الجامعه التقنيه الوسطى
معهد تقني كوت
قسم البتروكيمياوي
الدراسه المسائية

موضوع البحث

تأثير المعادلات الحرارية على المعادن

اعداد الطالب

حسين علي عجيل
حسين حازم غالب

بأشراف

أ. حسين طه كاطع

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ (١)

الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ (٢) الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ (٣) مَالِكِ يَوْمِ الدِّينِ (٤) إِيَّاكَ نَعْبُدُ وَإِيَّاكَ نَسْتَعِينُ (٥) اهْدِنَا الصِّرَاطَ الْمُسْتَقِيمَ (٦) صِرَاطَ الَّذِينَ أَنْعَمْتَ عَلَيْهِمْ غَيْرِ الْمَغْضُوبِ عَلَيْهِمْ وَلَا الضَّالِّينَ (٧)

إهداء

إلى من أُفضِّلها على نفسي، ولِمَ لا؛ فلقد ضحَّت من أجلي

ولم تدَّخر جُهدًا في سبيل إسعادي على الدَّوام (أُمِّي الحبيبة).

نسير في دروب الحياة، ويبقى من يُسيطر على أذهاننا في كل مسلك نسلكه

صاحب الوجه الطيب، والأفعال الحسنة. فلم يبخل عليَّ طيلة حياته (والدي العزيز).

إلى أصدقائي، وجميع من وقفوا بجواري وساعدوني بكل ما يملكون، وفي أصعدة كثيرة

أُقدِّم لكم هذا البحث، وأتمنَّى أن يحوز على رضاك

الخلاصة:

في هذا البحث تم اجراء محاولات تحسين الخواص الميكانيكية للفولاذ المنخفض السبائكية (DIN40Cr) بأستعمال المعاملات الحرارية الكيمياوية السطحية وهي الكربنة ،النتردة ،والكربونتردة. تم ايضا تم اجراء تقسية بالزيت من درجة حرارة ٨٦٠ م اجراء عملية ٥ . تتبعها مراجعة بدرجة حرارة ٥٠٠ م
لمدة ٥,١ ٥ لمدة ٣ ساعة. ثم اجراء عملية النتردةبدرجة حرارة ٥٧٠ م ٥
٩٥٠ م - الكربنة بدرجة حرارة ٩٠٠
لمدة ٣ ساعة .تم اجراء الفحوصات المجهرية ٥ ساعة .ثم اجراء عملية الكربونتردة بدرجة حرارة ٨٤٠ م
واختبارات الشد، الصلادة والصدمة .اظهرت النتائج ان عمليات الكربنة النتردة والكربونتردة تؤدي الى تحسين الخواص الميكانيكية للفولاذ المنخفض السبائكي كما اظهرت النتائج ان عمليات التقسية والمراجعة تؤدي الى تحسين الخواص الميكانيكية بصورة افضل من عمليات الكربنة، النتردة والكربونتردة.

Study the effect of the chemical heat treatments on mechanical properties steel (40 Cr)

Abstract

This work deals with improvement of the mechanical properties of low alloy steel (DIN 40 Cr) using surface thermochemical heat treatments ,Carbonizing, Nitriding, and Carbonitriding. Carborizing processes were performed at 900 – 950 Cº for 3hrs. Nitriding processes were performed at 570Cº for 1.5 hrs. Carbonitriding processes were performed at 840 Cº for 3hrs. Some specimens were oil quenched at 860 Cº followed by tempering at 500 Cº. The microstructure, tensile, hardness, and impact tests were measured. The results showed that Carbonizing, Nitriding, and Carbonitriding processes caused improvement of mechanical properties of low alloy steel. However specimens that were subject to quenching and tempering had better mechanical properties than specimen that were subject to carbonizing, Nitriding, and carbonitriding.

المقدمة :

المعاملات الحرارية الكيميائية السطحية ، هي اشباع السطح الخارجي للمعادن والسبائك باحد العناصر السريعة الانتشار بطريقة بينية اواستبدالية بتاثير درجة الحرارة والزمن كالكربنة والنتردة وهي اشباع السطح الخارجي للفولاذ بالكاربون والنتروجين بطريقة بينية اما الطريقة الاستبدالية فهي اشباع السطح الخارجي باحد العناصرالتي تستبدل مواقع ذرات العناصر المراد اشباعها بالعنصر الجديد كاشباع الفولاذ بالكروم او الالمنيوم اوالتيتانيوم مع تاثير درجة الحرارة والزمن ايضا (١،٢،٣)

ان لهذه الطرق الانتشارية البينية والاستبدالية في المعاملات الحرارية الكيميائية السطحية تاثير على التحولات الطورية مما يؤدي البظهوركاربيدات العناصر على السطح عند (M23C6, M7C3, M6C) الكربنة عند (M2N, M3N,M4N) اونتريدات العناصر النتردة وهذه الاطوارالكاربيدية و النتريدية تؤدي الى زيادة الصلادة ومقاومة الشد وانخفاض المطيلية او نتريدات وكاربيدات العناصر عند عملية الكاربونتردة . ولها ايضا تاثير في تحسين الخواص الميكانيكية للفولاذ (٦،٧،٨)

ان المعاملات الحرارية الكيميائية السطحية (الكربنة ، والنتردة، والكاربونتردة) لها تطبيقات هندسية كثيرة كاستخدامها في تحسين الخواص الميكانيكية للدرافيل ، اجزاء نقل الحركة (الدشالي) المحاور القلابة ، عدد القطع بكافة انواعها . لذا كان هدف البحث دراسة تاثير هذه العمليات والوقوف علّى التحسينات التي تظهرها

على الخواص الميكانيكية (٤،٥،٦)

الفصل الاول

كيف تؤثر المعالجة الحرارية على خصائص المعادن؟

تتغير الخصائص المختلفة للمعادن عندما تخضع للمعالجة الحرارية. بعض التغييرات تجعل المعادن أكثر مرونة أو مقاومة بينما يسمح البعض الآخر بإعادة تشكيلها. على الرغم من أن التكنولوجيا الحديثة أوجدت طرقًا جديدة لهذا النوع من العلاج ، فقد استخدم الحدادين منذ سنوات عديدة لتحقيق أهداف مماثلة عن طريق تسخين وتبريد المعادن لحدوات الخيول وأجزاء العربات والمزيد. لمعرفة حقائق إضافية حول كيفية تأثير المعالجات الحرارية على خصائص المعادن ، اقرأ التفاصيل التالية.

تأثيرات معادن التسخين

١. التمدد الحراري مع تسخين المعادن ، سوف يتوسع حجمها وسطحها وطولها. مصطلح هذه الإجراءات هو التمدد الحراري. سيكون لكل معدن معدل تمدد مختلف عند تعرضه للحرارة.

٢. التعديلات الهيكلية تأثير آخر للمعالجة الحرارية على المعادن هو أن هيكلها سيخضع لعملية تحول. هذا يرجع إلى حقيقة أن الحرارة تزيح ذرات التآصل في المعادن وتتسبب في إصلاحها في تكوين مختلف. لهذا السبب ، يسمى هذا الإجراء تحويل الطور التآصلي. لا يقتصر الأمر على تغيير الشكل الهيكلي للمعدن ، بل يمكنه أيضًا تغيير قوته وليونته وصلابته.

٣. يجعل المعادن مقاومة للتيار الكهربائي يمكن للمعالجة الحرارية أن تجعل المعدن يتمتع بمستوى معين من المقاومة الكهربائية. سبب حدوث ذلك هو أنه عندما يتم تسخين المعادن ، يمكن لإلكتروناتها امتصاص الطاقة الإضافية وتجعلها تتحرك بشكل أسرع من المعتاد.

٤. يقلل من مغناطيسية المعدن يمكن أن تفقد المعادن المغناطيسية مثل النيكل والكوبالت والحديد بعضًا من مغناطيسيتها من خلال الخضوع للمعالجة الحرارية. في بعض الحالات ، لم تعد ممغنطة على الإطلاق.

أنواع المعالجات الحرارية تتضمن جميع المعالجات الحرارية تسخين المعادن وتبريدها لتغييرها بطريقة ما. الأسباب الأكثر شيوعًا لإجراء هذه العلاجات هي زيادة صلابة المعدن وصلابة وقوته وتآكله أو مقاومته الكهربائية وليونته.

فيما يلي أكثر الطرق شيوعًا لإجراء هذه المعالجات:

• التلدين يخفف المعدن من خلال التسخين لجعله عمليًا ولزيادة ليونة. يتم تسخين المعدن إلى درجة الحرارة المناسبة لتغيير بنيته المجهرية ثم يتم تبريده ببطء. كما أنه يزيد من الموصلية الكهربائية للمعدن.

• التصلب يحسن الخواص الميكانيكية للصلب والسبائك الأخرى. خلال هذه العملية ، يتم تسخين المعدن إلى درجة حرارة عالية بما يكفي لإذابة جزء من الكربون فيه ، قبل تطبيق وسيط التبريد المناسب. يمكن أن يزيد التصلب من مقاومة التآكل والقوة ولكنه قد يزيد أيضًا من الهشاشة في بعض الأحيان ، لذلك لا يوصى به في بعض التطبيقات الهندسية.

أنواع المعالجات الحرارية

• يتم استخدام التطبيع على السبائك لتزويدها بتركيبة وحبوب موحدة.

• يتم استخدام التقسية على الفولاذ لتحسين ليونة. الصلب الذي لا يخضع لهذه العملية صعب للغاية ولكنه هش للغاية لاستخدامه في العديد من التطبيقات.

كيف تؤثر المعالجة الحرارية على خصائص المعادن؟

تتغير الخصائص المختلفة للمعادن عندما تخضع للمعالجة الحرارية. بعض التغييرات تجعل المعادن أكثر مرونة أو مقاومة بينما يسمح البعض الآخر بإعادة تشكيلها. على الرغم من أن التكنولوجيا الحديثة أوجدت طرقًا جديدة لهذا النوع من العلاج ، فقد استخدم الحدادين منذ سنوات عديدة لتحقيق أهداف مماثلة عن طريق تسخين وتبريد المعادن لحدوات الخيول وأجزاء العربات والمزيد.

لمعرفة حقائق إضافية حول كيفية تأثير المعالجات الحرارية على خصائص المعادن .

التأثيرات الإيجابية للمعادن اللامع التلدين غير الحديدية

تستخدم العديد من الصناعات اليوم المعادن في توليد الأجزاء والمنتجات التي تحتاجها. أحد أسباب استخدام الصناعات في كثير من الأحيان للمعادن هو أنه يمكن إدارتها بسهولة. ومن خلال تطبيق العمليات الصحيحة ، يمكنهم بسهولة

امتلاك الخصائص التي يحتاجونها. إحدى العمليات التي تخضع لها المعادن عادة هي المعالجة الحرارية. المعالجة الحرارية هي عملية عامة يتم فيها تسخين المواد المعدنية دون السماح لها بالذوبان. ثم يتم تبريدها بطريقة مسيطر عليها ، مما يضمن حصولها على الخصائص الميكانيكية المطلوبة. تهدف بعض تقنيات المعالجة الحرارية إلى جعلها أقوى ، بينما ينوي البعض الآخر جعلها مرنة أو أكثر ليونة أو أكثر مقاومة لعناصر مثل التآكل.

الخصائص الرئيسية:

١ للمعادن غير الحديدية

إحدى مجموعات المعادن التي تخضع للمعالجة الحرارية هي المعادن غير الحديدية. أطنان من المنتجات التي تستخدمها الصناعات وحتى المنازل اليوم مليئة بالمعادن غير الحديدية. لا تحتوي هذه المعادن على كميات كبيرة من الحديد مما يوفر لها مقاومة أفضل للصدأ والتآكل مقارنة بالمواد الحديدية. ميزة أخرى للمعادن غير الحديدية هي أنها تتمتع بقدر كبير من المرونة ، مما يسمح بتشكيلها أو تمديدها دون أي مشاكل. في النهاية ، هذه المعادن غير مغناطيسية ، مما يجعلها مفيدة للتطبيقات الإلكترونية والتطبيقات السلكية. تنتمي العديد من العناصر المعدنية إلى التصنيف غير الحديدية. وتشمل هذه العناصر الألومنيوم والرصاص والنحاس والقصدير والتيتانيوم والزنك والرصاص. تعتبر سبائك النحاس مثل النحاس الأصفر والبرونز أيضًا جزءًا من التصنيف غير الحديدية. أحد الأشياء الشائعة حول هذه العناصر المعدنية والسبائك هو أنها تُستخدم جميعًا في العديد من التطبيقات السكنية والتجارية والصناعية.

٢ التلدين اللامع للمعادن غير الحديدية

يمكن إجراء عمليات المعالجة الحرارية المختلفة على المعادن غير الحديدية. لكن إحدى العمليات المميزة التي يمكن أن تستفيد منها هذه المعادن هي التلدين اللامع. التلدين اللامع هو عملية معالجة حرارية حيث تتعرض المعادن غير الحديدية لجو من النيتروجين والهيدروجين. عند تحديد نسبة الهيدروجين في الغلاف الجوي المذكور ، سيتعين على العمال تقييم درجة حرارة المادة

والعملية. يجب عليهم أيضًا ضبط النسبة المذكورة اعتمادًا على الخصائص المرغوبة للمعادن. لن ينتج عن الغلاف الجوي الذي يهيمن عليه النيتروجين أي تفاعلات جديرة بالملاحظة مع المعادن غير الحديدية. يقوم الغاز الواقي بعد ذلك بإزالة الغازات المؤكسدة من غرفة العملية. ومع زيادة محتوى الهيدروجين في درجة حرارة الفرن ، تقل أكسدة سطح المعادن المعنية بشكل كبير. ولكن لإنجاح عملية المعالجة الحرارية هذه ، يجب أن يكون الفرن المستخدم لهذه العملية نظيفًا وخاليًا من الرطوبة. يجب أيضًا أن تكون المعادن غير الحديدية جافة ونظيفة.

المزايا الرئيسية للتلدين اللامع:

ما يميز التلدين اللامع هو أنه يمكن أن يعزز مقاومة التآكل للمعادن غير الحديدية بنسبة كبيرة. يمكن تحسين مقاومة التآكل لهذه المعادن حيث يمكن للعملية القضاء على ترسيب الكربيد بين الخلايا الحبيبية. يمكن لهذه العملية أيضًا تحسين تشطيب السطح وتقليل تكاليف التلميع. يتم الحفاظ على البريق المعدني الأصلي للمعادن غير الحديدية وأنواع المعادن الأخرى من خلال التلدين اللامع. يجب إجراء التلدين اللامع بواسطة خبراء حتى تتمكن المعادن غير الحديدية من التباهي بهذه المزايا.

أكثر عيوب المعادن المعالجة حرارياً شيوعاً

يجب أن تخضع معظم المنتجات المعدنية التي تستخدمها الصناعات اليوم للمعالجة الحرارية أولاً. المعالجة الحرارية هي عملية يتم فيها تعريض قطع العمل المعدنية للحرارة دون السماح لها بالوصول إلى حالتها المنصهرة. ثم يتم تبريدها بطريقة مسيطر عليها ، مما يضمن حصولها على الخصائص الميكانيكية التي تتطلبها صناعة معينة. مع المعالجة الحرارية ، من المتوقع أن تصبح قطع العمل المعدنية أكثر متانة وصلابة وقوة. يمكنهم أيضًا تحقيق مقاومة تآكل محسّنة ومرونة أفضل وقابلية لحام محسّنة. ومن المتوقع أيضًا أن

تزداد مدة خدمتهم الإجمالية بشكل كبير. لكن المعادن المعالجة حرارياً قد لا تزال تفتخر ببعض العيوب بسبب مجموعة متنوعة من الأسباب.

فيما يلي بعض العيوب الأكثر شيوعًا للمعادن المعالجة حرارياً التي يجب أن تعرفها.:

١ صلابة منخفضة وقوة معادن

وخاصة الفولاذ ، تحتاج إلى تكوين مارتينسيتي لتحقيق صلابة وقوة عالية. بدون تحقيق هذه الخصائص ، سيكون من الصعب على الصناعات الحصول على منتجاتها المطلوبة. يرجع عدم وجود صلابة وقوة أفضل إلى درجة حرارة التهيئة غير المناسبة. يمكن أن يكون سبب ذلك أيضًا بسبب مدة النقع غير الكافية ، ومعدل التبريد البطيء ، ووجود الأوستينيت المحتفظ به ، والصلابة المنخفضة أثناء معالجة تصلب السطح.

OBJ مدونة أكثر عيوب المعادن المعالجة حرارًا ٢٣ أغسطس ٢٠٢٢

FacebookTwitterLinkedInPinterestMessenger معظم المنتجات المعدنية التي تستخدمها الصناعات اليوم يجب أن تخضع للمعالجة الحرارية أولاً. المعالجة الحرارية هي عملية يتم فيها تعريض قطع العمل المعدنية للحرارة دون السماح لها بالوصول إلى حالتها المنصهرة. ثم يتم تبريدها بطريقة مسيطر عليها ، مما يضمن حصولها على الخصائص الميكانيكية التي تتطلبها صناعة معينة. مع المعالجة الحرارية ، من المتوقع أن تصبح قطع العمل المعدنية أكثر متانة وصلابة وقوة. يمكنهم أيضًا تحقيق مقاومة تآكل محسّنة ومرونة أفضل وقابلية لحام محسّنة. ومن المتوقع أيضًا أن تزداد مدة خدمتهم الإجمالية بشكل كبير. لكن المعادن المعالجة حرارياً قد لا تزال تفتخر ببعض العيوب بسبب مجموعة متنوعة من الأسباب. فيما يلي بعض العيوب الأكثر شيوعًا للمعادن المعالجة حرارياً التي يجب أن تعرفها. صلابة منخفضة وقوة معادن ، وخاصة الفولاذ ، تحتاج إلى تكوين مارتينسيتي لتحقيق صلابة وقوة عالية. بدون تحقيق هذه الخصائص ، سيكون من الصعب على الصناعات الحصول على منتجاتها المطلوبة. يرجع عدم وجود صلابة وقوة أفضل إلى

درجة حرارة التهيئة غير المناسبة. يمكن أن يكون سبب ذلك أيضًا بسبب مدة النقع غير الكافية ، ومعدل التبريد البطيء ، ووجود الأوستينيت المحتفظ به ، والصلابة المنخفضة أثناء معالجة تصلب السطح. البقع اللينة بعد التبريد من درجة حرارة التسبيد ، من المتوقع أن تصل المعادن إلى صلابة متساوية عبر أسطحها. ولكن إذا أصبحت صلابتها غير متساوية من نقطة إلى أخرى ، فقد تكون قد اكتسبت بعض النقاط اللينة. قد تكون البقع اللينة في المعادن ناتجة عن إخماد مشكلات الوسائط. بمجرد أن يولد الماء مرحلة بطانية بخار ، فإنه سيقلل في النهاية من معدل التبريد الحرج لمناطق قطع العمل المحددة. يمكن أن تحدث البقع اللينة أيضًا بسبب ارتفاع درجة حرارة وسط التبريد ، وإزالة الكربنة الموضعية ، والتسخين غير المتكافئ ، والتنظيف غير السليم للأجزاء المعدنية.

٢-البقع اللينة

بعد التبريد من درجة حرارة التسبيد ، من المتوقع أن تصل المعادن إلى صلابة متساوية عبر أسطحها. ولكن إذا أصبحت صلابتها غير متساوية من نقطة إلى أخرى ، فقد تكون قد اكتسبت بعض النقاط اللينة. قد تكون البقع اللينة في المعادن ناتجة عن إخماد مشكلات الوسائط. بمجرد أن يولد الماء مرحلة بطانية بخار ، فإنه سيقلل في النهاية من معدل التبريد الحرج لمناطق قطع العمل المحددة. يمكن أن تحدث البقع اللينة أيضًا بسبب ارتفاع درجة حرارة وسط التبريد ، وإزالة الكربنة الموضعية ، والتسخين غير المتكافئ ، والتنظيف غير السليم للأجزاء المعدنية

٣ تبريد الشقوق

يعتبر أمرًا ضروريًا لتبريد قطع العمل المعدنية بشكل فعال بحيث يمكن أن تتعرض للتحول المارتيني. عادة ، تكون مرحلة المعالجة الحرارية هذه مصحوبة بضغوط شد وضغط مختلفة. لكن في بعض الحالات ، قد تصبح هذه الضغوط شديدة ، مما يؤدي إلى حدوث تشققات أثناء المعالجة الحرارية. هذه الشقوق ، والمعروفة أيضًا باسم الشقوق المروية ، تجعل قطع العمل المعدنية غير مجدية وغير صالحة للاستعمال

٤الأكسدة ونزع الكربنة

الأكسدة وإزالة الكربنة هما سببان محتملان آخران يمكن أن تصبح المعادن المعالجة حرارياً معيبة. قد تحدث الأكسدة بمجرد تعرض المعادن لثاني أكسيد الكربون والهواء وأبخرة الماء خلال مراحل معينة من المعالجة الحرارية. بدون التخفيف الفوري ، قد تصبح المعادن مسامية ، مما يؤدي إلى تدهور المواد وفقدان الخصائص. بدلاً من ذلك ، قد يحدث نزع الكربنة عندما تتعرض بعض المعادن للحرارة فوق ٦٥٠ درجة مئوية. قد تؤدي هذه المشكلة بعد ذلك إلى فقدان قوة التعب.

٥-التشويه والتزييف

عادةً ما تكون عيوب المعادن المعالجة حرارياً غير قابلة للإصلاح ، مما يجعلها من أكثر الأخطاء تكلفة التي قد ترتكبها شركات المعالجة الحرارية. يحدث التشوه عندما تكتسب قطع العمل المعدنية تغيرًا متماثلًا في الشكل أو الحجم ، بينما يحدث الالتواء إذا كانت التغييرات غير متماثلة. قد تخضع المعادن لنوعين من التشويه: تشوهات الحجم والشكل. يحدث تشوه الحجم أثناء مرحلتي التمدد والانكماش للمعالجة الحرارية ، بينما يحدث تشوه الشكل بسبب الانحناء والتواء المعادن. بعض العناصر التي يجب فحصها لمنع حدوث هذه المشكلات هي التكوين الأولي والتصميم وعمليات التشغيل الآلي.

أنواع عمليات التنردة ومزاياها الأساسية

غالبًا ما تخضع أنواع مختلفة من المعادن للمعالجة الحرارية بحيث يمكن تشكيلها إلى أجزاء ومنتجات مختلفة. تعتبر المعالجة الحرارية عملية مهمة للصناعات لأنها يمكن أن تساعد في تغيير الخصائص الفيزيائية لقطع العمل المعدنية. يمكن أن تؤدي هذه العملية إلى إدخال تغييرات على المعادن لأنها تعرضها لدرجات حرارة قصوى تقريبًا. تنفذ الصناعات تقنيات مختلفة للمعالجة الحرارية حتى يتمكنوا من الحصول على الأجزاء المعدنية والمنتجات المطلوبة. تتضمن بعض هذه التقنيات التلدين ، والتلطيف ، والكربنة ، والتبريد ، والتطبيع ، وتصلب العلبة ، وتقوية الترسيب. تقنية المعالجة الحرارية

الأخرى التي يمكن للصناعات الاستفادة منها هي النيترة. النيترة هي تقنية معالجة حرارية تدخل النيتروجين في السطح المعدني ، مما يخلق تشطيبًا مقوى للهيكل على قطعة العمل. تشمل المعادن التي يمكن أن تخضع لتقنية المعالجة الحرارية هذه الفولاذ منخفض السبائك والألمنيوم والموليبدينوم والتيتانيوم.

الأغراض الأولية من النيتروجين

يمكن تشكيل الطبقة النهائية المقواة بالعلبة حيث تلتصق ذرات النيتروجين بسطح المكون. يمكن أن تتشكل هذه النهاية أيضًا بمجرد انتشار ذرات النيتروجين على طول حدود الحبيبات وداخل حبيبات قطع العمل المعدنية. غالبًا ما تتم عملية النيتروجين في درجات حرارة تتراوح من ٣٥٠ إلى ٥٩٠ درجة مئوية. مع انخفاض درجة الحرارة ، يزداد الوقت اللازم لوصول النيترة إلى عمق معين لقطعة العمل. أحد الأغراض الأساسية للنترة هو تحقيق صلابة عالية على سطح قطعة العمل. يمكن لتقنية المعالجة الحرارية هذه أيضًا زيادة مقاومة التآكل لقطعة العمل ، وتحسين عمر التعب ، وتعزيز مقاومتها للتآكل. يمكن أن يوفر النيتروجين أيضًا خاصية درجة حرارة عالية لسطح قطعة العمل.

أنواع عمليات النتردة

هناك ثلاثة أنواع من عمليات النيترة التي غالبًا ما يتم تعظيمها بواسطة الصناعات المختلفة. هذه العمليات هي نيترة الغاز ، نيترة البلازما ، نيترة حمام الملح.

١. نيترة الغاز: تتضمن عملية نيترة الغاز تسخين المعدن إلى درجة حرارة مثالية أثناء ملامسته للأمونيا أو الغازات النيتروجينية الأخرى. بمجرد وصول الغاز إلى سطح قطعة العمل المسخنة ، فإنه يميل إلى الانهيار إلى الهيدروجين والنيتروجين ، مما يؤدي إلى تكوين طبقة النيتريد. تتطلب نيترة الغاز فقط تكاليف معدات منخفضة مقارنة بخيارات النيترة الأخرى. يمكنها أيضًا العمل مع قطع العمل على دفعات ضخمة. ومع ذلك ، يجب اتخاذ الاحتياطات عند العمل مع الغازات النيتروجينية.

٢. نيترة البلازما: تستخدم نيترة البلازما تفريغ البلازما لغازات التفاعل بحيث يمكن تسخين سطح قطعة العمل. تتم هذه العملية باستخدام حقول كهربائية عالية الجهد لإنشاء جزيئات غاز النيتروجين المتأين أو البلازما. سوف تتسارع البلازما بعد ذلك لتنظيف السطح وتسخين قطعة العمل وتوليد أيونات النيتروجين النشطة. لا تسبب عملية النتردة الكثير من التشويه. كما أنها موفرة للطاقة وسريعة. إنها لا تتطلب حتى قطعة العمل للخضوع لمزيد من المعالجة أو التلميع. ٣. نيترة حمام الملح: نتردة حمام الملح هي عملية تستخدم الملح المصهور لسحب النيتروجين. كما أنه يزيد من نسبة الكربون الذي يتم إطلاقه عن طريق تحلل السيانيد إلى سيانات. عادة ، يتم غمر قطعة العمل في حمام من ملح السيانيد المنصهر المسخن. يتم بعد ذلك إدخال طبقة خارجية من نيتريد الحديد الصلب والمرن في قطعة العمل مع مرور الوقت. يمكن أن تكون نيترة حمام الملح مفيدة للصناعات لأنها سريعة ومباشرة.

الفصل الثاني

التآكل

أساسيات عملية التآكل

يعرف التآكل (Corrosion) بأنه تلف للمعدن نتيجة لتفاعله كيميائيا أو كهروكيميائيا مع ما يحيط به (Environment) . فمن المعروف إن المعادن متوفرة في الطبيعة على شكل مركبات كيميائية مستقرة تسمى خامات (Ores ، ويتم الحصول على المعادن المطلوب تصنيعها بعد إجراء عملية استخالص مناسبة لها من خاماتها، واعتمادا على النظرية التي تقول إن المعادن تحاول العودة إلى أصلها بوصفها مركبات أكثر استقرارا بمجرد أن تتوفر لها ظروف مناسبة كوسط مسبب للتآكل (media Corrosion) مثال، وهذا بدوره يعد السبب الرئيس لحدوث التآكل في المعادن.

المعادلة التالية توضح التحوالت من خام إلى معدن ثم إلى أوكسيد المعدن المشابه لخام المعدن

Reduction Oxidation

Metal ores →Metals → Metal oxide

(Oxides) (Extraction) (Corrosion)

$Fe_2O_3 + 3C \rightarrow 4Fe + 3CO_2$

(Extraction Process).....

أن تحليل طبقة الصدأ (Rust) يبين أنها تتكون من أوكسيد الحديد وأن الخام الاصلي يتكون أيضا من أوكسيد الحديد و هذا يثبت أن الحديد النقي يعود لحالته الاصلية المستقرة كيميائيا والموجودة في الطبيعة بفعل عملية التآكل فالحديد مثال إذا توفرت له ظروف مناسبة للتآكل كالهواء الرطب أو الماء أو المحاليل الكيميائية فان ناتج التفاعل هو اوكسيد الحديد الذي يشبه الى حد كبير خام الحديد في الطبيعة ، كما في المعادلة التالية

(Iron/Steel)+(Oxygen) (Water)

Fe O H O Fe O Rust

(Corrosion process).....

مبادئ التآكل

هناك بعض المبادئ ألألساسية التي تعتمد عليها عملية التآكل ومنها:

١-مبدأ التآكل الكيميائي (Corrosion Chemical Principle) :يحدث التأثير الكيميائي المباشر عندما يدخل المعدن في تفاعل كيميائي مع عناصر أخرى مثل الاوكسجين في درجات الحرارة المرتفعة غاز الكلور وما شابه ليكو معدني ويسمى هذا النوع بالتآكل الجاف، أو عندما يكون المعدن في حالة تالمس مع الحوامض، إذ يحدث التفاعل الكيميائي بين المعدن والوسط الحامضي، وعادة يتآكل سطح المعدن بشكل أملس وقد يظهر وكأنه مصقول

٢-مبدأ التآكل الكهروكيميائي Electrochemical((Principle Corrosion :يعرف التآكل الكهروكيميائي بأنه التفاعل الذي يحدث من انتقال ايونات من جزء إلى آخر في المعدن .وباإلمكان تقسيم التفاعل الكهروكيميائي إلى قسمين من التفاعلات الجزئية أحدهما يمثل اكسدة)وهي عملية فقدان ذرات المعدن لعدد من الاكترونات (واخر يمثل الاختزال)وهي عملية اكتساب أيونات المعدن عدد من الالكترونات (. طبقا للنظرية الكهروكيميائية ينقسم تفاعل التآكل بالكامل إلى قطب النود وقطب الكاثود، ويحدث التآكل بشكل آني على السطوح المعدنية. إن تدفق التيار الكهربائي من مساحة ألنود إلى مساحة الكاثود قد يولد خاليا تآكل موقعيه تبدأ إما على سطح معدني واحد بسبب اختالف فرق الجهد، وتسمى خلية التآكل المجهرية (Corrosion Microcell (أو بين سطحين معدنيين فتسمى خلية التآكل العينية أو
(Macro cell Corrosion) المجهرية غير بشرط وجود الالكتروليت في كلتا الحالتين الذي يمكن أن يكون ماء الشرب أو ماء مالح أو الحوامض والقواعد أو الرطوبة السطحية. يعد المعدن متصدي عند تحول ذرة المعدن النشيط إلى أيون المعدن بفقدانها واحد او أكثر من الكتروناتها

٣-يحدث تآكل الحديد (Fe)عند توفر الظروف المناسبة لذلك وهي الاوكسجين والرطوبة، أو المحاليل الكيميائية، وتتضمن تعرض مساحة النود لتأثير الالكتروليت الذي يزيل حالة التعادل الكيميائي عنها بفقدان واحد أو أكثر من الكتروناتها . تفقد ذرة الحديد غير القابلة للذوبان في الكتروليت اثنين من

الكتروناتها وبذلك تتحول (كما في ++ ذرات الحديد إلى أيونات الحديد Fe(
المعادلة التالية التي تحدث عند قطب االنود
(Fe→ Fe++ +2e- .....1)
عند قطب الكاثود، تتحد أيونات الهيدروجين في
الماء مع الالكترونات المفقودة كما في المعادلة
(٢a ،(وعند غياب الماء كالكتروليت تحدث
المعادلة (٢b ،(وكما يلي:
+H٤
(O2+2e-→2H2O .....2a+)
+H٢
(e-→H2 .....2b٢+)
إن أيونات الهيدروكسيد المتحررة عند قطب الكاثود
تتفاعل مع أيونات الحديد المنحلة لتكوين
هيدروكسيد الحديدوز (٢)OH(Fe (كما في
المعادلة التالية:
Fe2
(OH-→2Fe(OH)2 .....3٤+++)
بتأكسد هيدروكسيد الحديدوز يتكون هيدروكسيد الحديديك (٣)OH(Fe (كما في
المعادلة التالية:
(Fe(OH)2+O2+2H2O→4Fe(OH)3....4٤)

أنواع التآكل

تميل المعادن وسبائكها للدخول في تفاعل كيميائي أو كهروكيميائي مع عناصر الوسط الملمس لها والمسبب للتآكل لتشكل مركبات مستقرة مشابهه لتلك الموجودة في الطبيعة. عند حدوث خسارة في المعدن بهذه الطريقة، فأن المركبات التي تتشكل تسمى نتائج التآكل والمعدن يسمى المعدن المتآكل. يمكن تقسيم التآكل حسب طبيعته إلى نوعان أساسيان وهما :

التآكل المنتظم (Corrosion Uniform):(عند انحصار التآكل على السطح المعدني، أو عند انتشاره بشكل كامل ليشمل مساحات السطح، يسمى التآكل حينئذ بالتآكل المنتظم أو العام، وهو أكثر النواع شيوعا.

التآكل ألموقعي (corrosion localized :(يحدث التآكل ألموقعي في المعدن بسبب فرق الجهد بين موقعين على سطح المعدن ، أو قد يحدث داخل البنية المجهرية للمعدن كحدوثه على حدود الخلايا المجهرية، أو خطي فوقها كالتآكل الخطي ،أو بين الخلايا أو الطور المجهرية المختلفة.

يشمل التآكل الموقعي الانواع التالية :

١ -التآكل بين البلورات (granular Inter Corrosion) :هو التآكل الذي يحدث بين الخاليا المجهرية أو بين البلورة وحدودها في المعادن و السبائك. تكون حدود الخاليا أكثر فاعلية وأكثر عرضة للتآكل من الخلايا المجهرية الملمسة لها. يحدث هذا النوع بكثرة في السبائك مثل الفولاذ المقاوم للصدأ أثناء عملية اللحام

٢ -التآكل الجهادي(Corrosion Stress :(هو أحد أنواع التآكل الذي يحدث في المعادن بسبب احتواء المعدن على الجهادات الداخلية والتي تجعل المعدن أكثر عرضة للتآكل.

٣-الغلفاني التآكل (Galvanic Corrosion):هو التآكل الذي يحدث عند تدفق التيار إلى المعدن اقل نشاطا)كاثود(عند اتصاله بالمعدن اكثر نشاطا)انود بوجود الالكتروليت.

٤ -التآكل الشقي (Corrosion Crevice :(يحدث داخل أو حول الشقوق المعدنية أو عند تطابق معدن بآخر معدني أو غير معدني. التآكل يحدث بسبب نقص الاوكسجين في الشق ووجود الرطوبة الكتروليت

٥-التآكل التنقري (Corrosion Pitting :(تآكل سطحي يسبب ثقوب في المعدن، وهذا يعد من النواع الخطرة ويحدث بكثرة في المعادن التي تحتوي عناصر سبائكية.

٦-التأكل بالتعرية (Erosion Corrosion):يحدث عند وجود احتكاك نسبي بين وسط التآكل)السوائل والغازات مثال(وسطح المعدن، ويكون التآكل على شكل حفر أو أخاديد أو تموجات أو ثقوب دائرية.

٧ -التآكل بالاحتكاك أو التماس (Fretting Corrosion) :أكثر أنواع التآكل انتشارا في أجزاء المكائن وأجزاء المحركات نتيجة الحركة والاهتزاز بين المعدنين المتلامسين، ويظهر التآكل على شكل نقر أو حفر في المعدن محاطة بنواتج التآكل.

المعاملات الحرارية للصلب الكاربوني تتضمن:

المعامالت الحرارية تسخين المعدن إلى درجات حرارة معينة تعتمد على نوع المعاملة ونسبة الكاربون، ولفترة زمنية محددة تعتمد على سمك النموذج، ثم يبرد بمعدالت تبريد مختلفة حسب نوع المعاملة الحرارية أو الخواص الميكانيكية المطلوبة.

أن أهم أنواع المعامالت الحرارية المألوفة هي :

التخمير (Annealing ، والتصليد Normalising) تعتمد المعاملة الحرارية على نسبة الكاربون في الصلب وعلى الخواص الالزمة للتطبيقات تعتمد الخواص الميكانيكية للمعادن المستقبلية على البنية المجهرية والتي تظهر نتيجة للتحولات والتغيرات الطو رية أثناء المعاملة الحرارية. أي أن المعاملة الحرارية تتعامل مع العوامل والوسائل التي يتم من خلالها السيطرة على بنية المعدن المجهرية وبالتالي التأثير على الخواص الميكانيكية

يمكن توضيح تأثير المعاملات الحرارية المتنوعة على التآكل وكما يلي:

١ التخمير Annealing : تمتاز البنية المجهرية للصلب المعامل حراريا بالتخمير بكبر حجم البلورات (Grains (عن حجمها الأول بفعل نمو هذه البلورات (growth Grain ،(والذي يحدث بسبب التسخين إلى درجة حرارة أعلى من الدرجة الحرارية الحرجة العليا (UCT (بالنسبة للصلب قبل اليوتكتويد (eutectoid-Hypo (على أن يعقب ذلك معدل تبريد بطئ وذلك بترك النماذج بالفرن حتى تبرد. أن كبر حجم خاليا البيراليت والفرايت في البنية المجهرية للصلب المعامل حراريا بالتخمير يرافقه نقصان في عددها وبذلك يرافقه نقصان في حدود البلورات (boundary Grain (التي تعد أنو د فضال عن نقصان بسبب قابليتها العالية للتآكل عدد خاليا البراليت التي تمثل خلية التآكل الغلفاني وبذلك من المتوقع إن يقل معدل التآكل بسبب قلة عدد خاليا التآكل الغلفاني . أن خلية التآكل الغلفاني التي تنشأ في البنية المجهرية بين حدود الخاليا وبين الخاليا تسمى بخلية التآكل المجهري (Microcell corrosion)

٢ المعادلة Normalising : يتم تسخين الصلب قبل اليوتكتويد (-eutectoid Hypo (المعامل حراريا بالمعادلة إلى درجة حرارة أعلى من الدرجة الحرارية الحرجة العليا (UCT ، (ثم يبرد الصلب بعد إخراجه من الفرن بالهواء. تمتاز البنية المجهرية للصلب المعامل حراريا بالمعادلة بصغر حجم البلورات (Grains (وازدياد عدد هذه البلورات إذا ما قورنت بالمعاملة بالتخمير لنفس الصلب، ويعود سبب ذلك إلى تأثير معدّل التبريد على البنية المجهرية وعلى حجم الخاليا المجهرية، فعند التبريد البطئ بالفرن)التخميرتأخذ الخاليا حجم أكبر مما يكسبها صفة المطيلية بينما يحدث العكس عند التبريد بالهواء)المعادلة(إذ تظهر الخاليا المجهرية بحجم أصغر وعدد أكثر ليكون الصلب بذلك أصلد وذو مقاومة أعلى من الصلب المعامل حراريا بالتخمير. وبما أن صغر حجم الخاليا المجهرية يؤدي إلى زيادة عددها فأنه بالتالي سيؤدي إلى زيادة حدود البلورات (boundaries Grain (التي تمثل المناطق النودية وخاليا الفرايت التي تمثل المناطق الكاثودية

٣ .التصليد أو التقسية (Hardening : (أن البنية المجهرية للصلب المصلد بالماء هي المارتنسايت الاحادي الطور وهو محلول جامد في حالة فوق الاشباع بالكاربون (Supersaturated(إذ تكون فيه ذرات الكاربون الزائدة عن حد الشباع ذائبة داخل المحلول بالتغلغل بفعل معدل التبريد السريع ، مما يجعل البنية البلورية للمارتنسايت ذات شكل موشور متمركز الجسم (T.C.B) في حالة تعرض الصلب المعامل بالتصليد للتآكل فإن ذلك ليس بفعل التغير بالطوار ونشوء خلية التآكل الغلفاني كما يحدث في المعاملات الحرارية

النتائج والمناقشة

تأثير المعاملات الحرارية على مقاومة التآكل للصلب الكاربوني من أجل دراسة تأثير المعاملات الحرارية على مقاومة التآكل للصلب الكاربوني تم استخدام ثالثة طر ائق للمعاملة الحرارية وهي التخمير و المعادلة و الخماد بالماء وبعد وضع النماذج في ماء كبريت والقيام بتنظيف النماذج من مخلفات التآكل بالطرق التقليدية بعد فترة الاختبار، تم وزن النماذج لحساب الفقدان في الوز ن واستخدمت المعادلة (في حساب معدل التآكل. إن للصلب المعامل حراريا بالتخمير) ايت الذي يمثل البنية المجهرية التي تتكون من الفر المناطق الكاثودية ومن حدود الخلايا التي تمثل المناطق النودية ويسمى هذا النوع من التآكل بالتآكل بين الخلايا المجهرية، كما تتكون البنية المجهرية لهذا الصلب أيضا من البيراليت الذي يشكل خلية تآكل غلفاني بين الطوار المجهرية بسبب اختالف فرق الجهد بين الف والسمنتايت النتائج التي ظهرت، تبين أن أدنى معدل تآكل تم الحصول عليه كان للصلب المعامل حراريا بالتخمير وهذا يؤكد إن لطبيعة المعاملة الحرارية تأثيرا على معدل التآكل من خلل التأثير على البنية المجهرية للصلب المعامل حراريا رغم أن درجة حرارة المعاملة بالتخمير ال تختلف عن درجة حرارة المعاملة بالمعادلة أو التصليد أن الفرق الاساسي بين هذه المعاملات الحرارية يحدث بسبب أسلوب ومعدل التبريد إذ أن الصلب المعامل بالتخمير يتم تبريده ببطء عن طريق بقاء النماذج بالفرن هذا يسمح بإعطاء وقت لنمو الخلايا أكثر من التبريد بالطرق الاخرى مما يؤدي إلى تكون خاليا اكبر من الخلايا التي نراها في البنية المجهريـة للصـلب المعامل بالمعادلة)

وكما هو معروف إن الزيادة في حجم الخلايا المجهرية بعد المعاملة بالتخمير يصحبها نقصان اريت والبيراليت والذي يؤدي إلى في عدد خاليا الف نقصان في الحدود التي بين الخلايا المجهرية مما ينتج عنه نقصان في خاليا التآكل الغلفاني الممثلة ، إن زيادة حجوم الخلايا بالخلايا وحدودها يصاحبه نقصان في المساحة الكلية لحدود هذه الخلايا وبذلك تزداد نسبة المساحة الكاثودية إلى االنودية وبناءا عليه يزداد معدل التآكل للصلب

المعامل حراريا بالتخمير ولكن بنسبة أقل من الصلب المعامل بالمعادلة. إذ إن الخاليا المجهرية للصلب المعامل بالمعادلة تكون أصغر حجما وأكثر عددا من الصلب المعامل بالتخمير فتز داد بذلك الحدود التي بين الخاليا المجهرية كما تزداد عدد خاليا البيراليت والتي بدورها تعمل على زيادة عدد خاليا التآكل الغلفاني بين الطور المجهرية ويزداد معدل التآكل ويتفق ذلك مع ما استنتجه الباحثون نعود إلى نماذج الصلب المعامل بالاخماد بالماء، فأن البنية المجهرية لهذا الصلب تتكون من المارتنسايت وهو محلول جامد في حالة فوق االشباع بالكاربون وهو أحادي الطور، فمن المتوقع إن يكون المارتنسايت أكثر مقاومة للتآكل من البنية المجهرية ثنائية الطور لعدم إمكانية نشوء خاليا التآكل الغلفاني بين الطوار المجهرية كما يحدث . أن احتمال في المعامالت الحرارية الاخرى وجود الجهادات الحرارية الناتجة بفعل معدل التبريد السريع للصلب المعامل بالتصليد بالماء قد وكان يرفع من معدل التآكل لهذا الصلب معدل التآكل أكثر مقارنة بنماذج الصلب المعامل بالتخمير والمعادلة.

ومما سبق يتبين إن معدل التآكل للصلب المستخدم يعتمد على بنيته المجهرية التي تتأثر بنوع وطبيعة المعاملة الحرارية المستخدمة. تاثير وسط التآكل على مقاومة التآكل للصلب الكاربوني

-إن تأثير تركيز أيونات SO_4 ،Cl- الموجودة في ماء عين كبريت والنسبة العالية لهما في هذا الماء سوف تعمل على زيادة معدل التآكل في

- إذ أن زيادة أيون Cl_3 [الصلب الكاربوني في الماء تسبب تسريع عملية التآكل وبالتالي فأن زيادة أيونات الكلوريدات ستؤدي إلى زيادة التوصيلية التي بدورها تزيد من معدل التفاعل الكهروكيميائي وبذلك . وتم الاستفادة من ذلك في [٢١ [يزداد معدل التآكل تقليل فترة االختبار وحصرها بشهر واحد.

أن ماء عين كبريت هو ماء عسر وذلك الحتوائه على تركيز عالي من ايونات الكالسيوم ويتبين ذلك من خالل التحليل الكيميائي له) لذا تكونت طبقة كلسية من كاربونات الكالسيوم ($CaCO_3$ (على النماذج جميعها عند وضعها في الماء وبمرور الزمن إن الكاربونات الكالسيوم فائدة في حماية المعدن من التآكل إذ أن بمرور الزمن سوف تزداد الطبقة الكلسية)كاربونات الكالسيوم(هذه ستكون طبقة عازلة أو شبه عازلة للمعدن عن وسط التآكل

وهذا بدوره سوف يقلل من معدلات التآكل بصورة عامة ولجميع النماذج وهذا يتفق مع استنتاج

الاستنتاجات

إن للمعاملات الحرارية تأثير على معدلات التآكل من خلال تأثيرها على البنية المجهرية وعدد خلايا التآكل الغلفاني بين الأطوار المجهري أو بين الخلايا المجهرية وحدودها، فكلما كان عدد الخلايا المجهري كثيرة وكانت صغيرة الحجم كان معدل التآكل كبي ا ر.وذلك لأن زيادة عدد الخلايا مع صغر حجومها يؤدي إلى زيادة مساحات فرق الجهد بين الخلايا وحدودها وبالتالي زيادة معدل التآكل، وهذا يتفق مع ما أستنتجه الباحثون .

أن احتواء ماء عين كبريت على تركيز عالي من أيونات الكالسيوم أدى إلى تكون طبقة من كربونات الكالسيوم على سطح المعدن، أن هذه الطبقة الكلسيه تعمل على منع وصول الأوكسجين إلى سطح المعدن تعمل كطبقة عازلة للمعدن عن وسط التآكل(وبذلك يقل معدل التآك وهذا يتفق مع استنتاج الباحث)

المصادر

١- Mohammad Y.A., "Study the Influence of Carbon Contents on the Corrosion Resistance of Plain-Carbon Steels Using Selected Corrosion Environments", M.Sc. Thesis of Production and Metallurgy, University of Mosul, Iraq, (2009).

٢- Wadullah H.M., "Influence of Heat treatments on the Corrosion Resistance of Plain-Carbon Steels", M.Sc. Thesis of Production and Metallurgy, University of Mosul, Iraq, (2006)).

٣- Takasaki S., and Yamada Y., " Effects of Temperature and Aggressive Anions On Corrosion of carbon Steel in Potable Water", Journal of Corrosion Science,Vol.49,pp.240-247,(2007).

٤- Winston R., "Uhlig's corrosion Handbook" John Wiley &Sons, Inc., Canada(2000).

٥- Moller H., "The Influence Of Mg+2 on the Formation of Calcareous Deposits on a Freely Corroding Low Carbon Steel in sea Water", Journal of Corrosion Science,Vol.49,pp.1992-2001,(2007).

٦- Abdullah I., and Hossain A.S., "Influence of heat treatment on the corrosion of micro alloyed steel in

Sodium Chloride Solution" The Journal of corrosion .(science and Engineering, Vol. 7, pp.1-12, (2004

٧- Jeffrey T.B., "The effect of Microstructure on Near- Neutral-PH SCC", M. Sc. Thesis of Chemical and Materials Engineering, University of Alberta, .(Canada,(2000

٨- Tomlinsion W.J., and Giles K., "The Microstructures and corrosion of 0.79C Steel Tempered in the range 100-700C°", Journal of Corrosion science, Vol. 23, .(pp.1353-1359,(1983

٩- Antonio R. ,LLC .htt// :www. corrosion doctor.com .(.USA,(2005

١٠- John F.K., "Corrosion Control and Treatment Manual", Kennedy Space Center, Revision C-TM- .584C/Florida,U.S.a,1994

١١- Fontana G. and Green D., "Corrosion Engineering", 3rd Edition, McGraw-Hill .International,U.S.A, 1986

١٢- Winston R., "Uhlig's Corrosion Handbook", John .Wiley & Sons,Ing., Canada,2000

١٣- Roger H., "The Prevention of Corrosion on Structure Steelwork", Construction and Industrial .Center, U.S.A,2001

١٤- Huang R.T., "Corrosion Protection of Carago Tanks", Chevron Shipping Company, Tokyo, Japan,2000.

١٥- William D., and Callister Jr." Fundamentals of Materials Science and Engineering", John Wiley & Sons, Inc., U.S.A, (2001).

١٦- Van Vlack H., "Elements of Materials Science and Engineering", 5th Edition, Wesley Publishing Company, Inc., U.S.A(1985).

١٧- Trethewey K.R., "Corrosion Science and Engineering", 2nd Edition, Wesley Longman Limited, London, U.K.(1996).

١٨- Bollton W., "Engineering Materials Technology", 3rd Edition, Butter Worth-Heinemann, London, U.K.(1998).

١٩- Mohamed Y.Sh., "Strain-Induced Transformation of Very Strong Metal", Master of Philosophy in Materials Modelling, University of Cambridge, London, U.K.2003.

٢٠- Bhadeshia H.K.D., "Martensitic Transformation", Elsevier Science Ltd., London, 2001.

٢١- Corvo F., and Minotas J, "Changes in Atmospheric Corrosion Rate Caused by Chloride Ions Depending on

Rain Regime", Journal of Corrosion Science, Vol. 47,
pp 883-892, 2005

الفـــهرست :

خلاصة.....ص٢

مقدمة ص٤

الفصل الاول ص٥

الفصل الثاني ص١٤

النتائج والمناقشة.....ص٢١

استنتاجـــات ص٢٤

المصـــــادر.....ص٢٥