تأثير أوساط التبريد على الخواص الميكانيكية لملحومات حديد الزهر الرمادي

م.م أحمد راجح حسن جامعة المثنى / كلية الهندسة.

م.م فاروق حسن علي جامعة بابل / كلية الهندسة .

الخلاصة

تم في هذه الدراسة لحام حديد الزهر الرمادي بطريقة القوس الكهربائي (arc carbon) ولحالتين الأولى تمت لحامها مباشرةً والثانية سخنت تسخينا أولياً لدرجة 500 C^0 لعينات منطقة اللحام ومنطقة التأثر الحراري HAZ ومن ثم التبريد في أوساط مختلفة هي (الهواء, الرمل الجاف، فرن) فوجد أن هنالك انخفاض الصلادة(Hardness) ومقاومة الشد (Tensile Strength) عندما يقل معدل التبريد لجميع أنواع العينات وسبب ذلك هو التبريد في أوساط مختلفة فعند التبريد في الهواء تتحول بنية سطح العينة في المنطقة المصهورة كلياً إلى طور المارتنسايت Martinsite (M) نتيجة التبريد السريع للسطح أما بالنسبة للعينة التي تم تبريدها في الرمل الجاف والفرن فوجد أن قيم الصلادة أقل وذلك نتيجة التبريد الابطأ من حالة الهواء والتي عندها لا تحث تغيرات كبيرة في البنية وبالتالي تكون أقل الصلادة، كذلك وجد انخفاض في قيم الصلادة عند إجراء معاملة التسخين المسبق (Preheating) وزيادة مقاومة الشد عند إجراء معاملة التسخين المسبق وذلك لأنه يؤدي إلى تفادي النمو الحبيبي والذي يحدث نتيجة التحلل الجزئي للبرلايت وبهذا تتحسن المتانة (toughness).

Effect of Heat Treatment on Mechanical Properties for Grey Cast Iron

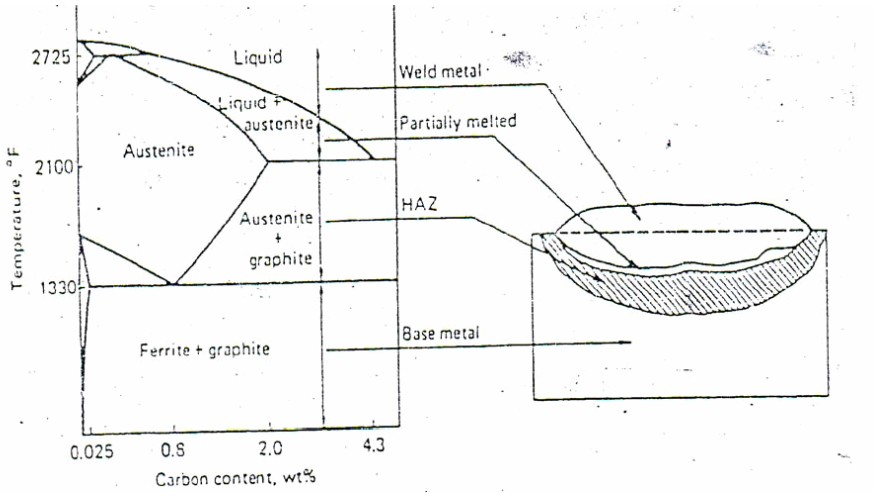
Abstract

In this study grey cast iron welded by arc carbon method for two state: first the sample welded immediately, second the sample preheating to 500 ^oC for samples of weld Region and heat affect zone HAZ then cooling in different media (air , dry sand and furnace) after test we found that decreasing in hardness and tensile strength, when the cooling rate decrease than that of cooling in the air, microstructure located on the surface of the weld sample convert to Martinsite Phase (M), For the sample which cooling in dry sand and furnace, the hardness was less because of decreasing cooling rate that made less changing in microstructure. It was also found that the decreasing in hardness when preheating for sample and increasing in tensile strength led to obviation growth in grain size resultant partial decomposing for perlite that lead to improving toughness and Impact strength.

1. المقدمة Introduction

يحتوي حديد الزهر الرمادي Grey Cast Iron على كمية من الفرايت والتي تتراوح في مجال واسـع من التركيب الكيميائي وأن هذا النوع من حديد الزهر يحتاج إلى إهتمام كبيرة عند لحـام للحـصول علـى ملحومات ذات خواص جيدة وأن حديد الزهر الرمادي يلحم غالباً لأغراض التصليح والصيانة.

عند لحام حديد الزهر الرمادي فأن هنالك تدرج كبير في خواص الملحومة الناتجة وذلـك نتيجـة لتـدرج الحرارة خلال منطقة اللحام والمنطقة المتأثرة بالحرارة HAZ والمعدن الأساس كما موضح في الشكل (1)



الشكل رقم (1) التدرج الحراري لملحومات حديد الزهر الرمادي.

وأن حجم هذه المناطق يحددها حرارة اللحام الدورية Thermal Weld Cycle والتركيب الكيميائي للمعدن الأساس غن الخواص الكيميائية لهذه الملحومات تتأثر بشكل كبير على أوساط التبريد بعد الأنتهاء من عملية اللحام وكذلك التسخين المسبق. وفيما يلي بعض الدراسات التي ركزت على تأثير التسخين المسبق أو وسط التبريد بعد عملية اللحام.

- درس الباحث A.J Richard (1999) تأثير التسخين المسبق على بعض الخواص الميكانيكية لحديد الزهر الرمادي فوجد أن مقاومة الشد والصلادة تزداد بزيادة معدل التبريد [10].

- درس الباحث Mehmet Simsir(2008) تأثير المعاملة الحرارية على متانة الكسر لحديد الزهر الرمادي، فوجد أن هنالك زيادة بمتانة الكسر بزيادة معدل التبريد[11].

- درس الباحث K.B. Rundman, (2005) تأثير معدل التبريد وفترة المكوث في الفرن على مقاومة الشد لحديد الزهر الرمادي فوجد أن معدل التبريد الأسرع تعطي مقاومة شد أعلى نتيجة تنعيم الحجم الحبيبي[12].

•درس الباحث S. Y. BUNI (2002) تأثير تسليط درجات حرارية دورية على خواص أنواع مختلفة من حديد الزهر ومنها حديد الزهر الرمادي فتوصلوا إلى وجود تحسن قليل في المتانة ونقصان في مقدار الصلادة نتيجة زيادة معدل التبريد[13]

1.1 حديد الزهـر Cast Iron

هو عبارة عن سبيكة تتكون من الحديد والكربون والسليكون ذات نسبة كربون تتجاوز (2 %) استناداً إلى مخطط أطوار الحديد- كربيد الحديد(C_3Fe – Fe) كما يتضح من الشكل رقم (1)[1]. ونظراً إلى نسبة الكربون العالية والتي تتراوح ما بين (2.5% -4.0%) فأن حديد الزهر يكون صلداً Hard وقصفاً Brittle للغاية، وأن معظم أنواع الحديد الزهـر المنتجة تحتوي على نسب كربون تتراوح بين (2.5% -(4.0% [3,5].

1.2 لحام الحديد الزهر الرمادي Cast Iron Grey Welding Of

تتكون خلال اللحام بركة منصهرة (Fusion Pool) من الحديد الزهر الرمادي التي تتجمد لتكوين وصلة اللحام فإذا كانت نسبة السليكون في الحديد الزهر الرمادي ملائما فان مقداراً من الكربون المتحد كسمنتايت أو الذي يبقى حراً كقشور يعتمد على معدل تبريد معدن اللحام، فإذا كان معدل التبريد سريعاً فإن معظم الكربون سيتحد مع الحديد مكوناً بذلك وصلة لحام من حديد الزهر الأبيض أما إذا كان معدل التبريد بطئ فأن الكربون سيكون بشكل حر (جرافيت) ويكون منطقة لحام مكونة من حديد الزهر الرمادي ذات الصلادة والهشاشية العاليتين حيث تتعرض للتشقق. وللحصول على وصلة لحام لينة خالية من الإجهاد وسهلة التشغيل يجب التقليل من معدل التبريد وذلك عن طريق التسخين المسبق إلى درجات حرارية تصل ما بين (700 – 600 ^{o}C)[2].

2. الجزء العملي Experimental Part

اجري التحليل الكيميائي المعدن للتأكد من نسب الكربون فيه، والجدول (1) يوضح التركيب الكيميائي للمعدن والقطب المستعمل في هذه الدراسة:

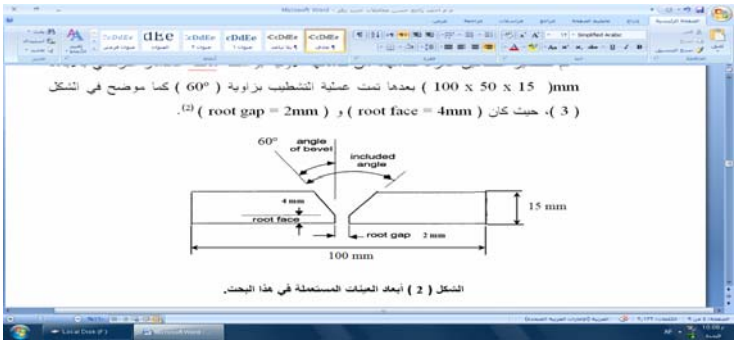
Composition	C	Si	Mn	P	S	Al	Ni	Fe
%Metal	3.4	1.5	0.2	0.05	0.03	0.025	0.035	.Rem

%Electrode	2	4	2.5	-	0.03	1	55	.Rem

الجدول (1) المكونات الكيميائية لحديد الزهر الرمادي والقطب المستعمل في البحث.

1.2. تحضير العينات Preparing of Samples

تم تحضير القطعتين المراد لحامهما من خاماتها الأولية بواسطة ماكنة المنشار القرصي بالأبعـاد (100 x 50 x 15)mm بعدها تمت عملية التشطيب بزاوية (60^{o}) كما موضح فـي الـشكل (3)، حيث كان (root face = 4mm) و (root gap = 2mm) [2].



الشكل (2) أبعاد العينات المستعملة في هذا البحث.

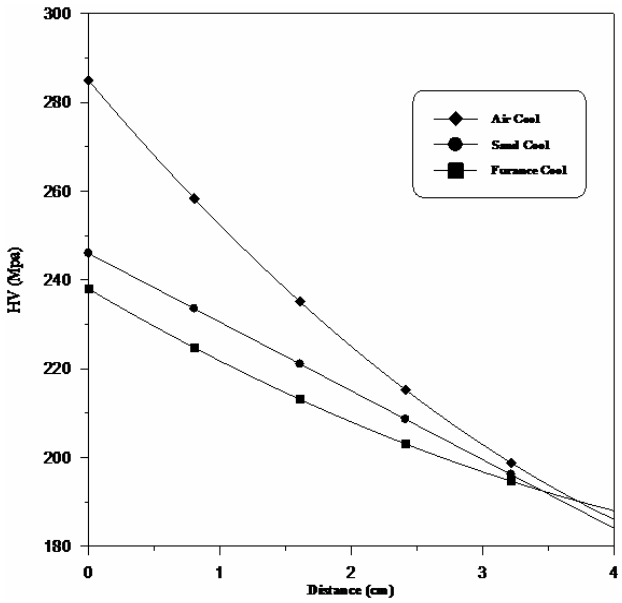
2.2.عملية اللحام Welding process

تم اللحام بماكنة لحام القوس الكهربائي بأستعمال تيار لحام مقداره (110 ^{0}A) لنوعين من العينات لحديد الزهر الرمادي، الأولى لحمت بشكل مباشر والثانية أجري التسخين المسبق (الأولي) لها بدرجة حرارة (500 ^{o}C) ثم لحام جميع العينات بطريقة لحام القوس الكهربائي وباستعمال قطب **ENiFe-Cl**، وتم تبريدها في أوساط مختلفة (الفرن - رمل جاف – الهواء) [2,4].

3. النتائج والمناقشة Discussion Result and

1.3. نتائج اختبار الصلادة (منطقة اللحام) Test Hardness

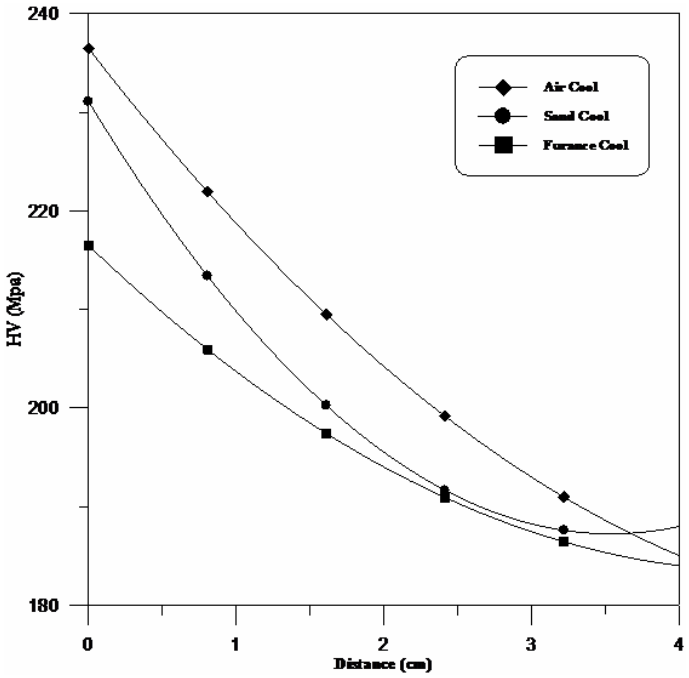
استعمل لهذا الغرض جهاز فيكرز نوع **(Microhardness Tester ,China , HV-1000)** لاختبار الصلادة والشكلان (2)، (3) يبينان نتائج هذا الاختبار للعينات بدون تسخين أولي مرة ومع التسخين الأولي مرة أخرى وفي أوساط تبريد مختلفة[1,5,8].



الشكل (3) نتائج اختبار الصلادة لعينات حديد الزهر الرمادي المبرد في أوساط مختلفة بدون تسخين أولي.

نلاحظ من الشكل (3) اختلاف قيم الصلادة لكل عينة وسبب ذلك هو نتيجة التبريد في أوساط مختلفة فعند التبريد في الهواء تتحول بنية سطح العينة في المنطقة المصهورة كلياً (منطقة اللحام) إلى طور المارتنسايت (M) Martinsite[9] نتيجة التبريد السريع للسطح ونلاحظ انخفاض الصلادة بالابتعاد عن منطقة اللحام والسبب هو أن المنطقة المجاورة (والتي تسمى منطقة التأثر الحراري HAZ) لم تنصهر بالكامل أي لم تتحول إلى طور الأوستنايت ( ) Austenite، وعند التبريد يتحول جزء منها إلى طور البايناليت (β) Binate والذي يعتبر طور ذو صلادة أقل من طور (M) أما المنطقة البعيدة (المعدن الأساس) فلا يحدث تغيرات في بنيتها نتيجة التسخين لدرجة حرارية قليلة أقل من (A_1) والتي لم تنصهر أي لم تتحول إلى طور( ) فلم تحدث فيها تغيرات في قيم الصلادة. أما بالنسبة للعينة التي تم تبريدها في الرمل الجاف فنلاحظ أن قيم الصلادة أقل وذلك نتيجة التبريد الأبطأ من حالة الهواء والتي عندها لا تحث تغيرات كبيرة في البنية وبالتالي تكون الصلادة أقل أما عند التبريد في الفرن فتكون التغيرات قليلة جدا وغير محسوسة والتي تتضمن معاملة Annealing تخمير لمنطقة اللحام (المنطقة المصهورة) والتي يحدث

خلالها تنعيم البنية المجهرية والذي يكون السبب في زيادة الصلادة مقارنةً بالمعدن الأساس, وعملية إزالة إجهادات للمنطق المجاورة لها (تكون درجة حرارتها أقل من A_1) [3,9].

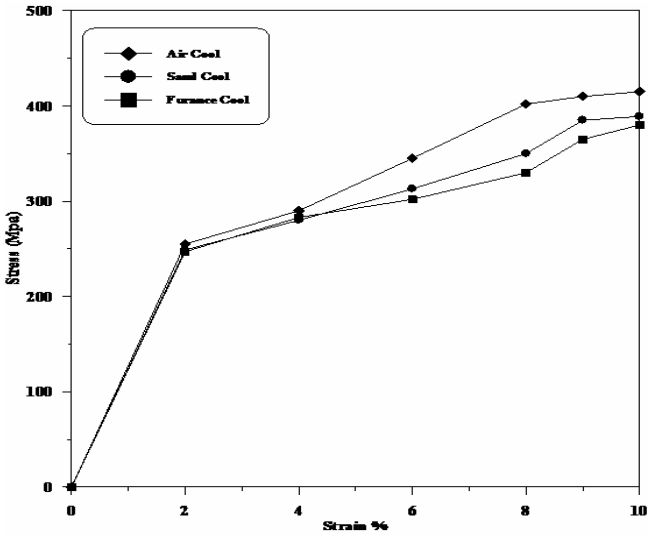


الشكل (4) نتائج اختبار الصلادة لعينات حديد الزهر الرمادي المبرد في أوساط مختلفة والمسخن تسخين أولي بدرجة 500 °C.

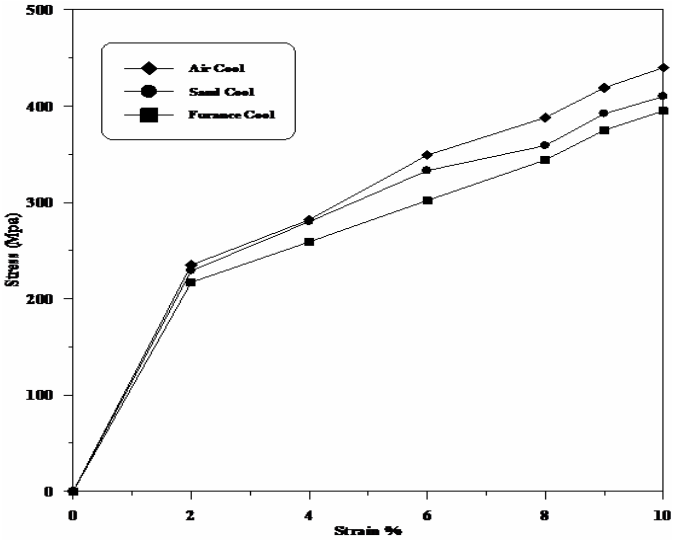
نلاحظ من الشكل (4) انخفاض قيم الصلادة لجميع العينات ولمختلف الأوساط وذلك نتيجة التسخين المسبق للعينات والذي يؤدي إلى تفادي النمو الحبيبي والذي يحدث نتيجة التحلل الجزئي للبرلايت وبهذا تتحسن المتانة إن التحلل يتضمن انفصال السمنتايت (C_3Fe) الموجود في البرلايت (P) ويترسب على الحدود البلورية أي يتكور السمنتايت وهذا يعطي ليونة للعينات المسخنة مسبقا[3,5].

3.2. نتائج اختبار الشد (منطقة اللحام) Tensile Test

تم تحضير العينات لهذا الاختبار بالأبعاد (100 * 20 * 10) mm حيث تم ربط طرفي العينة بفكي جهاز اختبار الشد وتسليط حمل متزايد[1] والشكلان (4) و (5) يبينان نتائج هذا الاختبار للعينات بدون تسخين أولي مرة ومع التسخين الأولي مرة أخرى وفي أوساط تبريد مختلفة.



الشكل (5) نتائج اختبار الشد لعينات حديد الزهر الرمادي المبرد في أوساط مختلفة بدون تسخين أولي.



الشكل (6) نتائج اختبار الشد لعينات حديد الزهر الرمادي المبرد في أوساط مختلفة والمسخن تسخيناً أولياً بدرجة 500 C^0.

ين أولي بدرجة 500 ^oC

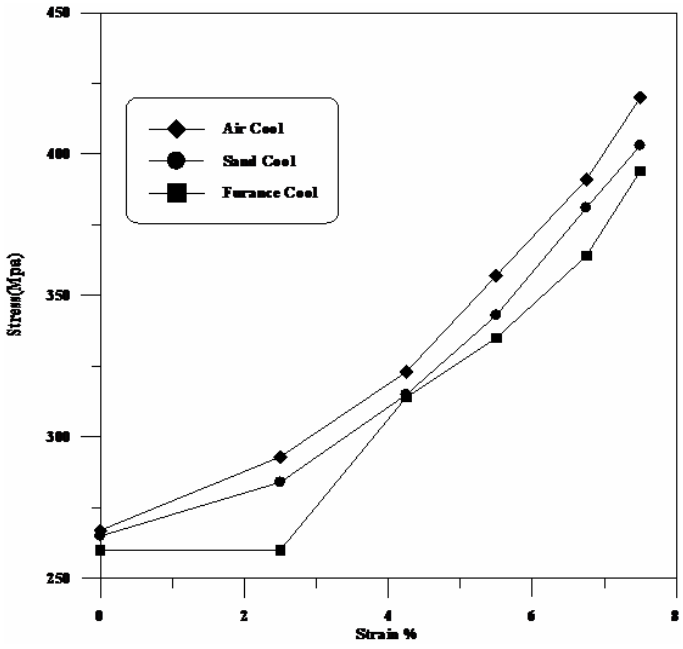
نلاحظ من الشكل (5) اختلاف قيم مقاومة الشد Tensile Strength لكل عينة وسبب ذلك هـو نتيجـة التبريد في أوساط مختلفة حيث أن التبريد بالهواء Normalization والذي يعتبر سريع نسبيا يقلل من حلقـة السمنتايت C_3Fe المحيطة بالبرلايت P والتي تكون غير متكاملة أو غير مستقرة بسبب الشد السطحي العالي

للسمنتايت والذي يقطعها، إن هذه الحلقة هي السبب في انخفاض مقاومة الشد Tensile strength للعينـات وأن تقطعها أو تقليل سمكها يزيد من مقاومة الشد.بالنسبة للعينات الأخرى والمبردة في الرمل الجاف والفرن فان تكوير هذه الطبقة من السمنتايت يكون اقل بكثير وبالتالي تقل مقاومة الشد[1,4,8].

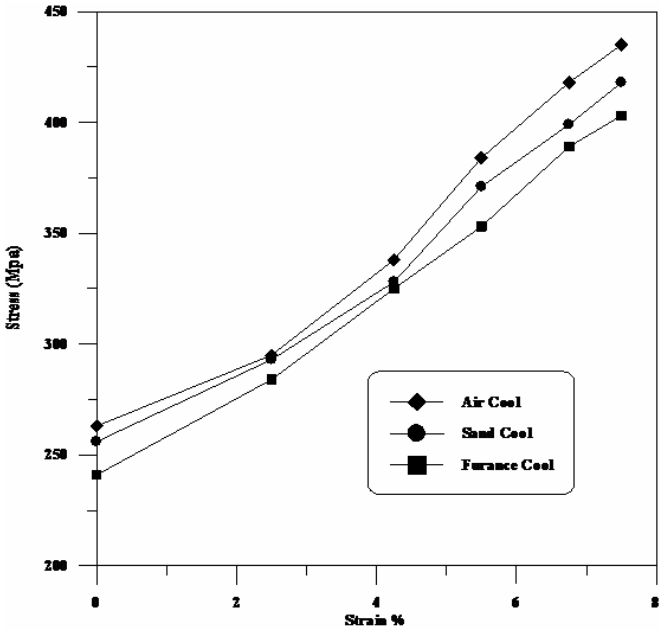
نلاحظ من الشكل (6) زيادة مقاومة الشد لجميع العينات ولمختلف الأوساط وذلك نتيجة التسخين المسبق للعينات والذي يؤدي إلى تفادي النمو الحبيبي والذي يحدث نتيجة التحلل الجزئي للبرلايت وبهذا تتحسن المتانة Ductile إن التحلل يتضمن انفصال السمنتايت (C_3Fe) الموجود في البرلايت (P) ويترسب على الحدود البلورية أي يتكور السمنتايت وهذا يعطي ليونة للعينات المسخنة مسبقا وبالتالي زيادة مقاومة الشد[1,5].

3.3. نتائج اختبار الصلادة (منطقة التأثر الحراري HAZ) Hardness Test

الشكلان (7)، (8) يبينان نتائج هذا الاختبار لعينات HAZ بدون تسخين أولي مرة ومع التسخين الأولي مرة أخرى وفي أوساط تبريد مختلفة:



الشكل (7) نتائج اختبار الصلادة لعينات حديد الزهر الرمادي (منطقة التأثر الحراري HAZ) المبرد في أوساط مختلفة بدون تسخين أولي.

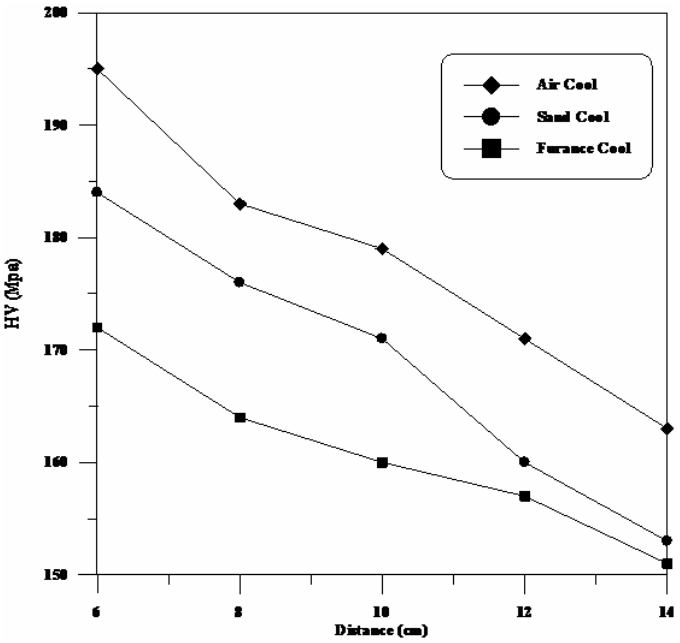


الشكل (8) نتائج اختبار الصلادة لعينات حديد الزهر الرمادي (منطقة التأثر الحراري HAZ) المبرد في أوساط مختلفة والمسخن تسخين أولي بدرجة 500 ^{o}C.

إن ارتفاع درجة الحرارة لمنطقة التأثر الحراري HAZ تسبب انتشار الكربون في طور الأوستنايت وعند التبريد في وسط يكون معدل التبريد فيه عالٍ يتحول الأوستنابيت ( ) إلى طور المارتنسايت (M) وإن كمية المارتنسايت تعتمد على التركيب الكيميائي بالإضافة إلى سرعة التبريد. لذلك تكون قيمة الصلادة عالية عند التبريد في الهواء وتقل عند التبريد في الرمل وتقل عند التبريد في الفرن (الشكل 7).

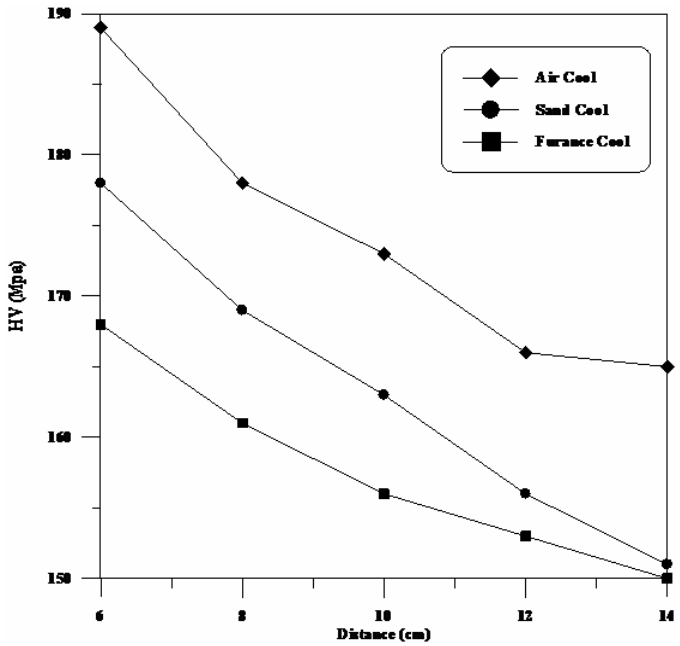
وعند إجراء تسخين مسبق (الشكل 8) نلاحظ انخفاض قيم الصلادة والسبب هو أن التسخين المسبق للعينات يؤدي إلى تفادي النمو الحبيبي والذي يحدث نتيجة التحال الجزئي للبرلايت وبالتالي تكوير السمنتايت وترسبه على الحدود البلورية كما ذكر سابقاً

3.4. نتائج اختبار الشد (منطقة التأثر الحراري HAZ) Tensile Test



الشكل (9) نتائج اختبار الشد لعينات حديد الزهر الرمادي المبرد في أوساط مختلفة بدون تسخين أولي.

الشكلان (9) و (10) يبينان نتائج هذا الاختبار لعينات HAZ بدون تسخين أولي مرة ومع التسخين الأولي مرة أخرى وفي أوساط تبريد مختلفة.



الشكل (10) نتائج اختبار الشد لعينات حديد الزهر الرمادي المبرد في أوساط مختلفة والمسخن تسخيناً أولياً بدرجة 500 C^0.

ين أولي بدرجة 500 ^oC.

أن التبريد بالهواء Normalization والذي يعتبر سريع نسبيا يقلل من حلقة السمنتايت C_3Fe المحيطة بالبرلايت P والتي تكون غير متكاملة أو غير مستقرة بسبب الشد السطحي العالي للسمنتايت والذي يقطعها، إن هذه الحلقة هي السبب في انخفاض مقاومة الشد Tensile strength للعينات وأن تقطعها أو تقليل سمكها يزيد من مقاومة الشد.بالنسبة للعينات الأخرى والمبردة في الرمل الجاف والفرن فان تكوير هذه الطبقة من السمنتايت يكون اقل بكثير وبالتالي تقل مقاومة الشد[1,4,8]. كما مر ذكره سابقاً.

إن التسخين المسبق للعينات والذي يؤدي إلى تفادي النمو الحبيبي والذي يحدث نتيجة التحال الجزئي للبرلايت وبهذا تتحسن مقاومة الشد إن التحال يتضمن انفصال السمنتايت (C_3Fe) الموجود في البرلايت (P) ويترسب على الحدود البلورية أي يتكور السمنتايت وهذا يعطي ليونة للعينات المسخنة مسبقا وبالتالي زيادة مقاومة الشد، كذلك فأنه عند التبريد بمعدل بطيء فأن الكرافيت الموجود في البنية سوف يتحول إلى كرافيت حر.

4 . الاستنتاجات Conclusion

انخفاض الصلادة Hardness ومقاومة الشد Tensile Strength عندما يقل معدل التبريد لجميع عينات منطقة اللحام ومنطقة التأثر الحراري.

- انخفاض الصلادة وزيادة مقاومة الشد عند إجراء معاملة التسخين المسبق لجميع العينات.
- نلاحظ إنخفاض الصلادة عند الابتعاد عن منطقة اللحام بأتجاه منطقة المعدن الأساس.
- وجد أن للمعاملة الحرارية تأثير واضح وكبير على الخواص الميكانيكية وبذلك يمكن تحسين أي خاصية مطلوبة لتطبيق معين.

5. المصادر References

-1د. قحطان الخزرجي، د. عادل محمود حسن، عبد الجواد الشريفي، (1988)، " المواد الهندسية واختباراتها " ، جامعة بغداد.

2- د. عبد الرزاق إسماعيل، د. نوفل محمد حسن، (1993)، " تكنولوجيا اللحام " الجامعة التكنولوجيا.

3- د. قحطان الخزرجي ، (1989)، " المعاملات الحرارية للمعادن والسبائك الحديدية واللاحديدية " ، جامعة بغداد.

4- د. قحطان الخزرجي، د. شاكر السامرائي، (1984)، " أسس هندسة المعادن " جامعة الموصل.

- Michael F. Ashby ,David R. H. Jones" Engineering Materials 1 "second edition ,university of combridge, UK (2002.(
- S. D. Kaiser, P. E. Faws and M. Northey,"Welding Cast Iron, Canadian Welding Journal", Fall (2005), pp.1-4.
- G. Marahleh, A. R. I. Kheder and S. Al-Goussous, "Fatigue Crack Propagation in SGI and CGI", J. Applied Sci. 5 (6).(2005), pp.1004-1011.
- V. F. I. Kheder, R. M. June, "Fatigue Behavior of Alloyed Acicular Grey Cast Iron", D. Joining of Materials, vol. 17, No. 1, March (2005), pp.7-12.
- D. A. Porter and K. E. Easterling," Phase Transformation in Metals and Alloys", 2nd ed. Chapman and Hall, (1992). New York.
- A.J Richard " weldability of Grey Cast Iron Iron ", Institutde Gnie Atomique, Swiss Federal Institute of TechnoZogy, EcubZens Lausanne, Switzerland.
- Mehmet ¸Simsir " " Effect of heat treatment on fracture behavior gray cast iron" Springer Science Business Media B.V. 2008.
- K.B. Rundman, J.R. Parolini, D.J. Moore "Relationship Between Tensile Properties and Matrix Microstructure in Austempered Gray Iron" Michigan Technological University, Houghton, Michigan, Copyright 2005 American Foundry Society.
- S Y Buni, N Raman and S Seshan"The role of graphite morphology and matrix structure on low frequency thermal cycling of cast irons " Department of Mechanical Engineering, Indian Institute of Science 2002.