دراسة كفاءة ماء البحر في عملية التصليد لنوعين من الصلب الكربوني (1045-ASTM) و (1060-ASTM)

حسن غيث لامه. مصطفى علي الحجاج. محمد التهامي الصويعي. صلاح الدين بشير الشريف.
كلية التقنية الهندسية جنزور

الملخص

يعتبر الصلب الكربوني من اهم انواع المعادن الصناعية من حيث سعة الاستخدام عالمياً لما يتمتع به من مواصفات فنية مطلوبة وكذلك كلفته المنخفضة، ويتميز الصلب الكربوني بإمكانية الحصول لنفس نوع الصلب على خواص متميزة جديدة من خلال المعالجات الحرارية.

في هذه الورقة البحثية تم تنفيذ عمليات تصليد مختلفة على نوعين من الصلب الكربوني (القابل للتصليد) وهما صلب نوع (1045-ASTM) ونوع (1060-ASTM) وهما نوعان من الصلب واسعي الاستخدام صناعياً، وتم استخدام ماء البحر في عمليات التصليد وبمقارنة النتائج مع نتائج استخدام المحلول الملحي (10%) والماء المقطر تم الحصول على نتائج ملموسة بأفضلية استخدام ماء البحر في عمليات التصليد لنوعي الصلب الكربوني وبما يؤكد على امكانية التوصية بإحلال ماء البحر بدلاً من المحلول الملحي في عمليات التصليد لما يوفر من كفاءة فنية (صلادة اعلى) وكذلك كلفتة المنخفضة.

الكلمات الدالة صلب كربوني، ماء البحر، محلول ملحي، التصليد. الصلادة.

1- المقدمة

الصلب الكربوني هو سبائك من الحديد والكربون مع وجود بعض العناصر السبائكية بنسب قليلة جداً بما يسمح بالاتفاق على اعتبارها شوائب ليس لها تأثير ملموس على الصلب الكربوني، وما وضع الصلب الكربوني في مكانة متقدمة جداً في الاستخدام الصناعي عالمياً هي الخواص التي يقدمها وكذلك توفره بشكل واسع وكلفته المعتدلة، وهناك تميز للصلب الكربوني وهو امكانية معالجاته حرارياً بعدة طرق للحصول على خواص جديدة لنفس النوع من الصلب، وتعتبر الصلادة من الخواص المطلوبة صناعياً ونجد ان عملية التصليد للصلب الكربوني (القابل للتصليد) ترفع صلادته بشكل كبير جداً، وتستخدم اوساط مختلفة للتصليد منها الماء والمحلول الملحي بنسب مختلفة ويعتبر المحلول الملحي (10%) من أكفأ اوساط التبريد المستخدمة لرفع الصلادة، وهنا في هذه الدراسة تم وضع ماء البحر في اختبار لمعرفة كفاءة الاداء كوسيط تبريد للصلب الكربوني. [1،2،3]

2- الصلب الكربوني

Copyright ©LJAST
حقـــوق الطبـــع محفوظـــــــة
لمجلة ليبيا للعلوم التطبيقية والتقنية

يتم الحصول على الصلب الكربوني باستخدام افران خاصة مثل (فرن سيمنز - مارتن)، حيث يتم التحكم بنسبة الكربون في الصلب بحيث لا تتجاوز (2%) وهذه هي النسبة التي يكون فيها الحديد متحد مع الكربون مكوناً بنية قوية جداً، وتتحكم نسبة الكربون (التي لا تزيد عن 1.5%) في نوع الصلب الكربوني.[4،2]

2-1- الصلب الكربوني ذو نسبة كربون المنخفضة جداً

يحتوي على (0.05 - 0.15%) كربون، وهو طري ومطيلي وسهل درفلته وثنيه على البارد، كما يمكن لحامه وحدادته، ويستعمل بدل الحديد المطاوع لرخص ثمنه حيث تصل كلفته الى ثلث كلفة الحديد المطاوع، ويستخدم هذا النوع في صناعة المسامير ومسامير البرشام والشرائط المدرفلة على البارد والساخن وغيرها من الاستخدامات.

2-2- الصلب الكربوني ذو نسبة كربون المنخفضة

يحتوي على (0.15 - 0.3%) كربون، وهو صلب مقاوم لقوى الشد وله قابلية عالية للتشكيل على البارد وسهل الحدادة واللحام وله استخدامات كثيرة في التطبيقات الهندسية مثل هياكل السيارات والمقاطع المستخدمة في الجسور والاعمال الانشائية، ومن عيوبه قابليته للصدأ وصعوبة سباكته.

2-3- الصلب الكربوني ذو نسبة كربون المتوسطة

يحتوي على (0.3 – 0.6 %) كربون، له صلادة اكبر من الصلب ذو نسبة الكربون المنخفضة وهو ملائم اكثر للأجزاء الهندسية التي تتعرض الى اجهادات ثني وله مقاومة اكثر للبلي ويستخدم في صناعة السكك الحديدية بشكل اساسي مع استخدامات اخرى.

2-4- الصلب الكربوني ذو نسبة كربون المرتفعة

يحتوي على (0.6 – 1.5%) كربون، ويسمى ايضاً بصلب العدة الكربوني، حيث يستخدم بشكل واسع في صناعة العدد اليدوية، ولهذا النوع من الصلب مطيلية منخفضة ولا يمكن تشكيله على البارد ومن الصعب لحامه لارتفاع نسبة الكربون فيه.

3- المعالجة الحرارية

تعتبر المعالجة الحرارية للصلب الكربوني هي الطريقة الرئيسية لتغيير الصلادة والمطيلية والخواص الاخرى له، وهنالك ثلاث طرق رئيسية في المعالجة الحرارية، وهي كما يلي:-

1)- التخمير.

Copyright ©LJAST
حقـــوق الطبـــع محفوظـــــــة
لمجلة ليبيا للعلوم التطبيقية والتقنية

2)- التطبيع.

3)- التصليد.

وتنفذ جميع المعالجات الحرارية اعلاه لكل نوع من الصلب الكربوني كما يلي:-

اولاً- رفع درجة حرارة الصلب الكربوني الى درجة حرارة التحول الاوستنايتي للصلب الكربوني.

ثانياً- ابقاء الصلب الكربوني بدرجة حرارة التحول الاوستنايتي لزمن محدد (زمن التشبع الحراري).

ثالثاً- التبريد للصلب، ويحدد وسيط التبريد للصلب الكربوني نوع المعالجة الحرارية المطلوبة من تبريد بطيْ جداً (بالفرن) لعملية التخمير الى تبريد سريع جداً (بالماء مثلاً) لعملية التصليد.[6.5.2]

4- التصليد

تتضمن هذه العملية تسخين الصلب قبل اليوتكتويدي (نسبة الكربون اقل من 0.83%) الى درجة حرارة تعلو بمقدار (30-50) درجة مئوية فوق درجة الحرارة الحرجة العليا، وتتضمن العملية ابقاء القطعة المعالجة بهذه الدرجة لزمن كافي لحصول التشبع الحراري لها ثم اخراجها من الفرن بسرعة فائقة وتبريدها بالغمر في وسط التبريد المحدد، ويعتبر الصلب الكربوني المحتوي على نسبة كربون اقل من (0.3%) صلب غير قابل للتصليد، ويمكن تصنيف اوساط التبريد كما يلي:-

5% صودا كاوية – (5 - 20) محلول ملحي – ماء بارد – ماء دافئ – زيت معدني - زيت حيواني – زيت نباتي.

في دراسات تطبيقية منفذة بشكل واسع، تم تحديد ان التبريد بالمحلول الملحي (10%) هو الذي يحقق اعلى صلادة للصلب الكربوني ضمن النسب الاخرى للمحلول الملحي ضمن نطاق (5 – 20%).[7،4،2،1].

5- التطبيقات العملية

تم تنفيذ الدراسة عملياً كما يلي:-

اولاً – الحصول على الخامات اللازمة للدراسة:

تم الحصول على عمودين مصمتين من الصلب الكربوني (القطر 45 مم – الطول 25 سم)، تمت عملية فحص التحليل الكيميائي لنوعي الصلب لغرض تحديد نوعي الصلب وتسمية المواصفات القياسية لهما، والجدول (1) ادناه يتضمن التركيب الكيميائي لنوعي الصلب، وهما متوافقان مع المواصفات القياسية للجمعية الامريكية لفحص المواد (ASTM).

مجلة ليبيا للعلوم التطبيقية والتقنية

الجدول (1) – التركيب الكيميائي لنوعي الصلب الكربوني.

Fe%	S%	P%	Mn%	Si%	C%	المواصفات القياسية (ASTM)
Balanced	0.02	0.01	0.69	0.19	0.46	**1045**
Balanced	0.006	0.03	0.14	0.2	0.60	**1060**

ثانياً – تجهيز عينات الدراسة:

تم تجهيز ثمان عينات (اربعة لكل نوع من الصلب)، قياس العينة (القطر 40 مم – والطول 40 مم).

العينات تم تشغيلها بالقطع والخراطة وبشكل متناظرة من حيث الابعاد والانجاز السطحي، عدد العينات يتوافق مع متطلبات تنفيذ الدراسة.

ثالثاً ـ تحضير سوائل التبريد:

تم تجهيز سوائل التبريد التي سيتم استخدامها في عملية تصليد نوعي الصلب الكربوني وبكميات متناظرة لكل عينة معالجة حرارياً، كما يلي:

1)- ماء مقطر.

2)- محلول ملحي (10%).

3)- ماء البحر.

الجدول ادناه، التحليل الكيميائي لماء البحر المستخدم في عملية التصليد (مجموع نسبة الاملاح فيه 35 غم/كغ).

جدول (2) التحليل الكيميائي لماء البحر المستخدم.

العنصر	Cl	Na	SO_4	Mg	S	Ca	K	HCO_3	Sr	Br	C	Fe	B
النسبة	19.35	10.76	2.71	1.29	0.8	0.41	0.39	0.14	0.08	0.06	0.03	0.01	0.004

رابعاً – فرن المعالجة الحرارية:

Copyright ©LJAST
حقـــوق الطبـــع محفوظـــــــة
لمجلة ليبيا للعلوم التطبيقية والتقنية

تم استخدام فرن حث كهربائي ذو سعة ملائمة للعينات وهو ذو جاهزية جيدة للعمل من حيث التحكم بدرجات الحرارة.

خامساً – تنفيذ المعالجة الحرارية:

تمت عمليات التصليد لنوعي الصلب الكربوني لجميع العينات (كل عينة على حدى) وذلك للحصول على افضل النتائج، حيث تستلزم عملية التصليد سرعة فائقة في تنفيذها، ويتضمن جدول النتائج اللاحق بعض التفاصيل المتعلقة بدرجة حرارة التحول الاوستنايتي وزمن التشبع الحراري للعينات المعالجة.

سادساً – قياسات الصلادة:

تم استخدام جهاز روكويل (HRC) لفحص الصلادة والجدول التالي للنتائج يتضمن ارقام الصلادة لجميع العينات.

6- النتائج

يوضح الجدول ادناه جميع النتائج التي تم الحصول عليها لأرقام صلادة العينات (معالجة وغير معالجة) لنوعي الصلب الكربوني موضع الدراسة، مع تفاصيل متعلقة بعمليات التصليد المنفذة.

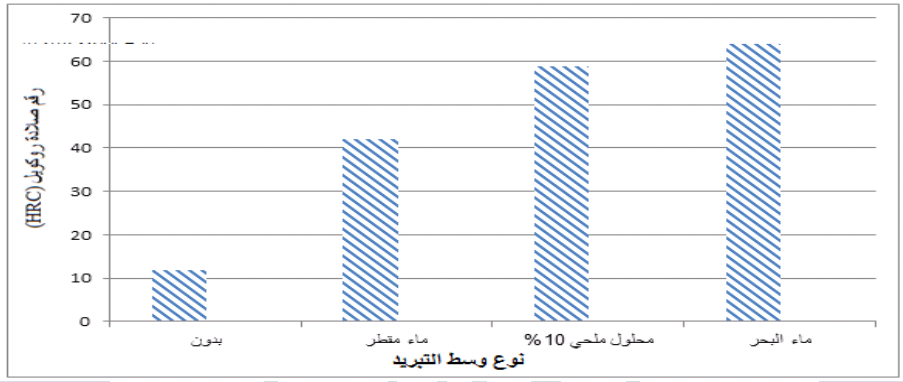
جدول (3). يوضح نتائج فحص الصلادة لجميع عينات الدراسة.

رقم الصلادة (HRC)	زمن التشبع الحراري	درجة حرارة التحول الاستنايتي	نوع وسيط التبريد	حالة العينة	المواصفات القياسية للصلب (ASTM)
12	بدون	بدون	بدون	غير معالجة	1045
42	40 دقيقة	850 °C	ماء مقطر	مصلدة	
59			محلول ملحي %10	مصلدة	
64			ماء البحر	مصلدة	
16	بدون	بدون	بدون	غير معالجة	1060
45	40 دقيقة	820 °C	ماء مقطر	مصلدة	
62			محلول ملحي %10	مصلدة	
66			ماء البحر	مصلدة	

مجلة ليبيا للعلوم التطبيقية والتقنية

7- مناقشة النتائج

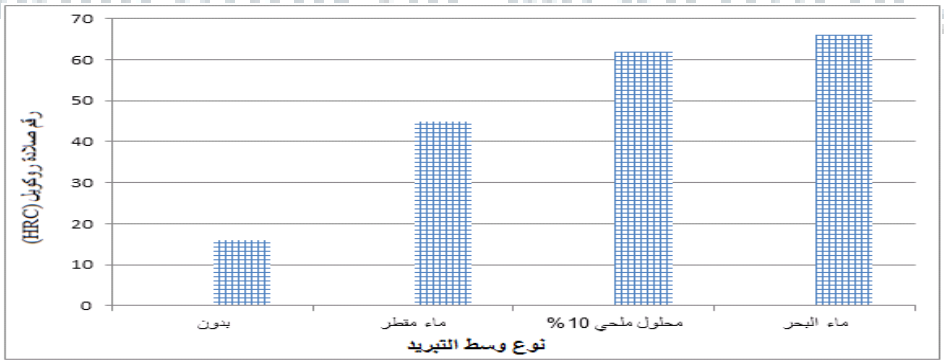
يوضح جدول النتائج (3) جميع التفاصيل المتعلقة بعمليات التصليد للعينات في هذه الورقة البحثية، ولغرض تقييم كفاءة اداء ماء البحر كوسط تبريد في عملية تصليد الصلب الكربوني (1045-ASTM) نضع نتائج قراءة الصلادة له في مقارنه مع اوساط التصليد الاخرى، حيث يوضح الشكل (1) رسم بياني يقارن بين رقم صلادة روكويل لجميع العينات الاربعة لهذا النوع من الصلب (ثلاثة منها معالجة حرارياً بالتصليد والرابعة لم تعالج).



الشكل (1). يوضح مقارنة رقم الصلادة بين العينات الدراسة لصلب نوع (1045-ASTM).

يمكن الملاحظة في الشكل (1) ان عمليات التصليد جميعها التي تمت على الصلب الكربوني (1045-ASTM) قد رفعت صلادة الصلب بشكل كبير، وهذا يدل على نجاح تام لعملية التصليد المنفذة لكل حالة، ومع ذلك نجد تفاوت في الصلادة للعينات المصلدة الثلاثة وهذا امر متوقع باعتبار تباين اوساط التبريد، حيث اشر رقم الصلادة الاقل للماء المقطر، يليه المحلول الملحي (10%)، ثم ماء البحر الذي سجل اعلى صلادة متحققة.

ويبين الشكل (2) مخطط بياني منفذ للمقارنة بين الصلادة المتحققة في تصليد الصلب الكربوني (1060-ASTM).

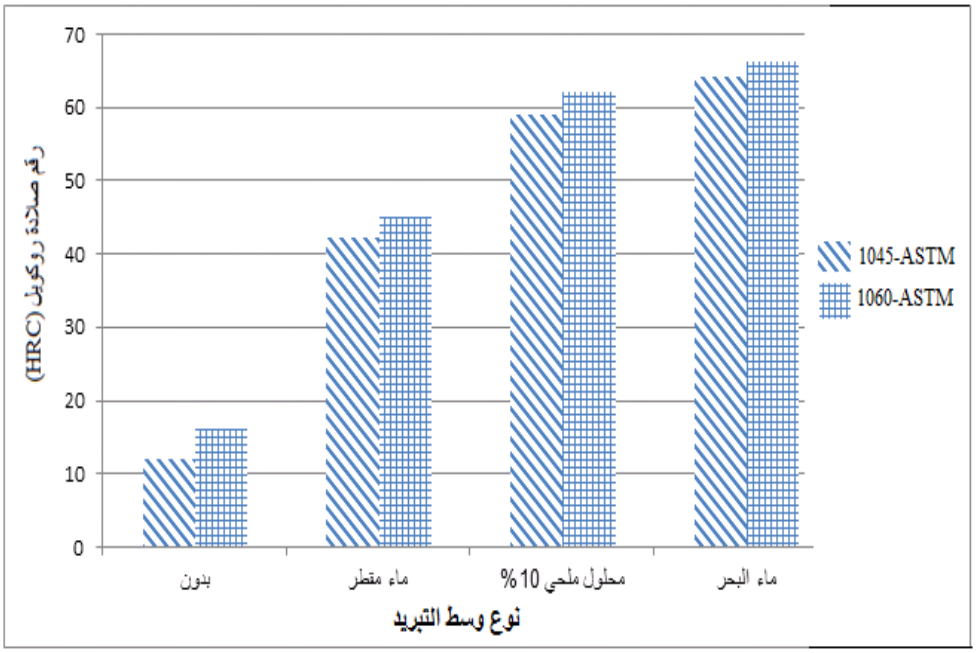


Copyright ©LJAST
حقـــوق الطبـــع محفوظـــــــة
لمجلة ليبيا للعلوم التطبيقية والتقنية

الشكل (2). يوضح مقارنة رقم الصلادة بين عينات الدراسة لصلب نوع (1060-ASTM).

يدل الشكل (2) بشكل واضح على سلوك متوافق تماماً مع ما حصل مع الصلب الكربوني (1045-ASTM) الذي مبين في الشكل (1)، وهنا نوكد على نجاح تام لعمليات التصليد المنجزة وعدم حصول اي حالة شاذة، وتوافق في كفاءة الاداء لماء البحر الذي سجل اعلى رقم صلادة بالمقارنة مع المحلول الملحي (10%) والماء المقطر.

ولتوضيح صورة الاداء بشكل كامل يوضح الشكل ادناه رسمياً بيانياً شاملاً يضع حالة مقارنة في الصلادة بين الصلبين موضوع البحث.



الشكل (3). يوضح مقارنة رقم الصلادة بين عينات الدراسة لصلب نوع (1045-ASTM) والصلب (1060-ASTM) في جميع الحالات.

في الشكل (3) نلاحظ تفوق طفيف في الصلادة لجميع عينات الصلب (1060-ASTM) على الصلب (1045-ASTM)، وهذا امر متوقع حيث ان صلادة الصلب الكربوني تزداد مع زيادة نسبة الكربون، وهنا مؤشر استمرار التفوق في الصلادة في حالات التصليد الثلاثة المنفذة.

8- الخلاصة

من مجمل الدراسة البحثية المنجزة والمتعلقة بدراسة كفاءة اداء ماء البحر في عملية التصليد لنوعي من الصلب الكربوني، تم الحصول على نتائج ممتازة من حيث كفاءة ماء البحر كوسط تبريد في عملية تصليد الصلب الكربوني، حيث قدم رقم اعلى من الرقم الذي قدمه المحلول الملحي (10%) ولنوعي الصلب الكربوني (1045-ASTM - 1060-ASTM)، وهنا يمكن ان تتم التوصية بإحلال ماء البحر في

Copyright ©LJAST
حقـــوق الطبـــع محفوظـــــــة
لمجلة ليبيا للعلوم التطبيقية والتقنية

عمليات التصليد للصلب الكربوني (القابل للتصليد) بدل استخدام المحلول الملحي (10%)، حيث وفر ركيزتا الانتاج الصناعي من حيث الكفاءة (الصلادة الاعلى) ومن حيث الكلفة المنخفضة.

9- المراجع

1- الميتالورجيا الهندسية (الميتالورجيا الفيزيائية التطبيقية)، أ. هيكينس، ترجمة: جورج يعقوب ألياس، رضا محمد علي سويلم، دار التقني للطباعة والنشر، بغداد، العراق، 1986.
2- علم المعادن والمعاملات الحرارية للمعادن، يو. لاختين، دار مير للطباعة والنشر (النسخة العربية)، موسكو، الاتحاد السوفياتي، 1983.
3- قطع المعادن، د. محمد جواد التورنجي، د. ضياء شنشل. المكتبة الوطنية، بغداد،العراق. 1990.
4- هندسة الانتاج، م. صباح البجاري و م. سامي البجاري، مؤسسة المعاهد الفنية، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، الطبعة الاولى، جمهورية العراق، 1983.
5- وسائل نقل الحركة، أ. احمد زكي حلمي، الطبعة الاولى، مكتبة طرابلس العلمية العالمية، ليبيا، 1993.
6- تشغيل الات الخراطة، المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني، الادارة العامة لتصميم وتطوير المناهج، المملكة العربية السعودية، 2008.
7- المعاملات الحرارية للمعادن الحديدية واللا حديدية، د. عويد زهمك الراوي و د. عبدالرزاق اسماعيل خضر، قسم هندسة الانتاج والمعادن، الجامعة التكنولوجية، بغداد، العراق.

مجلة ليبيا للعلوم التطبيقية والتقنية