

تأثير معاملة التلدين المتوسط على الصلادة المجهرية ومقاومة التآكل

لصلب النيكل - كروم

فاضل ضياح بدر
مدرس مساعد
المعهد التقني /كوفة

راهي عبد حسن العبيدي
مدرس
المعهد التقني /كوفة

خلاصة البحث

تم في هذا البحث دراسة تأثير معاملة التلدين المتوسط على الصلادة المجهرية ومقاومة التآكل لصلب النيكل - كروم (3.2%Ni-1.57%Cr) ، حيث تم تحضير عينات منه وأجريت عليها عملية الكربنة والتصليد والمراجعة وأضيفت لها عملية التلدين المتوسط وذلك بتسخينها لدرجات حرارة تلدين متوسط مختلفة ($790, 770, 750^{\circ}\text{C}$) وهي بين درجتي الحرارة الحرجتين العليا (A_{C3}) والسفلى (A_{C1}) لضمان الحصول على تركيب بلوري يحتوي على طورَي الفريت ($\alpha\text{-Fe}$) و الأوستنايت ($\gamma\text{-Fe}$) عند التسخين وعلى صلب ثنائي الطور عند الإخماد بالزيت ولفترات زمنية مختلفة أيضا (75,60,45 min) لغرض توزيع الكربون بصورة منتظمة في الصلب المستخدم قبل عملية التصليد .

استخدمت في هذا البحث طريقة الفقدان في الوزن كدالة لقياس مقاومة التآكل لصلب النيكل - كروم بعد تعريضه لمحلول (3.5% NaCl) كوسط للتآكل ولفترات زمنية مختلفة (2 Day ، 4 ، 5 ، 8 ، 10) . أظهرت النتائج العملية أن قيم الصلادة تزداد أو تقل اعتمادا على كلا من زمن ودرجة حرارة التلدين المتوسط .

كما أظهرت الدراسة زيادة مقاومة التآكل بصورة رئيسية نتيجة لزيادة درجة حرارة التلدين المتوسط في حين تنخفض مع زيادة زمن التثبيت .

وقد أوضحت النتائج العملية أن أفضل قيمة للصلادة والتي تم الحصول عليها عند درجة حرارة تلدين المتوسط (750°C) ولزمن تثبيت (58min) وإن أفضل مقاومة للتآكل كانت بدرجة الحرارة تلدين متوسط مقدارها (790°C) و بزمن تثبيت (45 min) وزمن غمر (2 Day) .

INFLUENCES OF THE INTERMEDIATE ANNEALING TREATMENT ON THE MICRO-HARDNESS AND CORROSION RESISTANCE OF NICKEL – CHROMIUM STEEL

ABSTRACT

The effect of intermediate annealing treatment on the micro-hardness and corrosion resistance for Nickel – Chromium (3.2%Ni-1.57%Cr) alloy steel was carried out in this investigation, specimens from this steel were prepared and carburized, hardened and tempered, and intermediate annealing process was added at different temperature (750,770, and790⁰C)to achieve a structure of ferrite (α -Fe) and austenite(γ -Fe) phases by heating and then dual-phase structure by quenching in oil and at different times (45, 60, and75 min) to uniform the distribution of carbon in this alloy steel before hardening process.

The loss of weight method was used as a function to measure the corrosion resistance for Nickel - Chromium alloy steel after embedded in (3.5%NaCl) solution as an aggressive media for different holding times (2, 4,5,8 and 10 Days) .

It was found that was an increase or decrease in the hardness depending on the temperature of the intermediate annealing treatment and its holding time.

The study also showed an increase in the corrosion resistance mainly due to the temperature of the intermediate annealing treatment and decrease when the holding time increase .

The experimental results showed that the best micro-hardness value was found at(750⁰C) intermediate annealing temperature for (58min) holding time and the best corrosion resistance was achieved at (790⁰C) with(45 min) holding time and (2Day) embedded time .

المقدمة

يعتبر التآكل من المشاكل التي تواجه الصناعة لما تسببه من خسائر مادية باهظة وكبيرة نتيجة للتغيير في أبعاد المنتجات ودرجة النعومة السطحية لها مما يؤدي إلى تلف تلك الأجزاء وعدم أداء وظيفتها بالشكل المطلوب ،ولذلك أصبح من الضروري دراسة العوامل المتعلقة بالتآكل لتقليل كلف الصيانة وإطالة عمر المنتجات [Da Trrdade siloh et al. ، 2004, I.I.S.ا، 2009] .

يتصف صلب النيكل - كروم بمقاومته المنخفضة للتآكل وخصوصا في الأوساط الحامضية المؤكسدة ،ولتحسين الخواص الميكانيكية ومقاومة التآكل له تتبع عدة إجراءات منها إضافة بعض العناصر التسابكية مثل الموليبدنيوم والنتروجين كما هو في سبائك (Cr-Ni-Mo) والتي تدخل في خطوط إنتاج المصانع الكيميائية التي تعمل بأوساط تآكل عالية، أو بإجراء بعض المعاملات الحرارية وذلك للحصول على البنية المجهرية المارتنسائيتية والتي تمتاز بمقاومتها العالية للتآكل بنوعيه الميكانيكي والكيميائي [Lv et al. ، 2008 ، Strobel et al. ، 2005] .

لقد أجريت عدة دراسات حول إمكانية تحسين خواص هذه السبائك من خلال إجراء بعض المعاملات الحرارية لصلب النيكل - كروم الاوستنايتي المشكل على هيئة مقاطع زاوية حيث أعطى إجهاد خضوع (1090Mpa) نسبة إلى إجهاد الخضوع الابتدائي (320Mpa) [Dobatkin et al. ، 2004 ، Grovg. ، 1992] .

يعتبر التلدين من المعاملات الحرارية التي تجرى عادة لغرض تطرية الصلب وزيادة حجم حبيباته حيث يؤدي إلى تغيير في البنية المجهرية للمعادن والسبائك والتي تؤثر على خواصها فيما بعد مثال ذلك عمليات التلدين المستخدمة للصلب لغرض تقويته وإكسابه مقاومة تآكل جيدة [Oguzhan Kelestemur et al. ، 2010 ، Farabi et al. ، 2009] .

لقد استخدمت عدة درجات حرارية لعملية التلدين المتوسط ولفترات زمنية مختلفة لغرض تحسين المقاومة (strength) والمتانة (Toughness) للصلب ثنائي الطور عالي المارتنسايت [Biro Rajan et al. ، 1988، et al. 2010].

تم في هذا البحث دراسة سلوك الصلب المارتنسايتي الذي يمتاز بخواص ميكانيكية جيدة ومقاومته العالية للتآكل وخصوصا صلب النيكل - كروم (3.2%Ni-1.57%Cr) من خلال دراسة تأثير درجة حرارة التلدين المتوسط وزمن التثبيت على الصلادة المجهريه ومقاومة التآكل والنسبة المئوية للجزء الحجمي للمارتنسايت Ms% لصلب النيكل-كروم (3.2%Ni-1.57%Cr)، حيث تمت كربنة عينات منه لزيادة تركيز الكربون على سطح الصلب وأضيفت عملية التلدين المتوسط لغرض توزيع الكربون بصورة منتظمة في البنية المجهريه للصلب والذي يؤثر بدوره على بعض خواصه مثل الصلادة والتآكل [Rajput ، 2007 ، Bello et al. ، 2010 ، Biro et al. ، 2006 ، et al.].

الجزء العملي

1- تحضير العينات وإجراء المعاملات الحرارية

تم تحضير عدد من العينات من صلب النيكل-كروم (3.2%Ni-1.57%Cr) بأقطار (8 mm) و (12mm) وبطول (100mm) والموضح تركيبه الكيميائي في الجدول 1 ، حيث تم كربنتها وذلك بغمرها في محلول سيانيد الصوديوم (40%NaCN) في درجة حرارة (850⁰C) وخلال زمن (120min) وذلك باستخدام جهاز نوع (AMADA SR 6314 Japan 1996) وبالتعاون مع شركة نصر العامة للصناعات الميكانيكية ، وقيست الصلادة المجهريه للعينات المكرنة حيث وجدت صلادتها المجهريه الابتدائية (40HRC) ، كما أجريت عملية التصليد للعينات المكرنة وذلك بتسخينها لدرجة حرارة (820⁰C) ولفتره زمنية (60min) ثم الإخماد بالزيت والذي يمتاز بالسيولة العالية وذلك لزيادة معدل انتقال الحرارة و خالي من الماء ودرجة حرارته (60⁰C) مع التقليب السريع لها [Krauss ، 1990]، بعد ذلك أجريت عملية المراجعة للعينات المقاسة أعلاه وذلك بالتسخين لدرجة حرارة (180⁰C) ولزمن (120min) والتبريد في الهواء وذلك باستخدام فرن كهربائي نوع (Carbolite) انكليزي المنشأ أقصى درجة حرارة يصل لها (1200⁰C) والشكلان 1 و2 يوضحان دورة المعاملة الحرارية المستخدمة .

و لدراسة تأثير درجة حرارة التلدين المتوسط على الصلادة المجهريه ومقاومة التآكل والنسبة المئوية للجزء الحجمي للمارتنسايت Ms% للصلب أعلاه فقد تم إجراء المعاملات الحرارية (الكربنه، التلدين المتوسط ، التصليد والمراجعة) على عينات من صلب النيكل - كروم المحضر والشكل 3 يوضح دورة المعاملة الحرارية المستخدمة .

إن الهدف من كربنة صلب النيكل - كروم (3.2%Ni-1.57%Cr) هو لزيادة تركيز الكربون على سطح الصلب [7]، وأجريت عملية التلدين المتوسط لغرض توزيع الكاربيدات بصورة منتظمة في البنية المجهريه

تأثير معاملة التلدين المتوسط على الصلادة المجهرية ومقاومة التآكل لصلب النيكل - كروم

له ، حيث تم اختيار درجات حرارة تلمدين متوسط مختلفة (750° C ، 770 ، 790) وهي بين درجتي الحرارة الحرجتين العليا (A_{C3}) والسفلى (A_{C1}) لضمان الحصول على تركيب بلوري يحتوي على طوري الأوستنايت- γ (Fe) و الفرايت (α -Fe) عند التسخين وللحصول على الصلب ثنائي الطور عند الإخماد بالزيت [Steven et al.، 2007 ، Andrews، 1965، al.] وفترات زمنية مختلفة أيضا (45min ، 60 ، 75) لغرض توزيع الكربون بصورة منتظمة في الصلب المستخدم قبل عملية التصليد. [Trrdade siloh et al.، 2004، Dobatkin et al.، 2004]

2- التركيب المجهرى Microstructure

لغرض تحليل التركيب المجهرى لصلب النيكل - كروم (3.2%Ni-1.57%Cr) فقد استخدمت عينات منه اسطوانية الشكل قطرها (12 mm) وطول (10 mm) ، تم تنعيم سطوح هذه العينات بواسطة ورق تنعيم بدرجات نعومة مختلفة (800،600،400،320،220 μ m) بعد ذلك تم صقلها بواسطة جهاز الصقل و بإضافة معجون الماس حجم حبيباته (7 μ m) كمادة مساعده للصقل، بعدها تم إظهار سطح العينات بمعالجتها بواسطة محلول الإظهار المتكون من (2%HNO₃) و (98%Alcohol) لمدة (10 sec)] [Dobatkin et al.، 2004 ، وبعد إكمال جميع مراحل تحضير العينات للفحص المجهرى تم تصويرها باستخدام المجهر نوع (Optika Microscopes-Italy) لإظهار التراكيب المجهرية للصلب المستخدم والشكل 4 يوضح نماذج لبعض التراكيب المجهرية .

لقد تم حساب النسبة المئوية للجزء الحجمي للمارتنسايت Ms% باستخدام طريقة العد النقطي (Point-Counting) ورسمت العلاقة البيانية بين النسبة المئوية للجزء الحجمي للمارتنسايت Ms% ودرجة حرارة التلدين المتوسط وكما موضح في الشكل 5.

3- الصلادة المجهرية Micro - Hardness

اجري اختبار الصلادة بطريقة روكويل (HRC) للعينات المحضرة ، حسب المواصفة البريطانية (BS 891. 1962) حيث قيست الصلادة المجهرية و رسمت العلاقة البيانية بين الصلادة وزمن التثبيت وبين الصلادة درجة حرارة تلمدين متوسط وكما موضح في الشكلين 6 و 7 على التوالي.

4- حساب معدل التآكل

تم تحضير عينات أسطوانية الشكل من صلب النيكل - كروم المحضر بقطر (8mm) وطول (20mm) لكل منها حيث أجريت عليها عمليات تنعيم وصقل، بعد ذلك تم وزن العينات باستخدام ميزان حساس نوع (Optika Level SR 6532-Italy) وغمرت في محلول (3.5 %NaCl)

ولفترات زمنية مختلفة (2 Day ، 4 ، 5 ، 8 ، 10) ، ثم أخرجت من المحلول وتم تجفيفها وأعيد وزنها ثانية ، بعد ذلك تم حساب مقدار الفقدان في الوزن باستخدام المعادلة التالية:- [I.I.S.I ، 2009]

$$W = \frac{Mg - Mi}{A} \text{ mg/cm}^2$$

حيث أن :

Mg = كتلة العينة قبل الغمر في وسط التآكل .

Mi = كتلة العينة بعد فترة من وقت الغمر .

A = المساحة السطحية للعينة cm^2 .

لقد رسمت العلاقة البيانية بين نسبة الفقدان في الوزن وزمن التثبيت وكما موضحة في الشكل 8.

المناقشة :

يتضح من الشكل A → G-4 إن التركيب ألمجهري للصلب المستخدم قبل إجراء المعاملة الحرارية هو عبارة عن طور البرلايت في أرضية من الفرايت ، إما بعد إجراء المعاملة الحرارية فان البنية المجهرية هي عبارة عن أرضية من الفرايت فيها طور المارتنسايت بنسبة (41% Ms) وذلك عند التسخين لدرجة حرارة تليدين (750°C) ولزمن تثبيت (60min) ، وعند زيادة درجة حرارة التليدين المتوسط إلى (770°C) ولزمن تثبيت (75min) أصبحت البنية المجهرية عبارة عن أرضية من المارتنسايت بنسبة (63%Ms) فيها طور الفرايت في حين عند التسخين لدرجة حرارة تليدين (790°C) ولزمن تثبيت (45min) ازدادت النسبة المئوية للجزء ألمجمي للمارتنسايت حيث بلغت (74%Ms) بالرغم من انخفاض زمن التثبيت ، من هذا يتضح انه كلما زادت درجة حرارة التليدين المتوسط زادت النسبة المئوية للجزء ألمجمي للمارتنسايت وهذا ناتج من تحول الفرايت إلى اوستنايت بالتسخين وعند الإخماد بالزيت يتحول الاوستنايت إلى مارتنسايت، فكلما زادت درجة حرارة التليدين المتوسط ارتفعت نسبة البرلايت المتحول إلى الاوستنايت بالتسخين والذي يتحول إلى مارتنسايت بالإخماد فيما بعد [I.I.S.I ، 2009 ، Da Trrdade siloh et al. ، 2004] .

من الشكلين 6 و7 يتضح بان زمن التثبيت ودرجة حرارة التليدين المتوسط يؤثران على مقدار الصلادة حيث وجد أن الصلادة الابتدائية للصلب المستخدم قبل المعاملة الحرارية للعينات المكرينة كانت (40HRC) ، في حين عند التسخين لدرجة حرارة تليدين متوسط (770°C) ولجميع أزمان التثبيت تنخفض الصلادة و ذلك بسبب تحلل الكاربيدات وزيادة الحجم الحبيبي للمارتنسايت نتيجة التسخين لتلك الدرجة الحرارية ثم تزداد مع مرور الزمن لتحول قسم من الفرايت إلى اوستنايت عند التسخين والذي يتحول بدوره إلى مارتنسايت عند الإخماد [Biro et al. ، 2010]، وفي جميع الأحوال هي اقل من صلادة الصلب الأصلية [Farabi et al. ، 2010].

تأثير معاملة التلدين المتوسط على الصلادة المجهريّة ومقاومة التآكل لصلب النيكل - كروم

بينما ترتفع صلادة العينات الملدنة بدرجة حرارة (790°C) في البداية عند زمن تثبيت قليل (45 min) بسبب تحول كمية كبيرة من الفريت إلى اوستنايت نتيجة للتسخين والذي يتحول عند الإخماد إلى مارتنسايت لتصل إلى (53HRC) ثم تنخفض بشكل حاد بزيادة زمن التثبيت حتى تصل إلى (39.4HRC) وهي تقريبا نفس صلادة المعدن قبل إجراء المعاملة الحرارية بعد مرور زمن تثبيت قدره (56min) وذلك بسبب تحلل الكاربيدات وزيادة الحجم الحبيبي للمارتنسايت، بعدها تنخفض الصلادة بمعدل انخفاض كبير نسبيا عند زيادة زمن التثبيت إلى (75 min) لتصل إلى (33.5HRC) [Oguzhan, Farabi et al., 2010].
[Kelestemur et al., 2009]. بينما تزداد صلادة العينات الملدنة بدرجة حرارة (750°C) ولزمن تثبيت لغاية (60min) لتصل إلى أعلى قيمة لها (58.8HRC) وذلك بسبب تحول كمية كبيرة من الفريت إلى اوستنايت نتيجة للتسخين والذي يتحول عند الإخماد إلى مارتنسايت ثم تنخفض بشكل حاد حتى تصل إلى نفس صلادة المعدن الأصلية عند زمن تثبيت قدره (72min) وتستمر بالانخفاض الحاد مع زيادة زمن التثبيت وذلك بسبب تحلل الكاربيدات وزيادة الحجم الحبيبي للمارتنسايت لتصل إلى (36HRC) وهي أقل من صلادة المعدن الأصلية [Bello et al., 2007, Rajput et al., 2006].

الشكل 8 يبين ارتفاع مقدار فقدان في الوزن بصورة عامة عند زيادة زمن الغمر ولجميع درجات حرارة التلدين المتوسط المستخدمة أي انخفاض مقاومة المعدن للتآكل كلما زاد زمن الغمر .
تؤثر درجة حرارة التلدين المتوسط على مقدار فقدان في الوزن ، فيقل مقدار فقدان في الوزن بارتفاع درجة حرارة التلدين المتوسط ولجميع أزمان التثبيت أي تزداد مقاومة المعدن للتآكل وذلك لظهور طور المارتنسايت في البنية المجهريّة والذي يمتاز بمقاومته العالية للتآكل من جهة وانتظام توزيع الكاربيدات فيها من جهة أخرى [I.I.S.I., 2009 Strobel et al., 2005].

كما أن أفضل مقاومة تآكل والتي يستدل عليها من أقل نسبة فقدان في الوزن كانت بدرجة حرارة (790°C) ولزمن تثبيت (2 Days) وذلك بسبب ارتفاع النسبة المئوية للجزء الحجمي للمارتنسايت حيث بلغت (74.3% Ms) [Maffei et al., 2005, Higgins, 1998].

الاستنتاجات:

من النتائج العملية للبحث يتضح ما يلي:

- 1- يؤثر التلدين المتوسط على الصلادة المجهريّة لصلب النيكل - كروم (3.2%Ni-1.57%Cr) حيث تزداد أو تنخفض بالاعتماد على درجة حرارة التلدين المتوسط وزمن التثبيت .
- 2- إن أفضل درجة حرارة تلدين متوسط للحصول على أعلى صلادة مجهريّة ممكنة (58.8HRC) هي (750°C) وبزمن تثبيت (58min) حيث بلغت نسبة الزيادة في الصلادة المجهريّة (47.74%).
- 3- تزداد مقاومة التآكل لصلب النيكل - كروم (3.2%Ni-1.57%Cr) مع زيادة درجة حرارة التلدين المتوسط وتنخفض مع زيادة زمن التثبيت.
- 4- تزداد النسبة المئوية للجزء الحجمي للمارتنسايت بزيادة درجة حرارة التلدين المتوسط.

5 - تزداد مقاومة التآكل لصلب النيكل - كروم (3.2%Ni-1.57%Cr) بزيادة النسبة المئوية للجزء الحجمي للمارتنسايت .

REFERENCES

- Andrews, K. W.. "Empirical Formulae for the Calculation of Some Transformation Temperatures". J. Iron Steel Institute,1965, 203 pp. 721-727.
- Bello K.A. Hassan, S.B. , Abdulwahab M., Shehu U. , Umoru L.E. , Oyetunji A. , Suleiman I.Y., "Effect of Ferrite-Martensite Micro structural Evolution on Hardness and Impact Toughness Behavior of high Martensite Dual Phase Steel".Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 1(4) , 2007 pp. 407-414.
- Biro E., McDermid J.R., Embury J.D., and Zhou Y.: Metallurgical Material Transformation Advanced, 2010, vol. 41A, pp. 2348-56.
- Committee on Automotive Applications: Advanced High Strength Steel (AHSS) Application Guidelines, International Iron and Steel Institute, Middletown, Ohio, Version 4.1, 2009, pp. 1-4.
- Da Trrdade siloh V. B ., Guimar aes A. S. ., payao filho J. da C , Paranhos R., "Normalizing heat tertment effects on low alloy steel weld metals". Journal of Brazilian Society of mechanical sciences and engineering , Vol. 26,2004 , pp.84.
- Dobatkin S.V. ., Rybal'chenko O.V ., Raabb G.I, " References Structure formation, phase transformation and properties in Cr-Ni austenitic steel after equal-channel angular pressing and heating". Acta Materialia 52 , 2004, pp. 1023-1037.
- Farabi N., Chen D.L, Li J., Zhou Y., and Dong S.J.: Material Science Engineering Advanced, vol. 527, 2010, pp. 1215-22.
- Grossmann, M. A. and Bain, E. C., " Principles of Heat Treatment" 5th Edition, American Society for Metals,1964, p 112-118
- Grovg, O. "Microstructure and properties of steel weld metals in : D. L. olson and T. H. North (eds.) ferrous Alloys weld ments" Transaction technical Publications, 1992, pp. 21- 46.
- Higgins, R.A., "properties of engineering materials", 2nd ed., Viva books, private Ltd, new Delhi,1998.
- Krauss, G., " Steels: Heat Treatment and Processing Principles" ASM International, 1990,pp163-178.
- Lv Z.Q., Sun S.H., Wang Z.H., Qv M.G., Jiang P., and Fu W.T.: Material Science Engineering Advanced, vol. 489, 2008, pp. 107-12.
- Maffei B., Salvatore W., and Valentini R., "Dual-Phase Steel Rebar for High Ductile R.C. Structures, Part 1: Micro structural and Mechanical Characterization of Steel Rebars", Engineering Structures, 2007 , pp. 3325-3332.

تأثير معاملة التلدين المتوسط على الصلادة المجهرية ومقاومة التآكل لصلب النيكل - كروم

Oguzhan Kelestemur, and Servet Yildiz. "Effect of various dual-phase heat treatments on the corrosion behavior of reinforcing steel used in the reinforced concrete structure". Construction and building materials 23 Issue 1, 2009, pp.78-84.

Rajan , T.V: Sharna C. P; sharma A "Heat treatment principles and techniques" prentice – Hall of India, private Ltd. New Delhi, 1988, pp. 289.

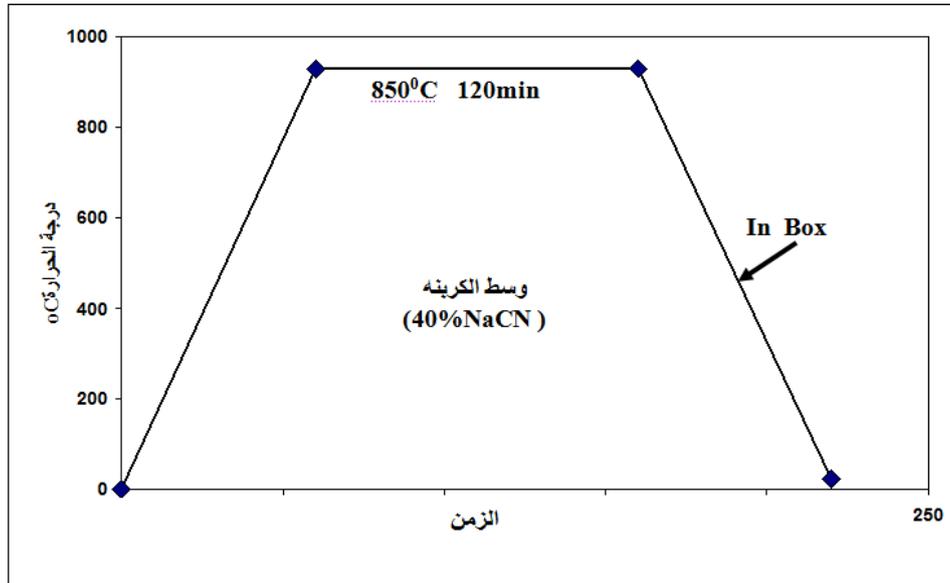
Rajput, R. K., "Engineering materials and metallurgy", 1st ed. Schand and co. new Delhi ,2006, pp. 66.

Steven, W. and Haynes, A. G.. "The Temperature of formation of Martensite and Bainite in Low Alloy Steels". J. Iron Steel Institute. 1956, 183 pp. 349-359.

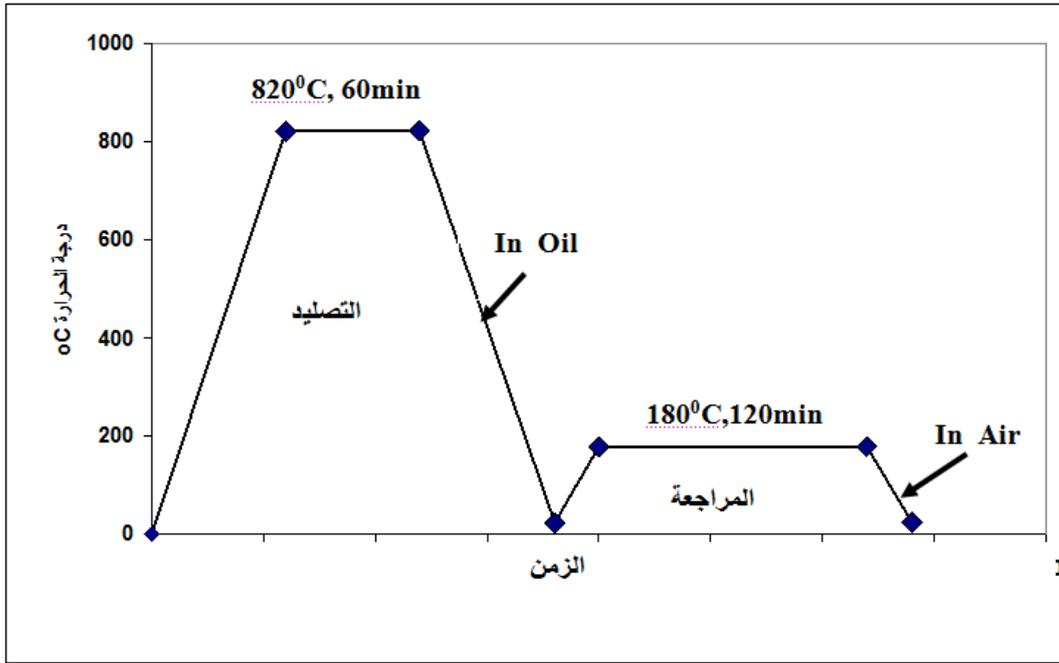
Strobel E. F, Mariano N.A, Strobel K., Dionizio M.F., "Effect of the Heat Treatment in the Resistance Corrosion of a Martensitic Stainless Steel CA6NM". 2nd Mercosur Congress on Chemical Engineering. Available online, 2005 .

جدول 1 التركيب الكيميائي لصلب النيكل - كروم المستخدم. تم التحليل في شركة نصر العامة للصناعات الميكانيكية.

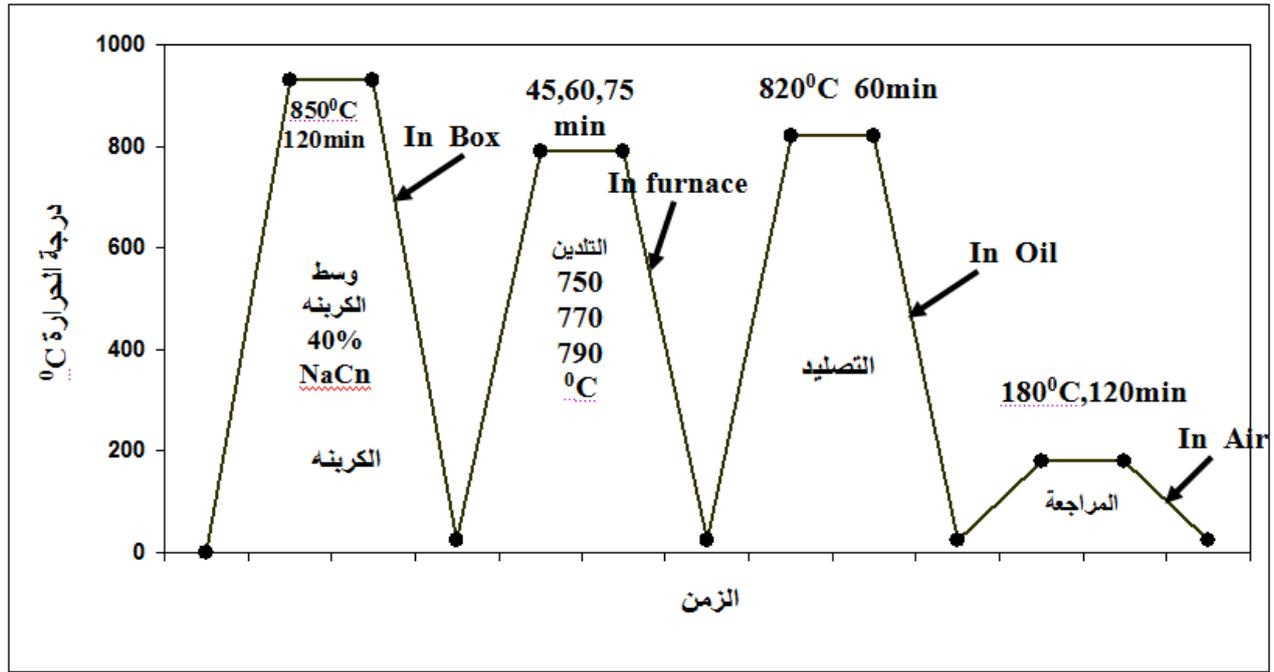
العنصر	C	Ni	Cr	Mo	S	P	Mn	Fe
Wt %	0.20	3.2	1.57	0.12	0.04	0.03	0.7	Rem.



شكل 1 دورة المعاملة الحرارية (الكرينه) للصلب المحضر.

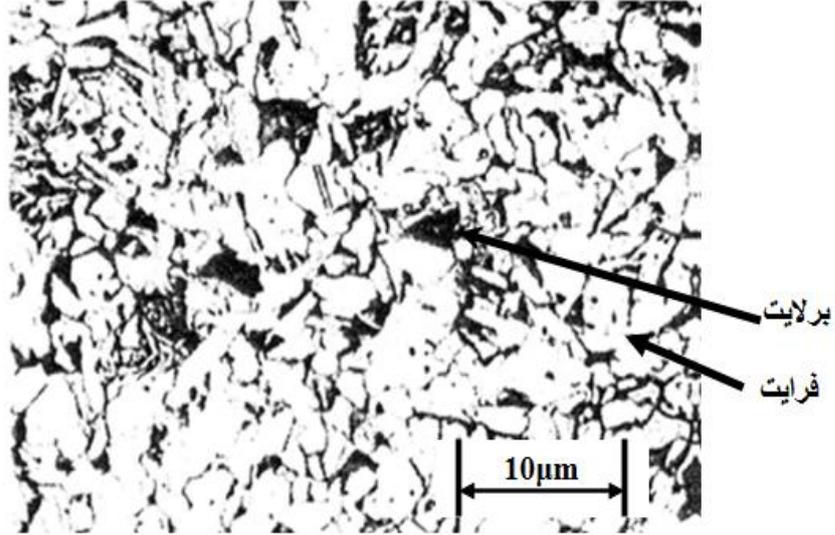


شكل 2 دورة المعاملة الحرارية (التصليد، المراجعة) للصلب المحضر .

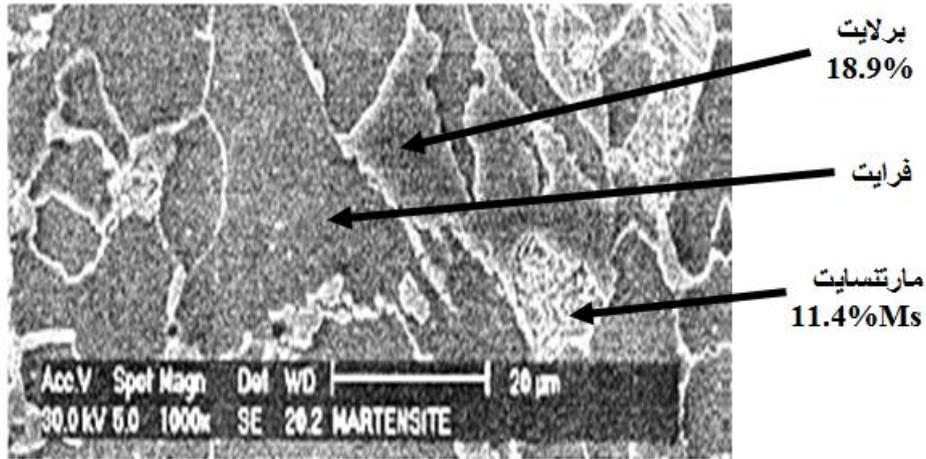


شكل 3 دورة المعاملة الحرارية (الكربنه ، التلدين المتوسط ، التصليد والمراجعة) للصلب المحضر .

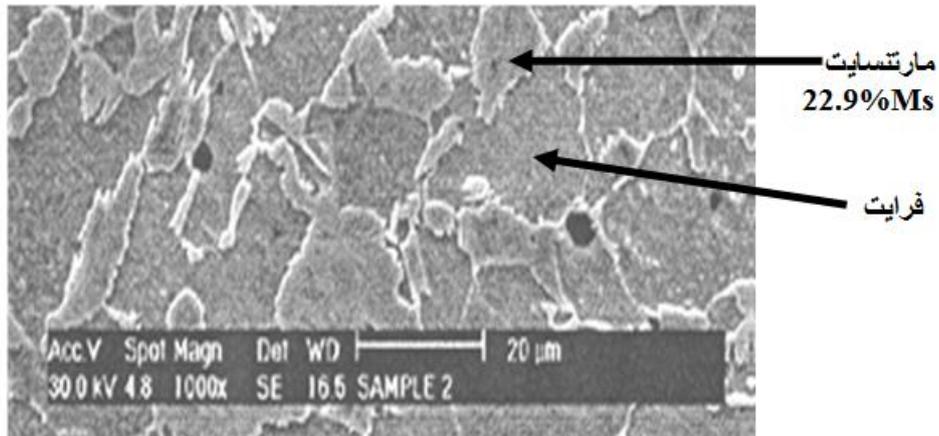
تأثير معاملة التلدين المتوسط على الصلادة المجهرية ومقاومة التآكل لصلب النيكل - كروم



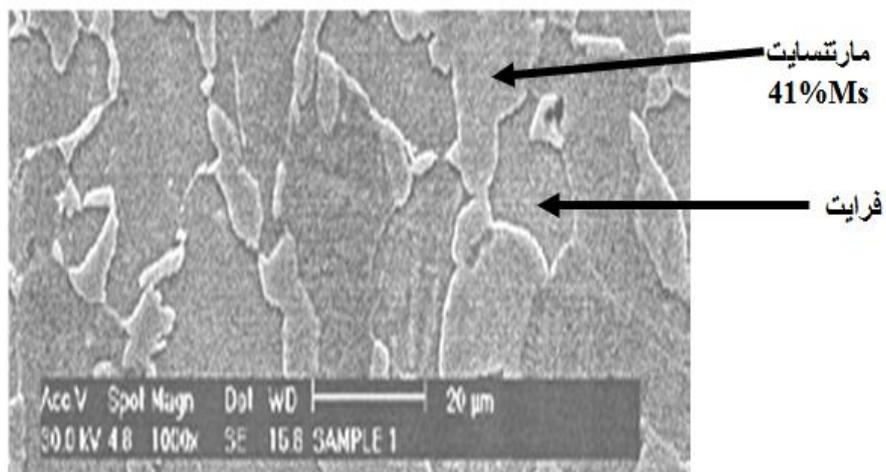
A - العينة قبل المعاملة (X200).



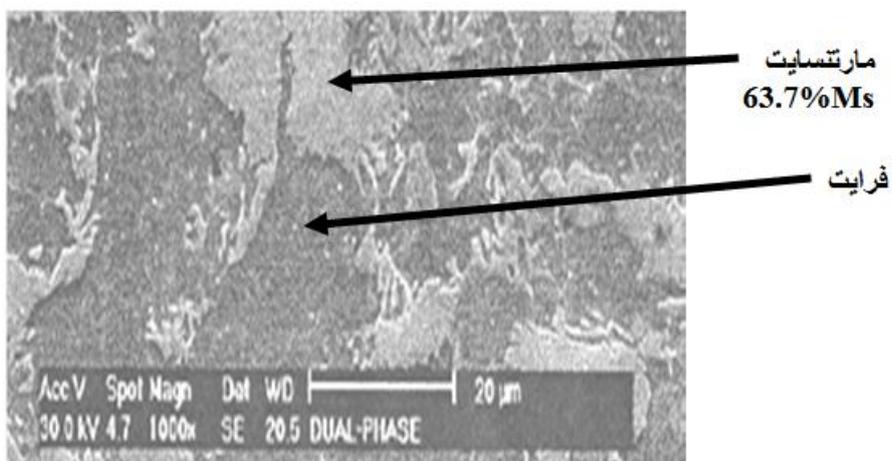
B - العينة ملدنة عند (725⁰C) ، زمن التثبيت (60 min) ، قوة التكبير (X1000).



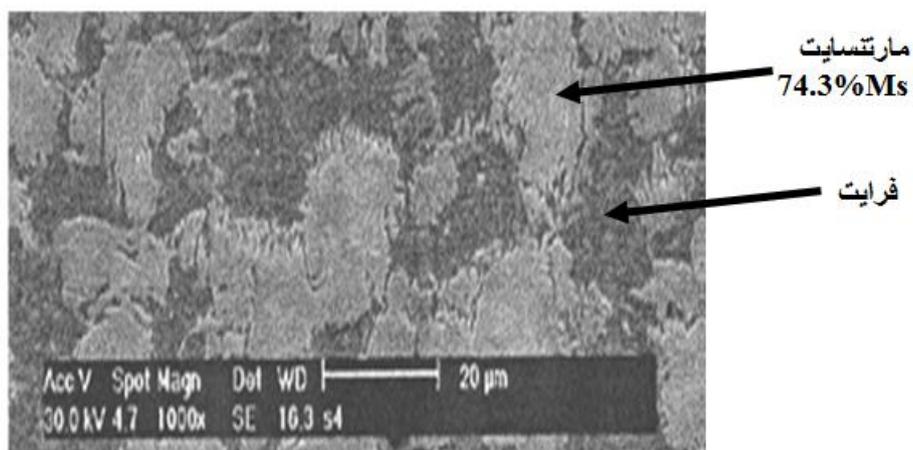
C - العينة ملدنة عند (735⁰C) ، زمن التثبيت (75 min) ، قوة التكبير (X1000).



D - العينة ملدنة عند (750 °C) ، زمن التثبيت (60 min) ، قوة التكبير (X1000) .

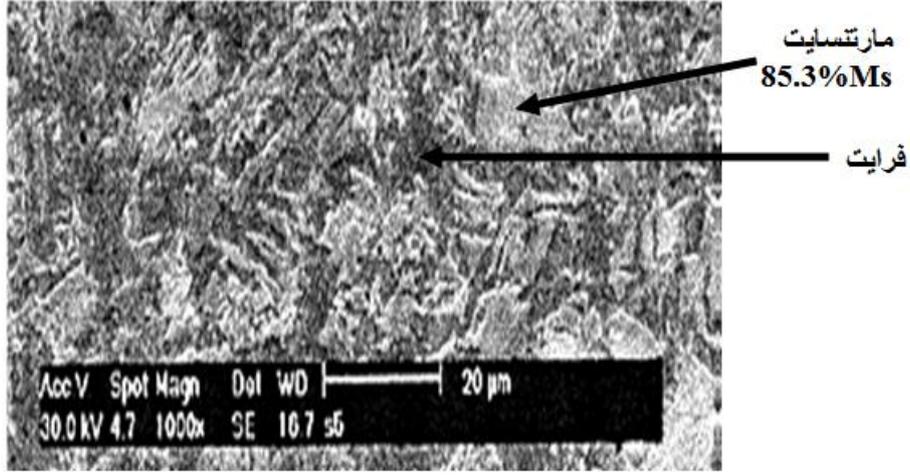


E - العينة ملدنة عند (770 °C) ، زمن التثبيت (75 min) ، قوة التكبير (X1000) .



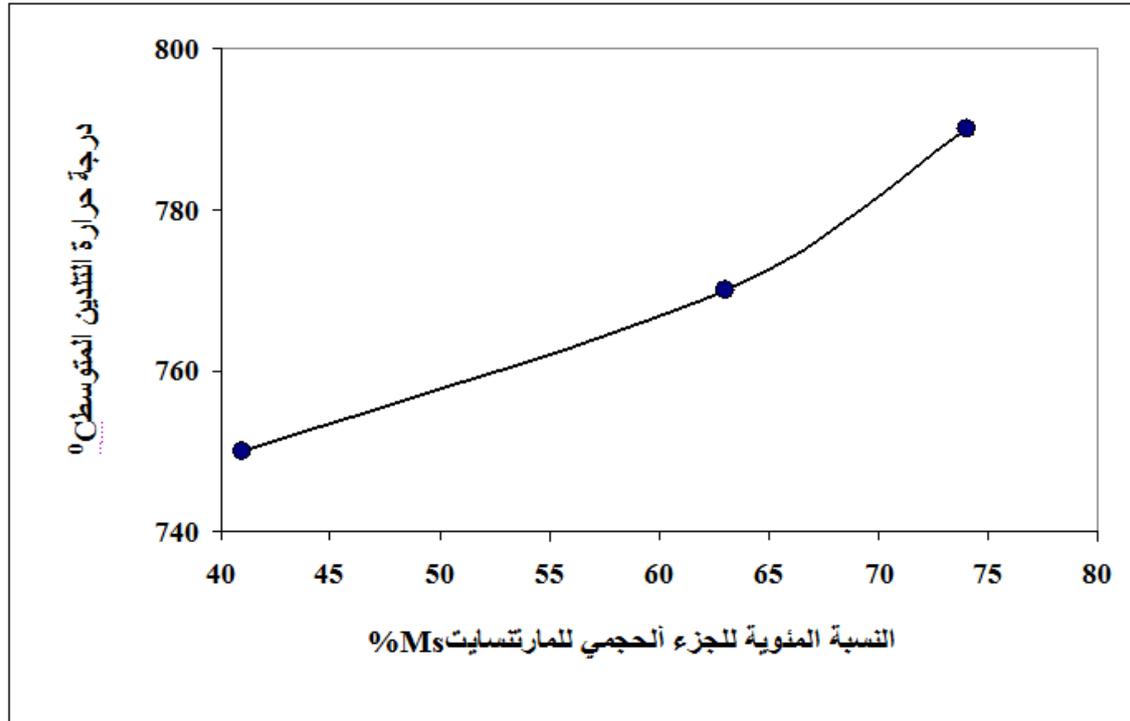
F - العينة ملدنة عند (790 °C) ، زمن التثبيت (45 min) ، قوة التكبير (X1000) .

تأثير معاملة التلدين المتوسط على الصلادة المجهرية ومقاومة التآكل لصلب النيكل - كروم

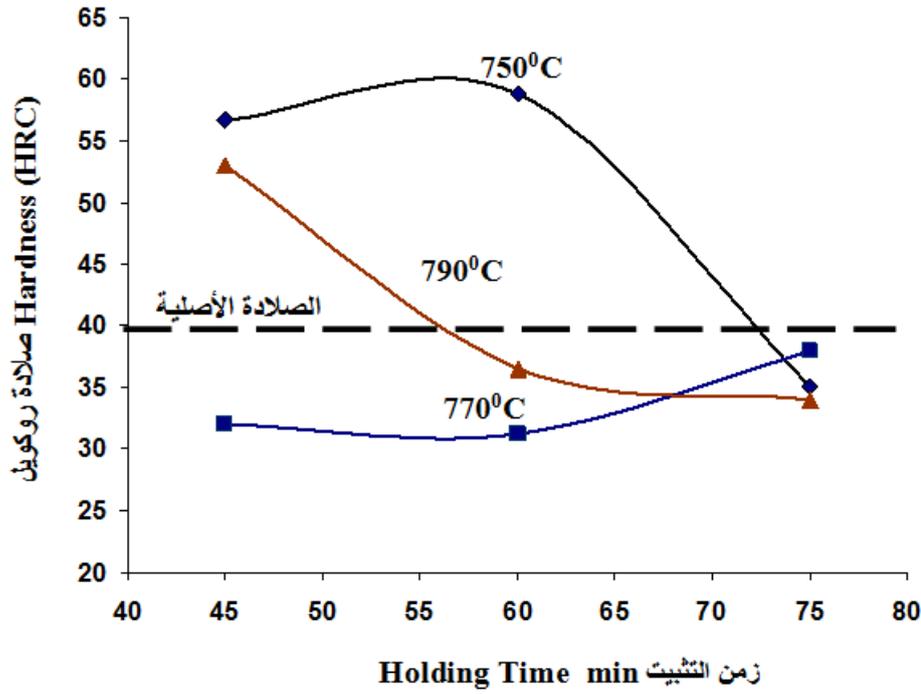


G - العينة ملدنة عند (815°C) ، زمن التثبيت (45 min) ، قوة التكبير (X1000).

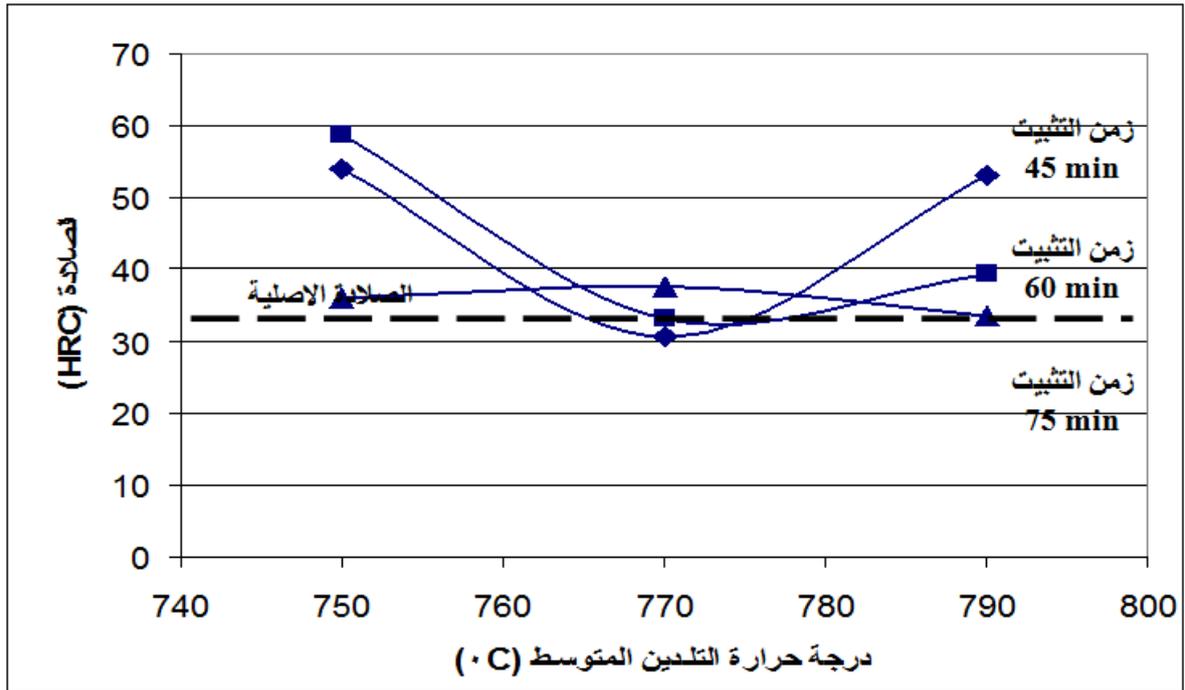
شكل 4 التراكيب المجهرية للصلب المحضر بدرجات حرارة تليدين متوسط وأزمان تثبيت مختلفتين.



شكل 5 العلاقة بين درجة حرارة التلدين المتوسط و النسبة المئوية للجزء الحجمي للمارتنسايت للصلب المحضر

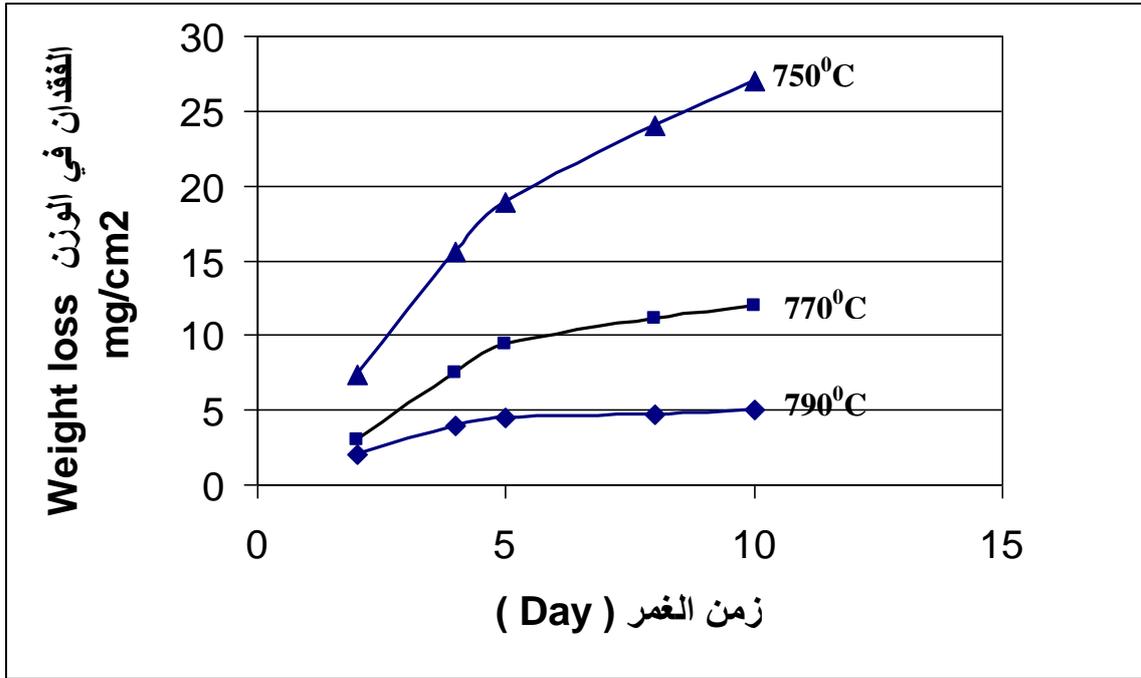


شكل 6 العلاقة بين الصلادة المجهرية و زمن التثبيت لدرجات حرارة تليدين متوسط مختلفة.



شكل 7 العلاقة بين الصلادة المجهرية و درجة حرارة التليدين المتوسط ولازمان تثبيت مختلفة.

تأثير معاملة التلدين المتوسط على الصلادة المجهرية ومقاومة التآكل لصلب النيكل - كروم



شكل 8 العلاقة بين نسبة الفقدان في الوزن وزمن الغمر.