشهر متتالية . ويستثمر المجال المغناطيسي أيضا" في الترسيب الكهروكيميائي وذلك بترسيب مركب كلوريد الحديدك ( $FeCl_3$ ) ومن ثم تحويله الى مسحوق المغنتايت ( $Fe_3O_4$ ) وقليل من الهيماتايت ( $Fe_2O_3$ ) بتسخين كلوريد الحديدك بالفرن، كما بينه اختبار حيود الأشعة السينية X-RD للمسحوق الناتج ، ومن ثم إيجاد الحجم الحبيبي لمسحوق المغنتايت والهيماتايت الناتجين وبمقدار (0.252-158.866 $\mu$ m).

**الكلمات الدالة :** المغنتايت ،الهيماتايت ، المجال المغناطيسي ،التآكل، المثبط ، الأستخلاص، خامات الحديد ، الترسيب الكهرو كيميائي .

### 1. المقدمة

إن للمجال المغناطيسي تأثير على السبائك الحديدية من حيث التمعظ وقابلية الجذب المغناطيسي وكذلك تحويل السبائك الحديدية الى قطعة مغناطيسية في حالة وجود فيض مغناطيسي أو مغناطيس مجاور أو ملامس لتلك السبائك الحديدية(1)(2)(3)(4). أما التآكل فهو الضرر أو العيب الكيميائي أو الكهروكيميائي والذي يصيب سطوح المعادن وسبائكها أو بمعنى آخر هو التلف أو الأندثار لسطوح المعادن بسبب التأثير الكيميائي أو الكهروكيميائي أي رجوع المعدن الى خاماته ما قبل الأستخلاص (5-9) . والأستخلاص هي عدة عمليات هندسية مختلفة ومتتابعة ميكانيكية وكيميائية أو كهروكيميائية للحصول على المعدن النقي من خاماته(10-13). والتآكل الذي يصيب سطوح السبائك الحديدية يسمى بالصدأ (Rust)، والصدأ هو ناتج تآكل فولاذ تعرض الى وسط يحتوي على ماء أو بخار ماء و أوكسجين أضافة" الى عوامل مساعدة أخرى كسوء التصميم و العوامل المؤكسدة والجهود الخارجية ودرجة الحرارة والضغط والتهوية وتركيز المحلول و زمن التعرض وعوامل مساعدة أخرى، وخير مثال على ذلك الصدأ الذي يحصل لهياكل السيارات وخصوصا" عند تعرضها لمحلول كلوريد الصوديوم (NaCl) والمعروف بمصطلحه الكيميائي العلمي (بماء البحر Sea water) وذلك عندما يكون المحلول الملحي بنسبة وزنية (3.5%wt NaCl) ومن المهم أن لا ننسى بأن أيون الصوديوم في ماء البحر

لا يشترك في التفاعل المصعدي ولا في التفاعل المهبطي ويقتصر تأثيره فقط على زيادة قابلية التوصيل الكهروكيميائي للمحلول (14)(13)(7)(1).

والصداً يمر بعدة مراحل لحين وصوله الى المركب النهائي المستقر والذي يسمى بأوكسيد الحديد المغناطيسي (Magnetic Iron Oxide) ورمزه الكيميائي ( $Fe_3O_4$ ) و تصل نسبة الحديد في الأوكسيد النقي الى (82.4%) ويسمى بالمغنتايت (Magnetite) ويعتبر من أغنى خامات الحديد وشديد التماسك ولونه أسود أو رمادي غامق (15)(12) ، ويستخدم في المجالات الطبية مثل معالجة الحالات السرطانية وخصوصاً عندما يكون على شكل دقائق نانوية القياس أو الحجم (16)(11).

وبما إن التآكل في الفولاذ هو تفاعل كهروكيميائي ينتج عنه نواتج وعلى شكل مركبات كيميائية وبهيئة رواسب مثل المغنتايت (أوكسيد الحديد المغناطيسي  $Fe_3O_4$ ) وتكون ملتصقة بشكل ضعيف في أغلب الحالات ( حسب السبيكة الفولاذية و نوع الوسط الأكال وتركيزه أو مقدار حامضه وحركته وتأثير درجة الحرارة والضغط وزمن التعرض للوسط الأكال وغيرها من المؤثرات الأخرى )، وبهذا فإن رواسب التآكل هي رواسب كهروكيميائية والتي من الممكن استثمارها بأستخلاص معدن الحديد النقي منها (18)(17)(9)(8). حيث من الممكن أستخدام الخردة أو السكراب والتي تعتبر المصدر الثانوي والخزين الأحتياطي المهم لأنتاج المعادن النقية وخصوصاً بعد معالجتها كيميائياً (الهضم أو التحلل الكيميائي أوالتآكل) ، وهناك نوعين من الخردة ؛ الخردة الجديدة وتطلق على النواتج المرفوضة أثناء عمليات الأنتاج مثل المسبوكات المعيوبة ومغذيات المصبوبات وبرادة أو رايش عمليات الخراطة والتنقيب وكذلك المعادن الخارجة مع الخبث أثناء عملية التنقية والصر ، أما الخردة القديمة فهي الخردة الناتجة من المواد القديمة التي أصبح أستعمالها غير نافع أو مجدي مثل العجلات وعربات السكك الحديدية والأسلاك والأبواب والشبابيك والسيارات الخردة وأجزاء المكنات المستهلكة وغيرها (19)(12).

والفصل المغناطيسي يعتبر من أقدم الطرق المستخدمة لتركيز خامات الحديد ولا تزال تستخدم بكفاءة عالية لحد الآن، والفصل المغناطيسي عبارة عن عملية تفريق فيزيائية تعتمد على الخاصية المغناطيسية وتستخدم الفواصل المغناطيسية في إزالة المركبات الحديدية من الغذاء الداخل الى معدات التكسير وفي تركيز بعض خامات الحديد كالمغنتايت ، وبصورة عامة تصنف المواد من حيث خواصها المغناطيسية الى ثلاثة مجاميع ؛ الدايا مغناطيسية والتي لا يمكن جذبها بالمغناطيس مثل الكوارتز، والبارا مغناطيسية والتي يمكن فصلها مغناطيسياً بصعوبة أي ضعيفة المغناطيسية مثل الهيماتايت والليمونايت وأما الفيرو مغناطيسية وهي المواد ذات الخاصية المغناطيسية العالية والتي يمكن ان تتجذب بسهولة نحو المغناطيس كالمغنتايت وبدون صعوبة ، وهذه المواد تمتاز بأحتفاظها بالمغناطيسية بعد زوال تأثير المجال المغناطيسي عنها (20)(12)(11). والمغناطيس هي مادة هندسية لها القابلية على جذب المعادن الحديدية أو السبائك الحديدية وخصوصاً المغناطيسية أو القابلة للتمغنط و تقاس شدة المغناطيس بوحدة تسمى بالـ (Tesla) أو (Gauss)، والمغناطيس يستخدم في مجالات هندسية مختلفة مثل مولدات الطاقة أو القدرة والمحركات الكهربائية ومكبرات الصوت والمراوح ومضخات المياه والفصل المغناطيسي في الأستخلاص وقد ينتج المجال المغناطيسي أو الفيض المغناطيسي من الحث أو التيارات الكهربائية المارة في الأسلاك الكهربائية وفي المولدات الكهربائية الضخمة وكذلك القابولات الكهربائية المغذية أضافة" للقضبان المغناطيسية الممغنطة أصلاً" (12)(4)(3).

وبما إن للمجال المغناطيسي تأثير على السبائك الحديدية ونواتج تآكلها فلا بد من دراسة تأثير المجال المغناطيسي على تآكل الفولاذ، ففي بعض الدراسات وجد بأن المجال المغناطيسي يؤثر بشكل كبير على معدل التآكل و وجود المجال المغناطيسي بالقرب أو مجاور للمعدن المتآكل فإنه سيرفع من شدة التآكل ويكون محفز جيد له (21) ، ولأن معظم نواتج تآكل الفولاذ قابلة للجذب المغناطيسي في أغلب الأحيان وبهذا سيكون هنالك ترابط وتداخل بين تآكل الفولاذ وأستخلاص

خامات الحديد من نواتج التآكل وهذا ما توصل له بعض الباحثين في دراساتهم (17)(15)(14)(11)(10)، إضافة" الى إن المجال المغناطيسي يعمل كعامل مثبت للتآكل في بعض الحالات عندما يكون الفولاذ ملامس بشكل مباشر للمواد أو الأقطاب المغناطيسية(أي يصبح كجزء من المغناطيس أو جاذب للمواد القابلة للتمغنط) وهذا ما بينته البحوث(19-22).

**ويهدف البحث** على دراسة تأثير موقع المجال المغناطيسي من الفولاذ المتآكل بحيث يرفع ويخفض من معدل التآكل ضمن فترة زمنية محددة ، ودراسة استثمار هذا التأثير في عملية استخلاص خامات الحديد من نواتج تآكل الفولاذ (CK45) .

## 2. الجانب العملي

### 2.1. تحضير العينات

أ. **التقطيع** : يقطع الفولاذ المراد أخنباره على شكل قضبان مربعة المقطع وبأبعاد (10x1x1 cm) شكل (1). وبأستخدام جهاز قطع (CUTO 20) ( JEAN WIRTZ المنشأ المانيا )، وكانت عملية التقطيع بوجود سائل تبريد حتى لا يحدث تغير بالخواص الميكانيكية ولا أجهادات للمعدن بسبب ارتفاع درجة الحرارة أثناء عملية التقطيع .

ب. **التنعيم والصلق** : تنعم العينات المقطعة بأستخدام ورق تنعيم من كربيد السليكون (SiC) وبعدها تدريجات وهي (240,320,500,1000,and1500  $\mu\text{m}$ ) على التوالي وصولاً الى درجة النعومة السطحية المطلوبة. وبعد غسل العينات وتنظيفها بالماء والكحول تصقل العينات بمادة الألومينا ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) ذات حجم حبيبي (0.3 $\mu\text{m}$ ) ثم غسل العينات مرة أخرى بالماء وتجفيفها بمنديل ورقي ومجفف عينات كهربائي .

ج. **الأظهار** : أستخدام محلول النايكل ( HNO35%+ Alco. 95% ) للأظهار وذلك بمسح العينات بمحلول النايكل لمدة 15sec. وغسل العينة بالماء بعدها بالكحول و من ثم تجفيفها لغرض فحص تركيبها المجهرى.

2.2. **التحليل الكيميائي**: تم التحليل الكيميائي للمعدن المستخدم في الشركة العامة للمعدات الهندسية الثقيلة والتابعة لوزارة النفط وبأستخدام جهاز المطياف الموجي ( SPECTROMETER ) ( PMI MASTER ) شركة (WAZ) الألمانية، و على أساس هذا التحليل والمبين في الجدول (1) يكون تصنيف الفولاذ هو (DIN CK45) .

2.3. **الفحص المجهرى**: تجرى عمليات الفحص المجهرى لعينات اختبار التآكل قبل وبعد حالات التآكل الثلاثة (التي ستذكر لاحقاً) وبأستخدام المجهر الضوئي لمعرفة التركيب المجهرى أو البنية المجهرية للسبيكة الأصلية قبل التآكل ومن ثم دراسة تأثير حالات التآكل على البنية المجهرية لتلك السبيكة ، والمجهر الضوئي المستخدم من نوع METGT TECH (ML 8000 SERIES JAPAN 3003) المربوط بالحاسوب.

2.4. **المحلول الأكال (وسط التآكل)**: إن وسط التآكل المستخدم هو محلول كلوريد الصوديوم (3.5%NaCl) والذي يعتبر وسط تآكل ملحي يحوي على الهالوجين ( $\text{Cl}^-$ ) و أستناداً للمعيار القياسي العالمي الأمريكى (ASTM) يسمى بماء البحر (Sea water) وهي تسمية علمية وكيميائية كما ورد في العديد من البحوث والكتب المتخصصة بعلم هندسة التآكل وحماية السطوح (1)(7)(8)(9) ، وماء البحر له أس هيدروجيني أو مقدار حامضية (pH=8.4) .

2.5. **فحص شدة الفيض المغناطيسي**: تقاس شدة الفيض المغناطيسي أو المجال المغناطيسي بالتسلا (Tesla) وأجزائها أو بالغاوس (Gauss) و أجزاءها وعليه فقد تم قياس الفيض المغناطيسي للمغناطيس الدائمي المستخدم ( لوح المغناطيس المستخدم) في هذا البحث بالجهاز الموضح في الشكل (2a) نوع

(Electromagnetic field meter) Type {EXTECH INSTRUMENTS – EMF/ELF Meter} Germany model 412 EX

حيث يتم وضع المغناطيس الدائمي بالقرب من مجس أو حساس الجهاز لتحسس و معرفة شدة الفيض أو المجال المغناطيسي الناتج من ذلك المغناطيس وبعد أن تم ضبط الجهاز على وحدة قياس التسلا وأجزائها بدلاً من الغاوس

وأجزائها كما موضح في الشكل (2b) ، وأخذت أكثر من ثلاثة قراءات للتأكد من نتيجة شدة الفيض المغناطيسي الناتج من لوح المغناطيس الدائمي، وهنا استخدمت ثلاثة ألواح مغناطيسية متساوية الشدة تقريبا" وبمقدار (10.4μTesla).

**2.6. اختبارات التآكل :** أجريت اختبارات التآكل في حجرات زجاجية حجم الواحدة منها يستوعب 150مللتر من الوسط الأكال وفي داخلها القطعة الفولاذية المراد اختبارها، وتغلق الحجرة من الأعلى بغطاء بلاستيكي لكي لا يحدث تبخر للوسط الأكال ويتغير تركيزه بمرور الزمن علما" إن حجرات الاختبار تحوي على فتحة تصريف مسيطر عليها بصنوبر كما موضح في الشكل (3) ، والتآكل تم بثلاثة حالات ، الحالة الأولى كما في الشكل (3-a) عندما تكون العينة الفولاذية مغمورة في الوسط الأكال من أحد أطرافها بشكل عامودي وملامسة للوح المغناطيس الدائمي من طرفها الثاني البعيد العلوي الغير مغمور بالوسط الأكال من خلال ثقب موجود في الغطاء البلاستيكي لحجرة الاختبار (التلامس مع لوح المغناطيس 3-a ) ، أما الحالة الثانية والمبينة بالشكل (3-b) فتكون العينة الفولاذية مغمورة أيضا" في الوسط الأكال من أحد أطرافها بشكل عامودي ومجاورة للفيض المغناطيسي الخارجي المنبعث من لوح المغناطيس الدائمي المجاور لحجرة الاختبار ( العينة مجاورة للوح المغناطيس ولا تلامسه 3-b ) وتكون الحجرة مغلقة بغطاء بلاستيكي أيضا" ، أما الحالة الثالثة فموضحة بالشكل (3-c) حيث العينة تتآكل بشكل حر دون أي تأثير مغناطيسي ؛ أي تكون العينة في حجرة الاختبار المملوءة بالوسط الأكال فقط وهي مغلقة أيضا" (التآكل بدون تأثير مغناطيسي 3-c) . وكانت مدة الاختبار الكلية لكل حالة من حالات التآكل الثلاثة هي ثمانية أشهر متتالية ، أما الشكل(4) فيوضح المفردات الواجب توفرها لأجراء اختبارات التآكل .

**2.7. أيجاد معدل التآكل بطريقة فرق الوزن:** وطبقت طريقة فرق الوزن التقليدية لحساب معدلات التآكل لحالات التآكل الثلاثة المذكورة بعد قياس الأوزان المفقودة باستخدام ميزان حساس نوع (DENVERINSTRUMENT) بدقة (0.0001gm) ، حيث تم أخذ الأوزان الابتدائية للعينات المراد اختبارها ومن ثم قياس أوزانها بعد كل شهر من أشهر الاختبار الثمانية لحالات التآكل الثلاثة (a,b&c) المذكورة ؛ كون تآكل الفولاذ (DIN CK45) في مثل هذه الظروف الأكال لا يكون ملحوظ بطريقة فرق الوزن خلال فترة زمنية قصيرة ؛ وعليه فقد تم المقارنة بين الأوزان الابتدائية والأوزان مابعد التآكل لكل شهر ولمدة ثمانية أشهر متتالية لكل حالة من حالات التآكل الثلاثة .

**2.8. جمع نواتج التآكل وتحليله:** وتتم بعدة خطوات للحصول على أكسيد الحديد المغناطيسي (المغنتايت) وذلك باستغلال الحالة الثانية(3b) من اختبارات التآكل كونها أشد حالة من بين حالات التآكل الثلاثة المذكورة فهي أفضل حالة للحصول على المغنتايت وكالاتي:

أ. **التفريغ :** وهو التخلص من الوسط الأكال من الصنوبر أو وصلة التفريغ الموجودة أسفل حجرة اختبار التآكل كما في الشكل(3b) قبل إزالة اللوح المغناطيسي وبعد فترة ثمانية أشهر .

ب. **التبخير:** توضع حجرة الاختبار كخطوة ثانية في فرن تجفيف العينات بعد أبعاد لوح المغناطيس عنها وتكون درجة حرارة الفرن لا تتجاوز  $150^{\circ}C$  ولمدة نصف ساعة للتمكن من الحصول على الجفاف التام لنواتج التآكل الصلد والهش والملتصق على جدار حجرة التآكل .

ج. **القشط :** قشط ناتج التآكل الصلد والهش والذي يكون بلون أسود أو رمادي غامق ، والقشط يتم باستخدام شفرة فولاذية وبدقة لتجنب ضياع أوهدر للمسحوق الناتج بواسطة التناثر، لأن المسحوق الناتج يكون دقيق جدا" ويلتصق بشفرة القشط لأنه مغناطيسيا".

هـ . **الجمع المغناطيسي :** تم جمع مسحوق أكسيد الحديد المغناطيسي أو المغنتايت باستخدام لوح المغناطيس أعلاه والمعلوم الشدة بأدخال أحد أقطابه داخل حجرة اختبار التآكل التي تم قشط نواتج التآكل المتواجدة فيها وكذلك تنظيف الشفرة

من المسحوق الملصق بها ، وبعدها نقوم بفصل المسحوق المغناطيسي الملصق بقطب المغناطيس بواسطة قطعة زجاجية لتجنب حالة الجذب المغناطيسي وذلك بقشطها فوق جفنة زجاجية للجمع النهائي .

و. **أختبار حيود الأشعة السينية (X-RD) :** لمعرفة المركب الكيميائي الناتج من تآكل الفولاذ الكاربوني (DIN CK45) في محلول (3.5%NaCl) وبعد مرور ثمانية شهور متتالية من الغمر في هذا الوسط الأكال تم استخدام جهاز حيود الأشعة السينية (X-RD) في مركز النانوتكنولوجي في الجامعة التكنولوجية.

ز. **الحجم الحبيبي للمسحوق الناتج :** تم فحص الحجم الحبيبي باستخدام جهاز قياس الحجم الحبيبي للمساحيق البريطاني المنشأ (Malvern Instruments Ltd. (MASTERSIZER 2000 Ver. 5.60) (Malvern, UK) .

ح. **الصورة المجهرية للمسحوق :** توضع مسحة من المسحوق فوق شريحة زجاجية و يوضع الزيت فوق شريحة أخرى بمجرد مسح أحد أسطحها ومن ثم نقوم بأطباق الشريحتين مع بعضهما بحيث يتلامس السطح الحاوي على مسحوق نواتج التآكل لأحد الشريحتين وينطبق مع السطح الحاوي على مسحة الزيت لتسهيل عملية التصوير بأزالة التكتل الحاصل بين الحبيبات ، وهذه العملية تتكرر مع أربعة نماذج مختلفة من المسحوق للتأكد من دقة المعلومات المستحصلة، والمجهر المستخدم هنا هو نفس المجهر الضوئي المستخدم سابقا " في التصوير المجهرية للعينات الفولاذية.

### 3. النتائج والمناقشة

من المعروف بأن الفولاذ (DIN CK45) هو فولاذ متوسط الكاربون وليس مقاوم للصدأ ولهذا سوف يتآكل ويصدأ مكوناً نواتج التآكل المغناطيسية مروراً "بأيون الحديدوز (هيدروكسيد الحديدوز) (الصدأ) الضعيف والقلق وصولاً الى أوكسيد الحديدك المغناطيسي المتماسك وهي طبقة ملتصقة شبه واقية ومسامية ونحيفة على سطح المعدن ومكوناً فيما بعد مركبات مستقرة مثل المغنتايت ( $Fe_3O_4$ ) عند توفر نسبة كافية من الأوكسجين والماء. ويتوفر نسبة كافية من أيونات الكلور السالبة الشحنة ( $Cl^-$ ) نحصل على كلوريد الحديدك ( $FeCl_3$ ) والذي يعتبر مركب كيميائي محفز للتآكل وهو مغناطيسي (11)(12)(14)، فالعينة المتآكلة وهي ملامسة للمغناطيس الدائمي (3-a) (التلامس مع لوح المغناطيس) يكون مقدار فرق وزنها بسبب التآكل هو ( $\Delta W1 = 0.0003 \text{ gr.}$ ) وبمعدل تآكل مقداره ( $C.R.1 = 89.29 \text{ gmd}$ ) لأن العينة الفولاذية تصبح جزء من لوح المغناطيس وتكون نواتج التآكل المغناطيسية منجذبة بشكل شديد على سطح العينة الفولاذية المتآكلة الملامسة للوح المغناطيس وهذا يتفق مع ما مبين في البحث (19-21)، أما في حالة التآكل الثانية (3-b) أي بوجود مجال مغناطيسي مجاور فإنه سيولد تأثير واضح على التآكل ويكون فرق الوزن بسبب هذا النوع من التآكل بمقدار

( $\Delta W2 = 0.0026 \text{ gr.}$ ) ومن ثم معدل التآكل بمقدار ( $C.R.2 = 773.81 \text{ gmd}$ )، لأن نواتج التآكل المغناطيسية تتجذب باستمرار باتجاه لوح المغناطيس بعيداً عن سطح العينة المتآكلة وبشكل كثيف تاركة "سطحاً غير محمياً" من التآكل وملامس بشكل مباشر للمحلول أو الوسط الأكال وهذا مماثل لما بينته البحوث (11-13) (1) ؛ وهذه الحالة تتكرر بشكل مستمر مما تعطي معدلات تآكل عالية ونواتج تآكل متزايدة باستمرار وتصبح عملية التآكل محفزة بوجود الفيض المغناطيسي المجاور إضافة" لوجود كلوريد الحديدوز المحفز للتآكل (14)(17)(18)، وهذا ما يساعد في الترسيب الكهروكيميائي للمغنتايت والذي يعتبر ناتج للتآكل (15-17)، وفي حالة العينة المتآكلة بشكل حر وبدون وجود مجال مغناطيسي (3-c) فكان معدل تأكلها بمقدار ( $\Delta W3 = 0.0013 \text{ gr.}$ ) وبمعدل تآكل مقداره ( $C.R.3 = 386.91 \text{ gmd}$ ) أي أكبر من الحالة الأولى (العينة ملامسة للمغناطيس 3-a) وأقل من الحالة الثانية (العينة متأثرة بالفيض المغناطيسي المجاور 3-b) ؛ وذلك كون العينة الفولاذية المتآكلة بشكل حر لا يوجد أي مجال مغناطيسي مجاور أو ملامس لها فيؤثر على نواتج تآكلها ، ويكون تأكلها تآكلاً "عاماً" ومنظماً" ونواتج التآكل تكون ضعيفة الألتصاق ونحيفة ومسامية وتراكمية وسرعان ما تتهار بعد فترة (7)(10)(18)(22) ، أي إن العينة المتآكلة في المحلول الأكال وهي ملامسة بشكل مباشر للوح

المغناطيس الدائمي ستكون أكثر مقاومة للتآكل أي بأقل معدل تآكل من الحالتين الأخرتين، بسبب تراكم نواتج التآكل المتولدة على سطح العينة الفولاذية وألتصاقها بها مغناطيسيا" مما يجعل العينة محمية كيميائيا" من المحلول أو الوسط الأكال المحيط بها وذلك تتم عملية التثبيط أو التهييط للتآكل بواسطة عزل العينة عن المحلول الأكال وبهذا ستكون شدة التآكل في الحالة الأولى أقل من الحالة الثانية والثالثة والأشكال (10,11,and12) توضح ذلك .

إن الفولاذ الكاربوني(DIN CK45) الذي تم أختراره كان يملك البنية المجهرية البرلايتية (p) المحاطة بالطور الفرايتي (α) شكل (4)، ويتضح من خلال البنية المجهرية للحالة الأولى من التآكل (3-a) بأن سطح العينة يكون متآكل بشكل قليل ولكن بشكل فجوات صغيرة وكثيرة وموزعة بشكل شبه منتظم تقريبا" شكل(5) ؛ وبأقل شدة من الحالة الثانية عندما تكون العينة الفولاذية مجاورة للفيض المغناطيسي الدائمي (3-b) فالتآكل يأخذ شكل فجوات كبيرة وغامقة وغير محددة الأشكال شكل (6)، وتليها في الشدة الحالة الثالثة بدون تأثير أي مجال مغناطيسي على العينة (3-c) وهو التآكل العام أو التآكل المنتظم حيث يعطي سطحا" متآكلا" بشكل منتظم ومتساوي تقريبا" وأشد من الحالة الأولى (3-a) شكل (7) .

أما بالنسبة للحجم الحبيبي لمسحوق نواتج التآكل المستحصل فيتراوح ما بين (0.252 - 158.866µm) وكما مبين في الشكل (13)، والشكل (8) يعطي أربعة نماذج للصور المجهرية لحبيبات مسحوق أكاسيد الحديد الناتجة ذات الأشكال والأحجام المختلفة. ومن خلال حيود الأشعة السينية (X-RD) تم التأكد من أن مسحوق نواتج التآكل مكون من مركب المغنتايت (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) بنسبة عالية جدا" ونسبة قليلة جدا" من الهيماتايت(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) ، وكما يوضحه الشكل (14) لحيود الأشعة السينية للمسحوق .

#### 4. الأستنتاجات

1. يمكن تخفيض معدل التآكل في هذه السبيكة الفولاذية (DIN CK45) عندما تكون ملامسة لعامود المغناطيس الدائمي أي جعلها بمثابة جزء منه.
2. يمكن أستثمار الفيض المغناطيسي في أستخلاص خامات الحديد ؛ عنطريق رفع معدل التآكل بتسليط فيض مغناطيسي مجاور للسبيكة الفولاذية العاملة في محلول أكال، أي تعتبر حالة إيجابية في عمليات الأستخلاص فقط ولكنها سلبية وضارة بالنسبة للمعدات والمنشآت المراد حمايتها من التآكل.
3. يمكن أستثمار المجال المغناطيسي للحصول على خامات الحديد وذلك من خلال أستغلال السكراب بوضع مجال مغناطيسي مجاور لعملية تآكل الفولاذ. حيث تم الحصول على مسحوق من نواتج التآكل مكون من المغنتايت بنسبة عالية ومن الهيماتايت بنسبة أقل وبأحجام حبيبية تتراوح ما بين (0.252 - 158.866µm).
4. معدلات التآكل في الحالات الثلاثة تكون متباينة ، حيث إن معدل التآكل يكون قليل جدا" في الحالة الأولى (3-a) (الفولاذ ملامس للمغناطيس) ومقداره (C.R.1= 89.29 gmd)، ويكون معدل التآكل بأقصى شدة في الحالة الثانية (3-b) (الفولاذ مجاور للفيض المغناطيسي) ومقداره (C.R.2= 773.81 gmd)، والتآكل متوسط الشدة في الحالة الثالثة (3-c) (التآكل العام بدون أي تأثير للمجال مغناطيسي ) وبمقدار (C.R.3= 386.91 gmd) .
5. البنية المجهرية للسبيكة هي برلايتية (p) محاطة بالطور الفرايتي (α) ، وتكون البنية متآكلة بشكل قليل جدا" وشبه منتظم في الحالة الأولى (3-a) ؛ وشديدة التآكل وبشكل موضعي شديد في الحالة الثانية (3-b) وعلى هيئة فجوات كبيرة جدا" وعميقة وغامقة وغير محددة الأشكال، أما الحالة الثالثة (3-c) فتكون هيئة التآكل شديدة بعض الشيء وموزعة بشكل منتظم .

#### References

#### المصادر

1. Soundarya pondichery ,” A study on the effects of a magnetic field on the corrosion behavior of materials”, the university of Texas at Arlington, December (2014).

2. Aliso J.Davenport and others, **“Effect of magnetic fields on corrosion”** ,the University of Birmingham, metallurgy and materials, Edgbaston Birmingham B15 2TT, UK, (2003).
3. Jerry B. Marion and William F. Hornyak , **“Physics for Science and Engineering”**, Part 2 ,University of Maryland ,Saunders Golden Sunburst Series, Saunders College Publishing,(1982).
4. Alan Giambattista ,Betty McGarthy Richardson and Robert C. Richardson, **“College Physics”**, Second Edition ,Cornell University ,Mc Graw Hill, Higher Education ,(2007).
5. أخلاص أحمد بشير وغيداء إبراهيم حسين السراج، "تأثير المعاملات الحرارية على مقاومة تآكل صلب متوسط الكربون في مياه عين كبريت"، مجلة تكريت للعلوم الهندسية، المجلد 19 / العدد 3 / أيلول 2012 (14-25).
6. خالد عثمان شرف، "دراسة سلوك تآكل الفولاذ الكربوني في الأوساط المائية"، مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية، المجلد 28 / العدد 1 / 2012 ( 396-381 ).
7. Shrier L.L., **“Corrosion Metal /Environment Reactions”**,Vol.1 ,printed and bound in Great Britain, Butterworth Hejne Mann, Third edition, (1994),Reprinted (2000).
8. Uhlig H.H., **“Corrosion and Corrosion Control”**, Winston Revie .R., John Wiley and Sons ,Third Edition,(1985).
9. Fontana and Greene , **“Corrosion Engineering ”**, McGraw-Hill book Co., third edition ,(1986).
10. Nastaran Manouchehri and others,“Major and trace metal extraction from soil by EDTA: Equilibrium and kinetic studies”, Analytica Chimica Acta ,Elsevier, Volume 559, Issue 1, (10 February 2006), ( 105-112).
11. Danial acosta-avalos and others,“**Isolation of magnetic nanoparticles from Pachycondyla Marginata ants**”, the Journal of Experimental Biology 202, 2687-2692,(1999).
12. Alain Vignes , **“Extractive Metallurgy 1”**,Basic Thermodynamics and Kinetics ,John Wiley & Sons,Inc.,(2011)
13. Muna Khethier Abbass, Mohammed Abdulateef Ahmed ,”**Study of Erosion-Corrosion Behavior of Aluminum Metal Matrix Composite**”, Eng.&Tech. Journal ,Vol.32,part(B), No.3,(2014).
14. Alma Rucinskiene and others, ” **Magnetic field effect on stainless steel corrosion in FeCL<sub>3</sub> solution**”, Electrochemistry Communications 4 (2002) 86-91, Department of Corrosion, Institute of Chemistry, [WWW.elsevier.com/Locate/elecom](http://WWW.elsevier.com/Locate/elecom) .
15. Costa and others, ”**The effect of the magnetic field on the corrosion behavior of Nd-Fe-B permanent magnets** “, Journal of Magnetism and Magnetic materials 278(2007) 348-358, [WWW.elsevier.com/Locate/jmm](http://WWW.elsevier.com/Locate/jmm).
16. Farideh Namvar and others,“**Cytotoxic effect of magnetic iron oxide nanoparticles synthesized via seaweed aqueous extract**”, this article was published in the following Dove Press journal: International Journal of Nanomedicine, (19 May 2014).
17. S. Brice-Profeta and others, **“Magnetic order in  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanoparticles: a XMCD study”**, Journal of Magnetism and Magnetic materials 288(2005) 345-365, [WWW.elsevier.com/Locate/jmm](http://WWW.elsevier.com/Locate/jmm).
18. R. Sueptitz and others,“**Effect of high gradient magnetic fields on the anodic behaviour and localized corrosion of iron in sulphuric acid solutions**”, Corrosion Science 53(2011) 3222-3230, journal homepage : [WWW.elsevier.com/Locate/corcsi](http://WWW.elsevier.com/Locate/corcsi).

19. Kinnari Parekh, "Mechanism of acid corrosion inhibition using magnetic nanofluid", OPEN ACCESS, IOP Publishing , Vitnam Acadimy of science and Technology , Adv.Nat.Sci.:Nanosci. Nanotechnol. 7( 2016) 045007( 6pp).
20. Komuravelli Nagaraju, "Study of the effects of magnetic field on the properties of combustion synthesized iron oxide nanoparticles", thesis ,Louisiana State university , Department of mechanical engineering ,( December 2005).
21. Ryszard Pietrzak and Roman Szatanik, "Effect of magnetic field on the corrosion of iron as studied by positron annihilation", Institute of Physics ,Opole University, Original paper, NUKLEONIKA (2010); 55(1):31-34.
22. Kristina Keating and Rosemary Knight, "A laboratory study to determine the effect of iron oxides on proton NMR measurements", Geophysics , Vol. 72, No.1, January-February(2007), p. E27-E32.

جدول (1) التركيب الكيميائي للعينة الفولاذية المستخدمة (DIN CK45).

Metal	%C	%Si	%Mn	%P	%S	Others	%Fe
Composition	0.46	0.21	0.68	0.03	0.025	0.005	Rem.

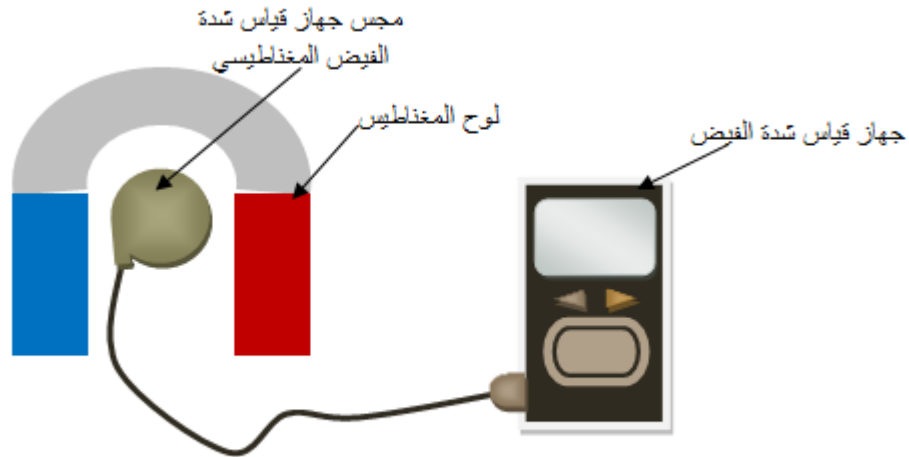


شكل (1) يوضح العينة الفولاذية المحضرة للأختبارات.

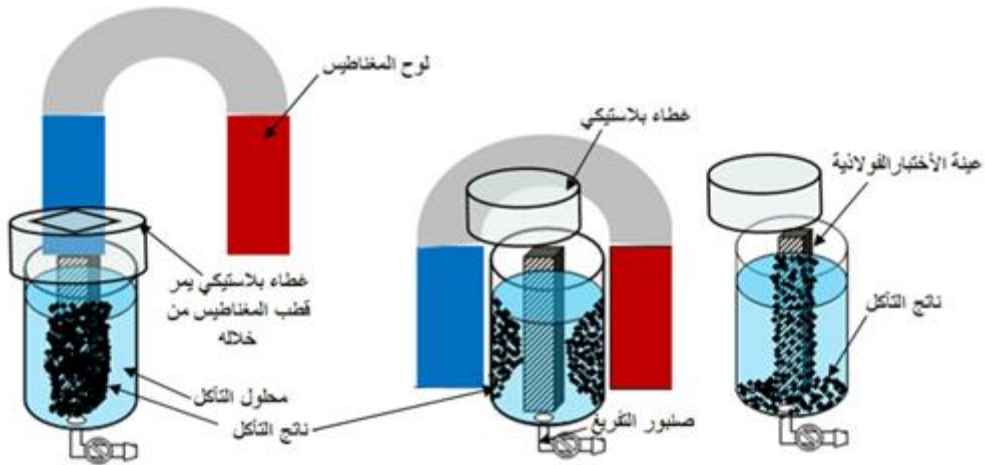




شكل (2a) يوضح جهاز قياس شدة الفيض المغناطيسي المستخدم لمعرفة شدة فيض لوح المغناطيس الدائمي .



شكل (2b) يوضح آلية استخدام جهاز قياس شدة الفيض المغناطيسي .

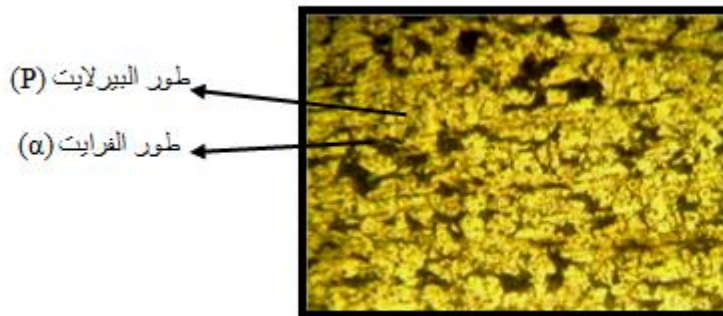


(a) الحالة الأولى عندما العينة الفولاذية مغمورة في الوسط الأكال وملامسة للوح المغناطيس .

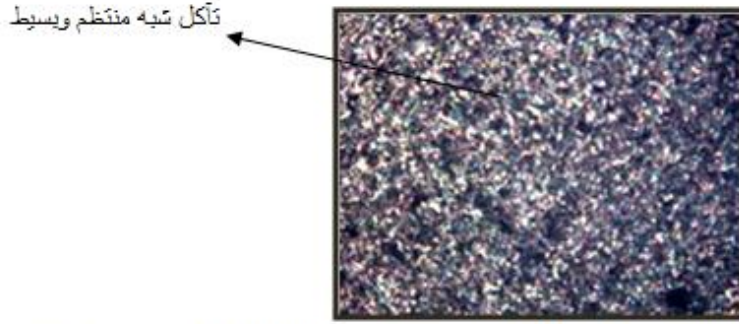
(b) الحالة الثانية عندما العينة الفولاذية مغمورة في الوسط الأكال ومجاورة للفيض المغناطيسي .

(c) الحالة الثالثة عندما العينة الفولاذية مغمورة في الوسط الأكال وبدون أي تأثير للمجال المغناطيسي .

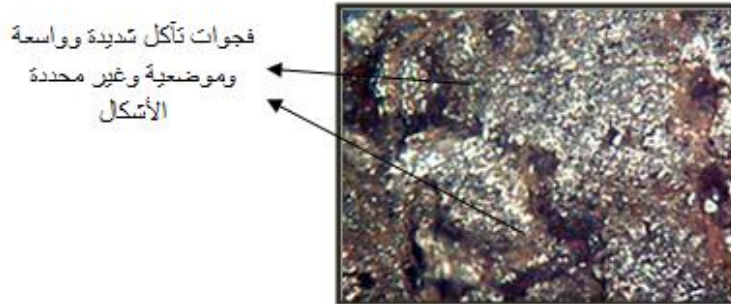
شكل (3) يبين حالات التآكل الثلاث (مصدر الشكل من الباحث) .



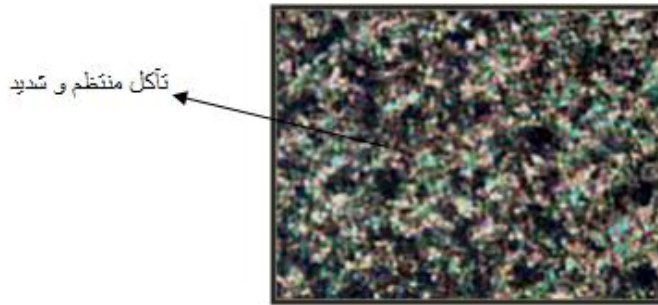
شكل(5) يوضح البنية المجهرية لسبيكة الفولاذ (DIN CK45) وبقوة تكبير (125X) .



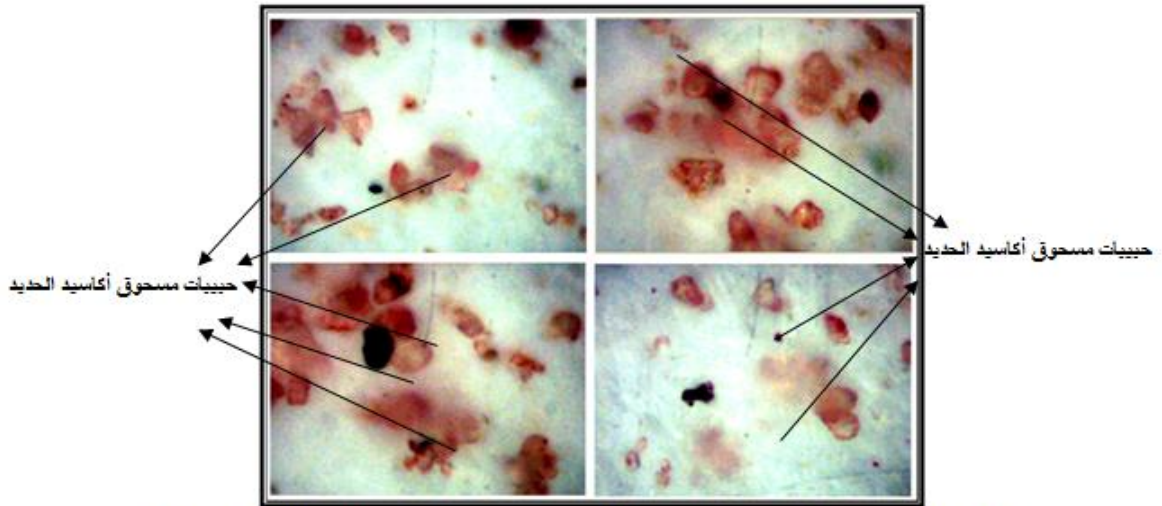
شكل (6) يوضح البنية المجهرية لسبيكة الفولاذ (DIN CK45) التي تم اختبارها في الحالة الأولى (3-a) وبقوة تكبير (125X).



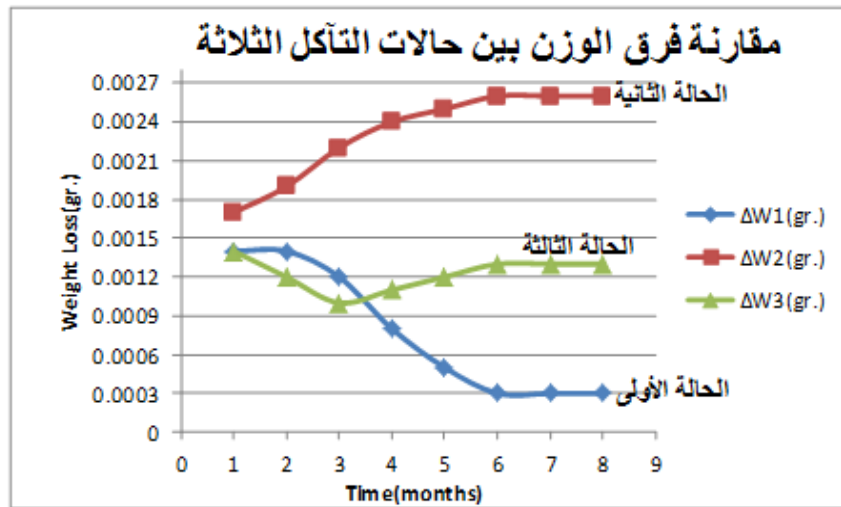
شكل (7) يوضح البنية المجهرية لسبيكة الفولاذ (DIN CK45) التي تم اختبارها في الحالة الثانية (3-b) وبقوة تكبير (125X).



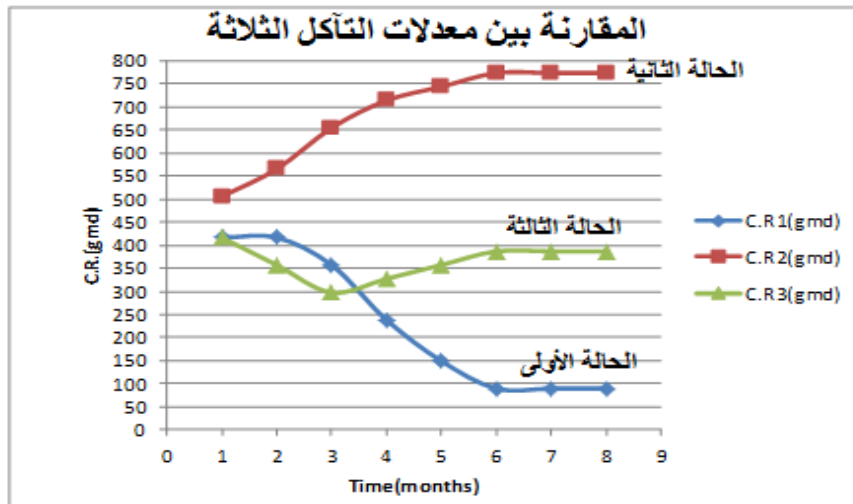
شكل (8) يوضح البنية المجهرية لسبيكة الفولاذ (DIN CK45) التي تم اختبارها في الحالة الثالثة (3-c) وبقوة تكبير (125X).



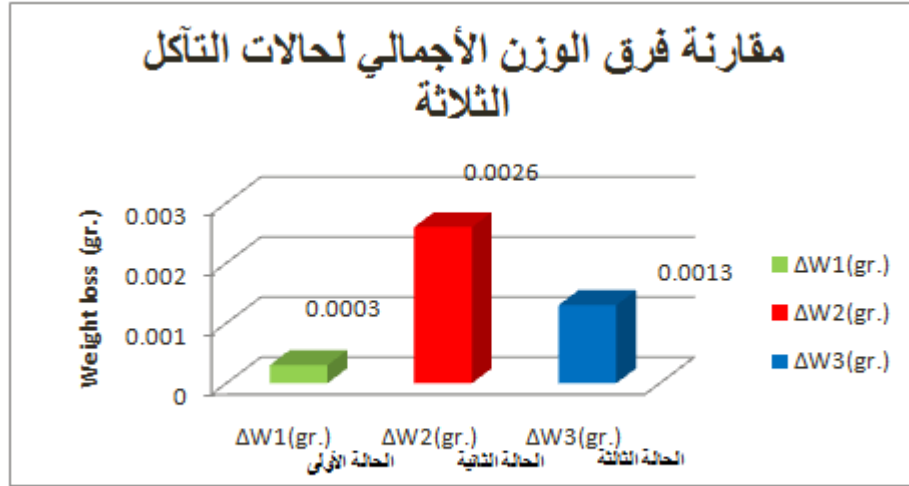
شكل (9) يوضح الأشكال و الأحجام المختلفة لحبيبات مسحوق أكاسيد الحديد بقوة تكبير (500X) .



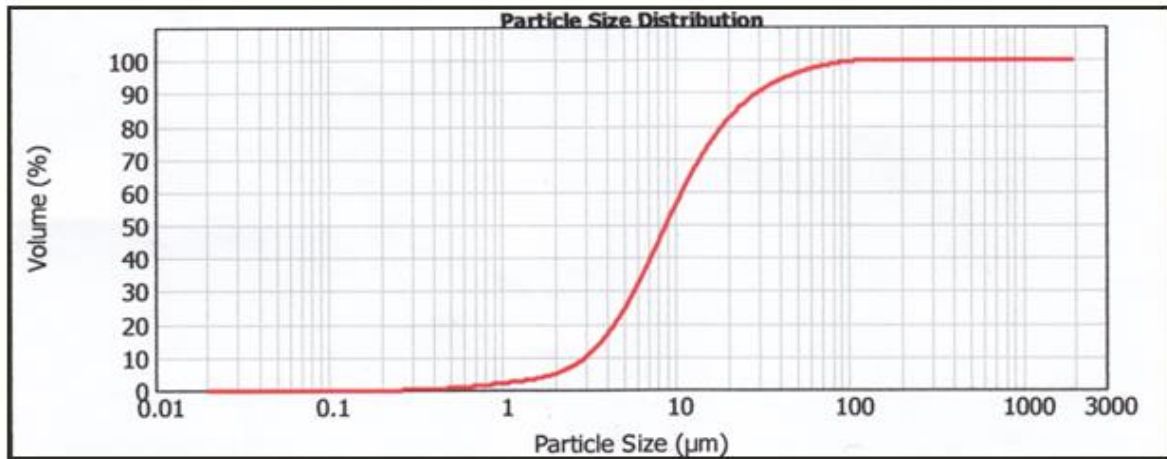
شكل (10) يبين المقارنة بفرق الوزن لحالات التآكل الثلاثة.



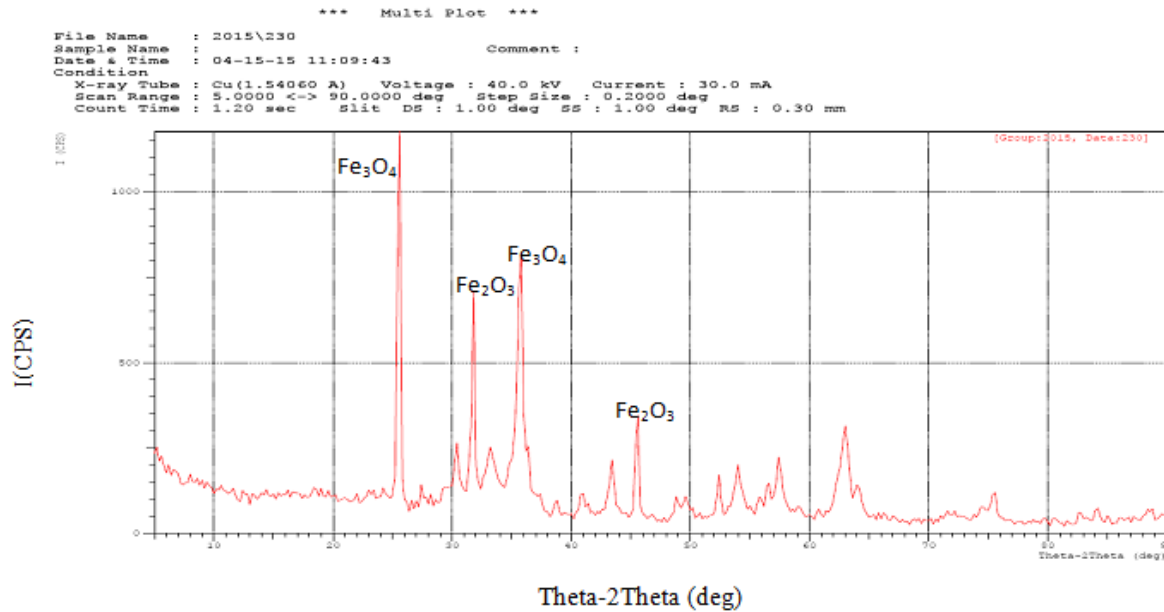
شكل (11) يبين المقارنة بمعدلات التآكل لحالات التآكل الثلاثة.



شكل (12) يبين المقارنة بفرق الوزن الأجمالي لحالات التآكل الثلاثة.



شكل (13) يبين الحجم الحبيبي لمسحوق نواتج التآكل (أكاسيد الحديد الناتجة من التآكل).



شكل (14) يوضح حيود الأشعة السينية (X-RD) لمسحوق نواتج التآكل .

## Investment of the magnetic field in reducing the corrosion rate and extraction of iron ores from CK45 steel

**Mohammed Abdulateef Ahmed**

Lecturer, Production Engineering and Metallurgy depart. , University of Technology  
metal\_metal48@yahoo.com

### Summary

Find out the effect of the magnetic field site resulting from a permanent magnet (a magnet pad) on the rate of corrosion of the carbon steel type (DIN CK45) and to invest this effect in lowering the corrosion rate as a corrosion-retardant factor (corrosion inhibitor); Because of the highest weight loss due to corrosion when the permanent magnet pad is adjacent to the corrosion test chamber (0.0185 gr.); and the lowest weight loss due to corrosion is when the magnetic pad is touching the corroded steel and the value of (0.0062 gr.), and the amount of weight loss is (0.0098 gr.) when the corrosion of the steel is without the magnetic field effect, and the duration of the test is eight consecutive months. The magnetic field is also invested in electrochemical deposition by deposition of the ferric chloride compound ( $\text{FeCl}_3$ ) and then converted into Magnetite powder ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) and a few Hematite( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) in the furnace , as demonstrated by the X-RD test for the resulting powder, and then the particle size of the resulting Magnetite and Hematite powder was estimated at (0.222-158.866 $\mu\text{m}$ ).

**Key Words:** Magnetite, Hematite, magnetic field, corrosion, inhibitor, extraction, iron ore, electrochemical deposition.