اثر التسخين المسبق وطرق التبريد اللاحقة على الخواص الميكانيكية لأجزاء من حديد الصب الملحومة بالكترودات اللحام (Ni 58%) و (Ni 97.6%)

الباحث: م . باسم محسن عمار

قسم هندسة المواد التطبيقية في كلية الهندسة التقنية في جامعة طرطوس

الملخص :

يتضمن هذا البحث دراسة عينات من حديد الصب المرن تعرضت للتشققات حيث تم تحليلها كيمائيا وتحديد خواصها الميكانيكية الأولية ثم إجراء عملية اللحام بالقوس الكهربائية واختيار نوعين من إلكترودات اللحام (**Ni 58%** Ni 97.6%) وتمت دراسة تغيرات عملية اللحام للعينات مثل التسخين المسبق وسرعات التبريد اللاحقة على الخواص الميكانيكية لمنطقة الانصهار ومنطقة التأثير الحراري في الوصلة اللحامية وقد اظهرت النتائج انخفاض بالقساوة ومقاومة الشد عندما يقل معدل التبريد لجميع انواع العينات والسبب في ذلك انه عند زيادة سرعة التبريد تتحول بنية سطح العينة في المنطقة المصهورة كليا الى طور المارتنزيت نتيجة التبريد السريع للسطح اما عندما يقل معدل التبريد فان قيمة الصلادة تقل وذلك نتيجة التبريد الابطأ والتي عندها لا تحث تغيرات كبيرة في البنية وبالتالي تكون أقل الصلادة كذلك وجد انخفاض في قيم الصلادة وزيادة مقاومة الشد عند اجراء معاملة التسخين المسبق وذلك لأنه يؤدي إلى تفادي النمو الحبيبي والذي يحدث نتيجة التحلل الجزئي للبرلايت تم التوصل من خلال هذا البحث إلى وصلة لحامية جيدة أعطت أفضل الخواص ,حيث لحمت بنوع الإلكترود (Ni 97.6%) مع تسخين مسبق مستمر

الكلمات المفتاحية: حديد الصب المرن – خواص ميكانيكية – لحام – الكترودات لحام – تسخين مسبق – اختبار القساوة – اختبار الصدم – اختبار الشد

The effect of preheating and subsequent cooling methods on the mechanical properties of ductile cast iron parts welded by (Inconel 625) and (Ni 97.6%) electrodes

Eng. Basem Muhsen Ammar
master student in Applied Materials Engineering Department, Faculty of Technical Engineering, Tartous University

Summary

This research includes the study of samples of ductile cast iron subjected to cracks that they were analyzed chemically and determine its primary mechanical properties and then weld it by arc electric welding and the choice of two types of welding electrodes (Inconel 625, Ni 97.6%) and studied the changes of the welding process of samples ,as preheating subsequent cooling velocities on the mechanical properties of the heat affect zone and the fusion zone of the welding part. The results showed a decrease in hardness and tensile strength when the cooling rate of all types of samples decreased. The structure of the sample surface in the molten zone is completely transformed into the martensite phase due to the rapid cooling of the surface. When the cooling rate decreases, the hardness is reduced due to the slower cooling, which does not induce large changes in the structure and thus less hardness. When preheating is done, led to obviation growth in grain size resultant partial decomposing for perlite. A good welded part was obtained through this research , which gave the best properties, with the type of electrode (Ni 97.6%) with previous and Continuous preheating

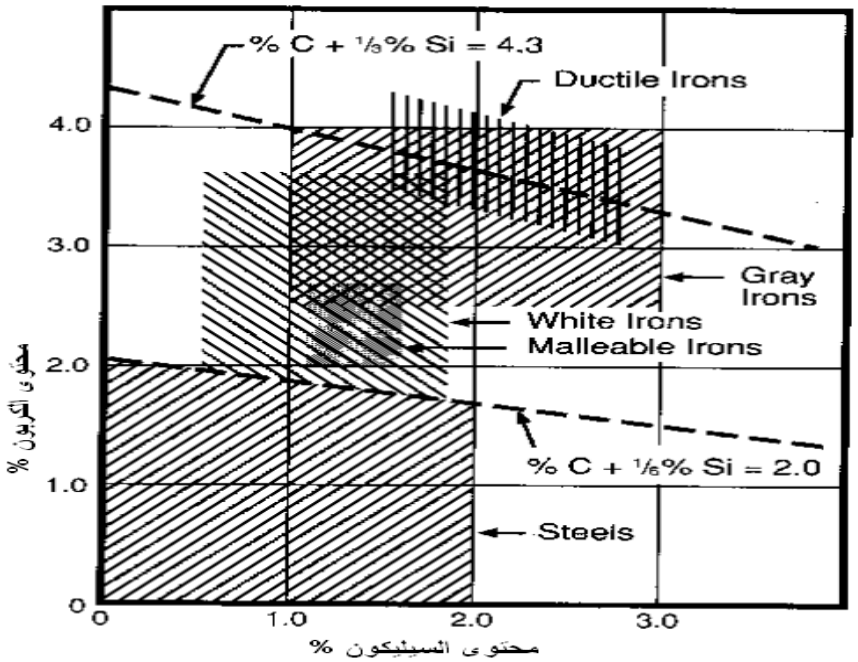
key words:

ductile cast iron - Mechanical properties - Welding - Welding electrodes - Preheating - Hardness test - Impact test - Tensile test

مقدمة :

تعد المعادن عصب الصناعة قديمها وحديثها، ومع تطور العلوم وازدياد المعرفة بهذه المعادن أمكن فتح آفاق صناعية جديدة وتحقيق الكثير من الأفكار والنظريات العلمية، وأمكن استخدامها بشكل علمي. وقد تميز القرن الحادي والعشرين مع أواخر القرن العشرين بطفرة ملحوظة في مجال الفلزات أدت إلى الكثير من التطورات في المجالات العلمية والصناعية المختلفة، وأدت هذه التطورات إلى ظهور حديد الصب المرن الذي يملك مزايا واستخدامات كثيرة في وقتنا الحالي مثل (صناعة السيارات – حاوية نفايات نووية) وهو ما يعد مثالاً إضافياً عن مقدرة حديد الصب المرن على التفوق على أكثر الاختبارات صعوبة لأداء المواد في العالم.

لا تشير عبارة حديد الصب إلى مادة واحدة بل إلى ثلة من المواد والتي يكون الحديد الجزء الأكبر من تركيبها، وكميات معينة من الكربون والسيليكون (خلائط حديدية تحتوي على أكثر من 2% كربون، و3% سيليكون وحتى 1% من المنغنيز) [1] .

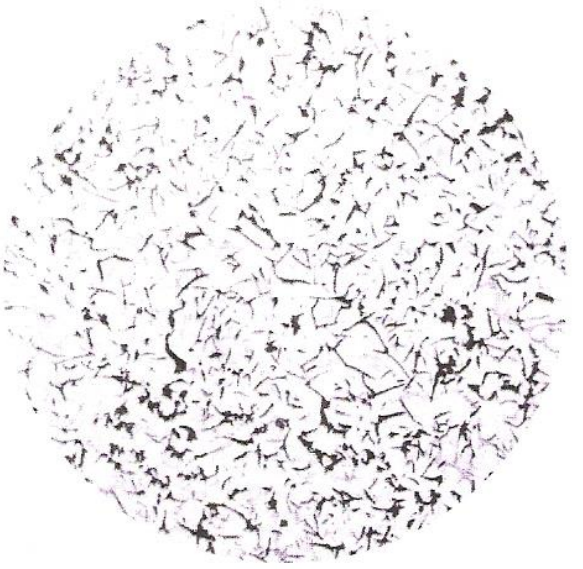


الشكل (1-1) المجالات التقريبية للكربون و السيليكون في الفولاذ والأنواع المختلفة لحديد الصب

. كما يرى من الشكل فإن عائلة حديد الصب هي مواد مركبة طبيعية تتحدد خواصها من خلال بنيتها البلورية – الأطوار المتوازنة وغير المتوازنة المتشكلة من خلال التجمد أو المعالجات الحرارية اللاحقة [2] . هناك طرق عدة لتغيير البنية البلورية لحدي الصب للحصول على الخواص الميكانيكية المرغوب بها، وقد يتم ذلك بإضافة العناصر الخلائطية، أو بتعديل سلوك التجمد، أو عن طريق المعالجة الحرارية بعد التجمد [2] . وفيما يأتي نتحدث عن الأنواع الشائعة لحديد الصب:

حديد الصب الأبيض (white cast iron): حديد الصب الأبيض في شكله النهائي ممتلئ بالكرابيد الناتجة عن العناصر الخلائطية مما يجعله قاسياً جداً ومقاوماً للاهتراء بالتحاك ولكنه قصف [3].

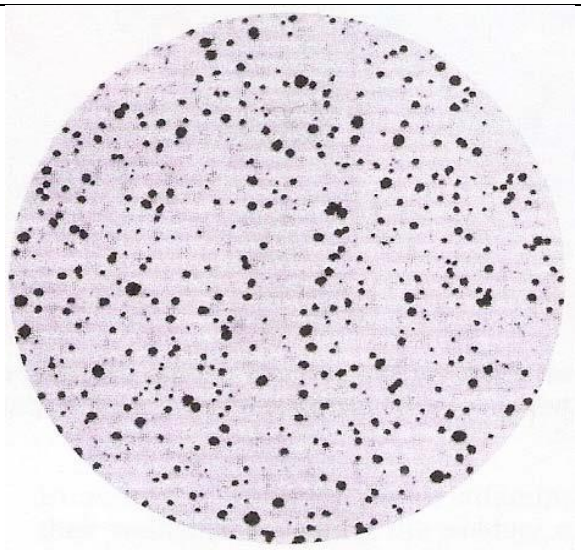
حديد الصب الرمادي (Gray iron): يعد حديد الصب الرمادي الشرائحي أقدم أنواع حديد الصب وأكثرها شيوعاً، لذا فإن عبارة حديد الصب وحديد الصب الرمادي قابلتان للتبادل. سمي حديد الصب الرمادي بهذا الاسم لأن مكسره ذو لون رمادي، وتتألف بنيته من شرائح الغرافيت الموزعة على الأرضية المؤلفة من الفيريت أو البرليت أو مزيج من كليهما، وإن سيولة حديد الصب الرمادي العالية يجعل هذا المعدن مثالياً للإنتاج في عملية السباكة، ولا سيما المسبوكات معقدة الشكل. إن شكل الغرافيت الشرائحي في حديد الصب الرمادي الشكل له تأثير كبير على خواصه الميكانيكية حيث تسبب شرائح الغرافيت تشكل إجهادات تسبب أحياناً تمزقات. يبدي حديد الصب الرمادي سلوكاً قصفاً، وينهار عند الشد من دون تشوه ملحوظ، ويعطي وجود الغرافيت لحديد الصب الرمادي قابلية تشغيل ممتازة، وصفات تخميد، وخواص تزيت ذاتية [3].



الشكل (1-2) حديد الصب الرمادي

حديد الصب المطاوع (Melleable Cast Iron): حيد الصب المطاوع هو حديد صب أبيض يخضع لمعالجة حرارية على شكل تخمير لتحويل السمنتيت إلى غرافيت. تتألف البنية البلورية لحديد الصب المطاوع من غرافيت عقدي غير منتظم الشكل يدعى بالكربون المراجع موزع على أرضية من الفيريت أو البرليت أو كليهما معاً. إن وجود الغرافيت على شكل مضغوط أكثر أو على شكل كروي يعطي الحديد المطاوع المرونة والمقاومة المساوية تقريباً لفولاذ منخفض الكربون [4].

حديد الصب المرن (DUCTILE CAST IRON): هو عبارة عن حديد صب رمادي، يتم تحويل الغرافيت فيه إلى شكل كروي وذلك بإضافة نسبة معينة من المغنزيوم او السيريوم في أثناء السكب ومن ثم تتحسن خواصه الميكانيكية بشكل كبير حيث أنه يسلك سلوكاً قريباً من الفولاذ [5].



الشكل (1-3) حديد الصب المرن

تاريخ تطور حديد الصب المرن (History of ductile cast iron development):

على الرغم من التقدم المنجز في النصف الأول من القرن الماضي لحديد الصب إلا أن المهندسين استمرو في البحث من أجل إيجاد حديد صب مثالي ذي خواص ميكانيكية جيدة. تحدث J.W.Bolten عام 1943 م في مؤتمر مجتمع رجال المسابك الأمريكان (AFS): إن جهودنا تتطلب الإجابة على سؤال واحد، ألا وهو: هل سيتحقق التحكم بشكل الغرافيت الموجود في حديد الصب الرمادي؟ تخيل مادة، تملك في أثناء الصب رقائق من الغرافيت أو تجمعات مشابهة لتلك الموجودة في حديد الصب المطاوع بدلاً من الشرائح المتطاولة. بعد مضي اسبوع، وفي الشركة العالمية للنيكل للبحث والتطوير Keith Dwight Millis أضافت كميات من المغنزيوم على شكل خليطة (نحاس-مغنزيوم) إلى حديد الصب، وحقق أمل Bolten، ولم تحتوي هذه المسبوكات المتصلبة على الشرائح بل على كرات كاملة تقريباً من الغرافيت، وكانت ولادة حديد الصب المرن .بعد خمس سنوات أخرى، في عام 1948م وضمن مؤتمر AFS أعلن HoltenMorrogh عضو أبحاث حديد الصب البريطانية الإنتاج الناجح للغرافيت الكروي في حديد الصب الرمادي بإضافة كميات قليلة من السيريوم. وفي عام 1943م نشرت الشركة العالمية للنيكل تطويرها في الوقت نفسه إعلان Morrogh، ابتداءاً من اكتشاف

Millisالمغنزيوم كمكور للغرافيت، وفي 25/11/1949 منحت الشركة العالمية للنيكل براءة اختراع رقم 2486760، ونسبت إلى: Norman B.Pilling – Albert P.Gegiebn – KrithD.Millis هؤلاء كانو مهندسي ولادة الحديد المرن [5].

ويعود نجاح حديد الصب المرن إلى تعدد استعمالاته وأدائه العالي وكلفته المنخفضة [6].

لحام حديد الصب المرن:

تتوقف قابلية اللحام على البنية المجهرية والخواص الميكانيكية، فعلى سبيل المثال حديد الصب الرمادي هو قصف، ولا يتحمل في الغالب الضغط الناتج عن عملية اللحام والتبريد اللاحق، أما حديد الصب المطاوع وحديد الصب المرن فهما يشكلان مارتنسيت بمقدار أقل، فهما يبديان قابلية لحام أكبر، وخصوصاً عندما يكون محتوى الفيريت عالياً (تعطى مجموعات الغرافيت في حديد المطاوع وحديد الصب المرن مطيلية أكبر الأمر الذي يحسن قابلية اللحام) [5]. أما حديد الصب الأبيض والذي يكون قاسياً جداً ويحتوي على كربيدات الحديد يعد عادةً غير قابل للحام [7]. ونظراً لنسبة الكربون العالية، فان أنواع حديد الصب كلها لها عامل مشترك يؤثر على قابلية لحامها، وفي أثناء لحام حديد الصب تصبح المنطقة المجاورة مباشرة لمنطقة اللحام ساخنة إلى درجة الالتحام أو الانصهار، وبعد عملية اللحام تبرد كامل المنطقة التي تأثرت بالحرارة بسرعة كبيرة جداً، وفي أثناء عمليتي التسخين والتبريد فإن بعض الكربون ينحل وينتشر في الأرضية المعدنية، ونتيجة لذلك فإن الكربيدات تميل إلى تشكيل حافة لمنطقة الالتحام، والمارتنزيت والبينيت العالي الكربون يميلان إلى تشكيل ما تبقى من المنطقة المتأثرة بالحرارة، وإن تشكيل هذه الأجزاء الدقيقة القاسية الهشة يزيد من العرضة للتصدع، وكذلك نتيجة طبيعته الموضوعية، فان اللحام يؤدي إلى إجهادات حرارية في منطقة اللحام [8]. لذا فان اللحام الناجح يمكن أن يتم من خلال تقليل الإجهادات الحرارية إلى الحد الأدنى عند تقلص المعدن الملحوم في أثناء التبريد، والتقاط الكربون من قبل المعدن الملحوم، وذلك من خلال التحكم بمعدل التبريد[8]. وللتحكم في معدل التبريد فمن الأفضل إجراء تسخين مسبق لمنطقة اللحام [7,8]

الكترودات اللحام لحديد الصب المرن :

لقد تم تجريب اللحام على البارد لحديد الصب المرن باستخدام الكترودات منخفضة الكربون(Est) فكانت النتيجة سلبية ،ولم تعط نتائج جيدة بسبب تشكل عيوب كثيرة لطريقة اللحام هذه . وباستخدام الكترودات من السبائك ذان الاساس النحاسي اومن مركب النحاس والحديد او النحاس والفولاذ فكانت النتيجة افضل منها في استخدام الكترودات منخفضة الكربون. اما عند استخدام الكترودات من السبائك ذات الاساس النيكلي مثلا نيكل نقي(ENi-CI) او نيكل حديد (E Ni Fe-CL) او نيكل نحاس(ENI-CU) وهي الكترودات شائعة الاستعمال بسبب مزاياه الا انها عالية الكلفة [3].

ان الوصلات اللحامية المنجزة باستخدام الكترودات النيكل هي لحامات مطيلية وسهلة سهلة التشغيل حتى لو طبقت على مقاطع رقيقة ، لكنها عرضة للتشرخ عند تواجد الفوسفور .وكلما كانت نسبة الفوسفور اقل تكون الكترودات النيكل اكثر ملائمة واقل كلفة واقل عرضة للتشرخ [3].

الدراسات المرجعية:

الدراسة المرجعية الاولى

R.K.Wilson and T.J. Kelly,R.A.Bishel: ,Company research CenterTexas , dallas USA 1984

عالجت هذه الدراسة مسائل لحام الفونت الذى له اجهاد المتانة يتعدى 550Mpa بدون تسخين مسبق اذا استخدمت قضبان لحام Ni-Fe-Mn بانواع الثلاث وفق ما هو مبين بالجدول وقد استنتج الباحث ان استخدام قضبان الملء 12L-45-65 بنسبة الكربون 2,9% C كانت مقاومة الشد 481 Mpa بينما عند استخدام القضبان 06-55-80 ادت الى زيادة في مقاومة الشد لتصبح 693 Mpa كذلك الامر بالنسبة للخواص الميكانيكية من اجهاد خضوع واجهاد المتانة والاستطالة النسبية والقساوة

الدراسة المرجعية الثانية:

Sachin B.sutar,Dr.K.H.Inamdas: Analysis of Mechanical properties for welded Gast iron. Department of Mechanical Engineering Walchand College of Engineering, Sangli IndianVolume2,issue 6 June 2015

عالج هذا المرجع عملية لحام الفونت واستنتج انه بالإمكان الحصول على وصلات لحامية جيدة اذا كانت سرعة اللحام مراقبة ومستمرة اثناء عملية اللحام وبعد العملية. ان قابلية اللحام لحديد الفونت الرمادي اقل من قابلية اللحام للفولاذ بسبب وجود نسبة عالية من الكربون وبحضور السيليكون الامر الذي يجعل الوصلات اللحامية اقل مطواعيه بسبب منطقة التاثير الحراري. اثناء عملية التبريد تتشكل شرائح الكرافيت حيث يصعب لحامها، وقد وجد حلا للحام الحديد الفونت بالطريقة اليدوية باستخدام اللحام الاوكسياستلين ضمن غاز خامل واقي باستخدام قضبان من النيكل اوقضبان من حديد الصب. قد يستخدم التسخين المسبق لدرجة حرارة 350 C يحسن من الخواص الميكانيكية للوصلة اللحامية.

الدراسة المرجعية الثالثة:

Samuel D> Kiser,P.E.,FAWS,and Michael Northy:Welding Gast iron : Canain Welding Associaty Journal,6(2015)

يتطرق هذا البحث على صعوبة لحام حديد الصب بشكل عام وذلك نتيجة زيادة نسبة الكربون الذي يتدخل في بنية الحديد والتي يقلل من قابلية لحام حديد الصب.ويذكر الباحث ان هناك طريقتين للحام حدبد الصب وهي طريقة الحام على البارد وطريفة اللحام على الساخن وذل طبقا لدرجات حرارة التسخين.في اللحام على البارد تكون درجة حرارة التسخين المسبق غير كافية وتتشكل طبقات من المارتنسيت والكربيد التي لا يمكن مراقبتها . في هذه الحالة يجب استخدام قضبان اساسها النيكل مما يمتع تشكل الكربيد.

هدف البحث :

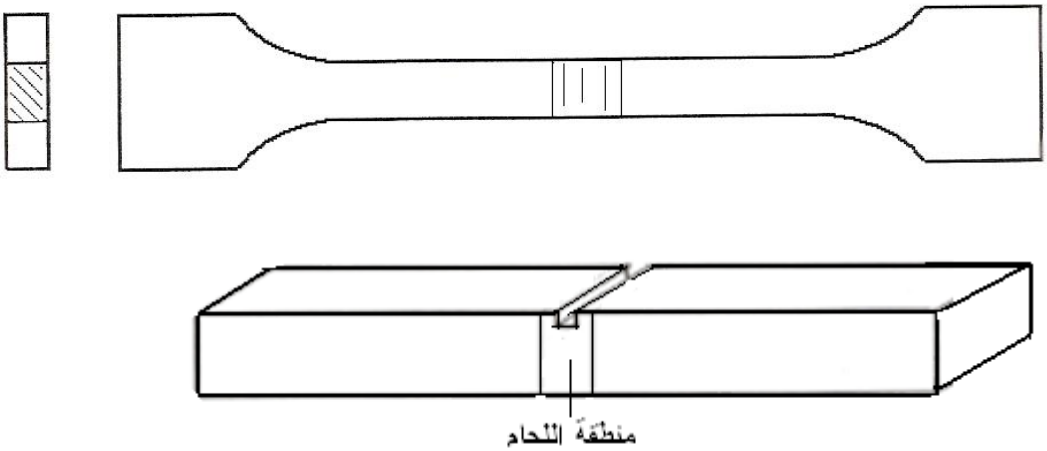
1 – دراسة قابلية حديد الصب المرن للحام

2– تحديد وتقييم جودة اللحام.

3- دراسة مدى تأثير سرعات التبريد اللاحقة لمنطقة اللحام على الخواص الميكانيكية لملحومات حديد الصب المرن

طرائق البحث ومواده :

اجري هذا البحث على عينات من حديد الصب المرن ما خوذة من مخبر مقاومة المواد في كلية الهندسة التقنية حيث تم تجهيز عينات الشد وفق المواصفات الدولية وذلك وفق الأشكال (15-5) ، (14-5)، وقد تم تحديد طول القياس (LO) لعينات الشد وفق المقاييس الدولية $LO = 5{,}65\sqrt{A_O}$ حيث Ao هي مساحة المقطع الأولية للعينة [2].



المعدات والتجهيزات التي تم استخدامها:

جهاز التحليل الطيفي:

لقد تم إجراء كافة التحاليل الكيميائية كلها عليه لمعرفة التركيب الكيميائي للعينات المحضرة، وهو نوع (spark) الموجود في كلية الهندسة التقنية كما هو مبين في الشكل

جهاز اختبار الشد:

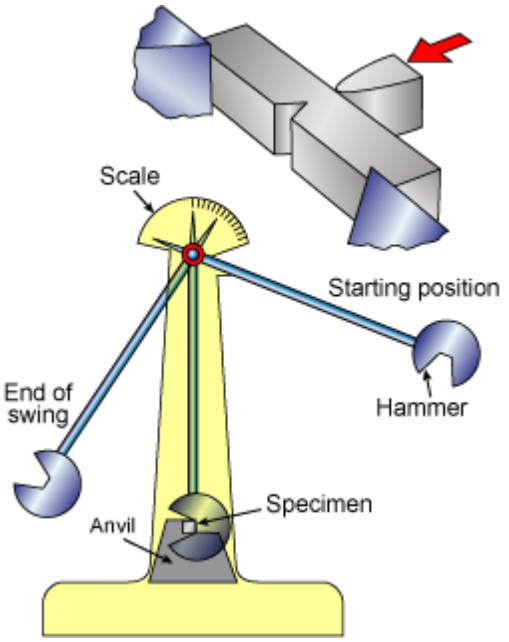
ولقد تم استخدام جها ز شد هيدروليكي باستطاعة مقدارها 60 طنًا -إيطالي المنشأ- مبرمجًا .والهدف من اختبار الشد هو التعرف على سلوك العينة في أثناء هذا الاختبار , وذلك بدراسة مخطط (الحمولة – استطالة) او (اجهاد – انفعال)

جهاز اختبار القساوة:

لقد تم استخدام جهاز قساوة يستطيع قياس قساوة برينل وفيكرز وركويل، أما في هذا البحث فقد تم استخدام مقياس برينل باستخدام رأس ضاغط عبارة عن كرة فولاذية بقطرؤ 2.5مم وبحمل 187.5 كغ.ولقد تم استخدام قساوة العينات الأولية قبل اللحام وبعد اللحام وبعد كل طريقة تبريد

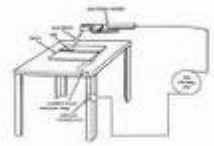
جهاز الصدم :

استخدم لقياس مقاومة الصدم للعينات المختبرة ,حيث تم استخدام جهاز شاربي الموجود في مخبر مقاومة المواد حيث تم استخدام عينات صدم نظامية بابعاد (55*10) مم وحز منتصف العينة على شكل حرف v وبعمق 1.5 مم



جهاز لحام القوس الكهربائي:

استخدم هذا الجهاز لإجراء عمليات اللحام التي أجريت في هذا البحث. كما هو موضح بالشكل



الاجراءات العملية الرئيسية في هذا البحث:

اولا: اجراء تحليل طيفي للعينات المأخوذة لتحديد التركيب الكيميائي للمعدن المدروس

فكانت النتيجة كالتالي

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Al
%	%	%	%	%	%	%	%	%
3.5	1.66	0.256	<0.00020	0.0287	0.0757	0.0157	0.0093	0.0133

Co	Cu	Nb	Ti	V	W	Pb	Mg	As
%	%	%	%	%	%	%	%	%
0.0026	1.05466	0.0076	0.0154	0.0052	0.0021	0.0032	0.0595	0.111

Zr	Bi	Ca	Ce	B	Zn	Sn	Fe
%	%	%	%	%	%	%	%
<0.00050	0.256	>0.0048	<0.00050	<0.00010	0.0018	0.0093	Reem

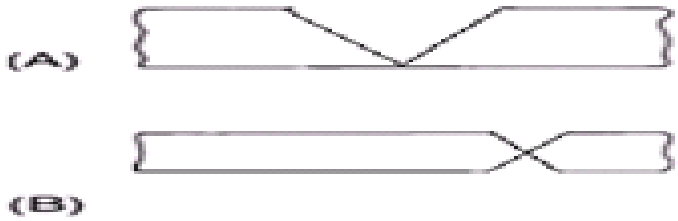
كما ان التركيب الكيميائي لالكترودات اللحام هو كالتالي:

Fe	Mo	Ta	Nb	Cr	Ni	Mn	si	Ni 58%
other	8-10	4.5	3.5	25-20	58	0.5	0.5	
			Fe	Ni	Mn	si	c	Ni 97,6%
			other	97.61	0.2	0.4	0.1	

كما يلاحظ من نتائج التحليل الطيفي بأن التركيب الكيميائي هو التركيب المميز لحديد الصب المرن من حيث نسبة الكربون والسيلكون وجود نسبة منخفضة من المغنزيوم (0.0595%) مما يدل على أنه قد تم استخدام المغنزيوم في عملية التكور

ثانيا : اجراء عملية اللحام:

تحضير العينات لاجراء عملية اللحام: تم تحضير العينات المراد لحامها من خامتها الاولية بواسطة المنشار القرصي بعدا تمت قص العينات من المنتصف وشطف حواف العينات وذلك حسب السماكة كما هو موضح بالشكل



ثم اجراء عملية اللحام بطريقة القوس الكهربائي باستعمال تيار لحام مقداره (110 A) لأربع نماذج من العينات

النموذج الاول لحمت عيناته بشكل مباشر بدون تسخين اولي وباستخدام الكترود لحام من نوع **Ni 58%**

النموذج الثاني اجري التسخين المسبق لعيناته لدرجة حرارة (500 C) ايضا بنفس نوع الالكترود **Ni 58%**

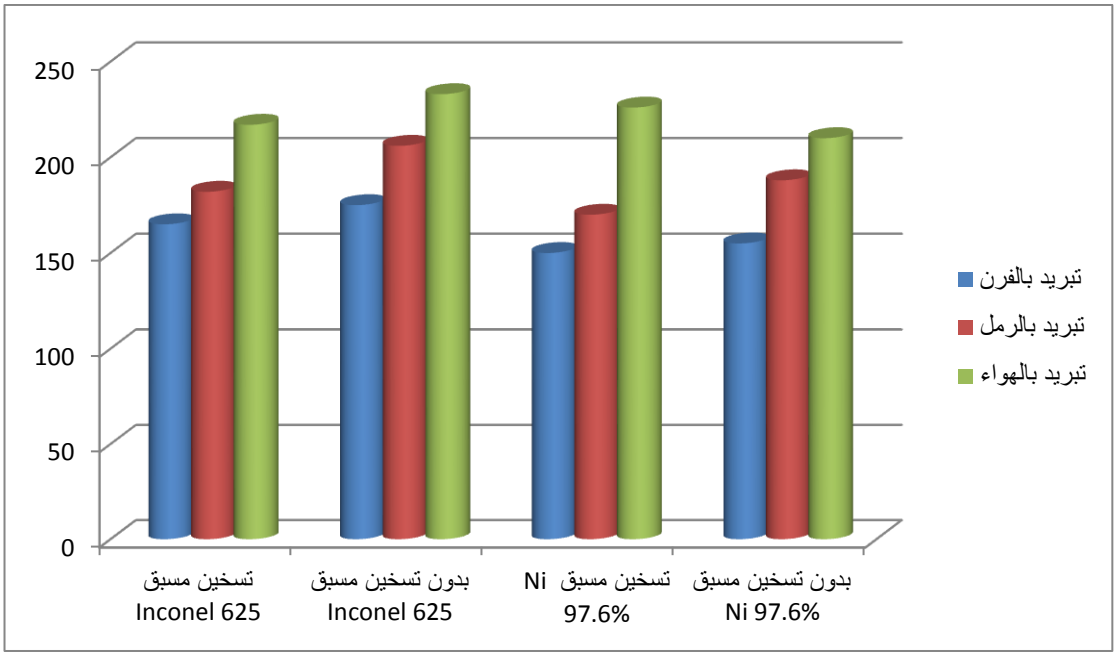
النموذج الثالث لحمت عيناته باستخدام الكترود لحام نوع Ni 97.6% بشكل مباشربدون تسخين اولي

النموذج الرابع فلحمت عيناته ايضا بالكترود لحام نوع Ni 97.6% بعد ان اجري لها تسخين مسبق مستمر لدرجة حرارة (C 500)

ثم تم التبريد بسرعات مختلفة (تبريد سريع بالهواء الجاف – تبريد بطئ باستخدام الرمل الجاف – تبريد بطيئ جدا عبر وضعها بالفرن وتركها لتبرد ببطيء)

النتائج والمناقشة :

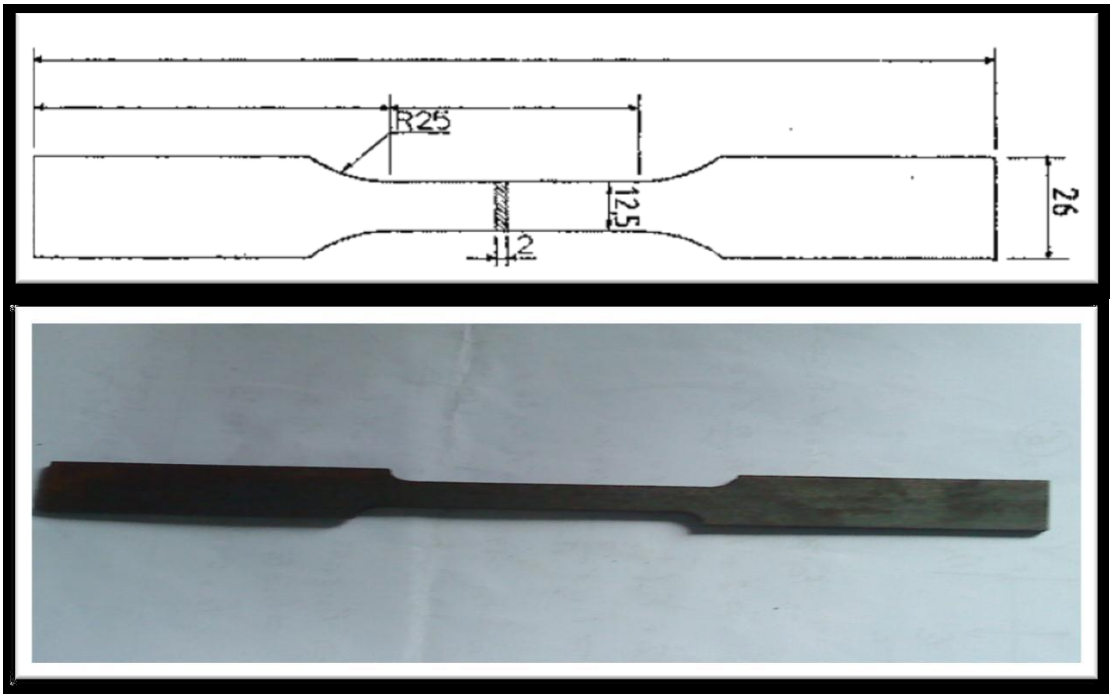
نتائج اختبار القساوة: تم استخدام مقياس برينل باستخدام رأس ضاغط عبارة عن كرة فولاذية بقطرؤ 2.5مم وبحمل 187.5 كغ.ولقد تم استخدام قساوة العينات الأولية قبل اللحام وبعد اللحام وبعد كل طريقة تبريد وبين الشكل نتائج الاختبارات



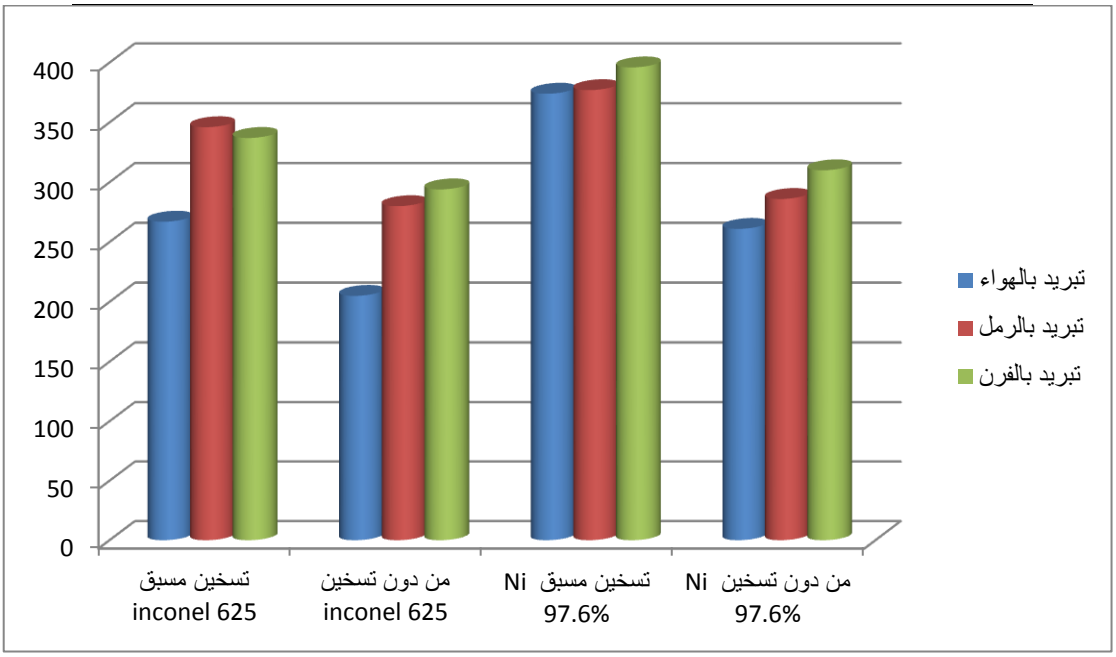
نلاحظ اختلاف قيم الصلادة لكل نموذج من العينات وسبب ذلك هو نتيجة التبريد في اوساط مختلفة وبالتالي سرعات تبريد مختلفة فعند التبريد في الهواء تتحول بنية سطح العينة في المنطقة المصهورة كليًا (منطقة اللحام) الى طور المارتنسيت نتيجة التبريد السريع [8]. أما بالنسبة للعينة التي تم تبريدها في الرمل الجاف فنلاحظ أن قيم الصلادة أقل وذلك نتيجة التبريد الأبطأ من حالة الهواء والتي عندها لا تحدث تغيرات كبيرة في البنية وبالتالي تكون الصلادة أقل [8]. أما عند التبريد في الفرن فتكون التغيرات في البنية قليلة جدا حيث ان التبريد بالفرن يتضمن عملية تخمير للعينات والتي يحدث خلالها تنعيم البنية المجهرية [5]. اما التسخين المسبق للعينات فانه يؤدي إلى تفادي النمو الحبيبي والذي يحدث نتيجة التحلل الجزئي للبرليت هذا التحلل يتضمن انفصال السمنتيت (C3Fe) الموجود في البرليت ويترسب على الحدود البلورية وهذا ما يعطي الليونة للعينات المسخنة مسبقا وانخفاض قساوتها[7] . كما اننا نلاحظ من الشكل السابق ان استخدام الكترود لحام Ni 97.6% اعطى نتائج افضل من الكترود اللحام Inconel 625 من حيث انخفاض القساوة ويعود السبب في ذلك الى وجود معدن النيكل الموجود

في قضبان اللحام حيث ينحل في منطقة الانصهار والذي يؤدي إلى تخفيض إمكانية تشكل الأطوار القاسية (كربيدات او مارتنسيت)[5]. والفرق في نسبة تخفيض القساوة بين النماذج التي تم لحامها بقضبان لحام Inconel 625 و النماذج التي تم لحامها بقضبان لحام Ni 97.6% مرتبط بمقدار نسبة النيكل المنحلة في كل حالة

نتائج اختبار الشد : قمنا بتحضير عينات الشد وفق المواصفات القياسية DIN 17600 كما هو موضح بالشكل



ثم اجري اختبار الشد على العينات وسجلت النتائج ويبين الشكل نتائج الاختبارات للعينات بتسخين مسبق وبدون تسخين مسبق وبقضبان لحام مختلفة والتبريد بسرعات مختلفة



نلاحظ من الشكل اختلاف قيمة مقاومة الشد لكل نموذج من العينات حيث يلاحظ ان اكبر قيمة لمقاومة الشد قد حصل في العينات الملحومة بالكترودات Ni 97.6% والمسخنة تسخينا مسبقا ثم المبردة تبريدا بطيئا في الفرن ويعود السبب في ذلك لانه عند التسخين المسبق للعينات ثم التبريد البطيئ يؤدي إلى تفادي النمو الحبيبي والذي يحدث نتيجة التحلل الجزئي للبرلايت إن هذا التحلل يتضمن انفصال السمنتايت الموجود في البرليت ويترسب على الحدود البلورية وهذا يزيد من مقاومة الشد كذلك فانه عند التبريد البطيئ فان الغرافيت الموجود في البنية يتحول الى غرافيت حر وهذا يعد كافيا لتجنب تشكيل الكربيدات الاضافية او المارتنزيت [7]. كما ان الزيادة في مقاومة الشد تكون ملحوظة اكثر اثناء استخدام قضبان Ni 97.6% في اللحام وذلك بسبب احتوائها على نسبة اعلى من النيكل الذي ينحل في الفريت كما انه يلعب دور في تنعيم الحبيبات[10].

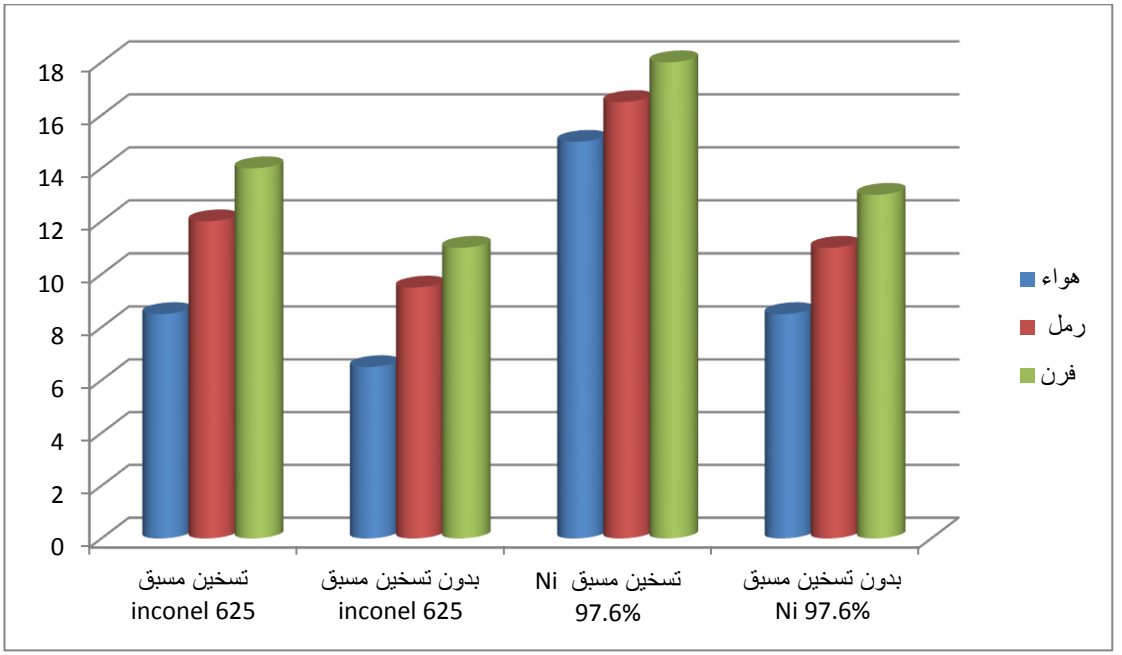
نتائج اختبار الصدم :

تم استخدام عينات صدم نظامية بابعاد (10*55) مم وحز منتصف العينة على شكل حرف v وبعمق 1.5 مم واختبارها على جهاز الصدم نوع شاربي الموجود في مخبر مقاومة المواد في كلية الهندسة التقنية الموضح بالشكل

وكانت النتائج على الشكل التالي :

قضبان اللحام	Inconel 625						Ni 97.6%					
اجراءات اللحام	تسخين مسبق			بدون تسخين مسبق			تسخين مسبق			بدون تسخين مسبق		
وسط التبريد اللاحق	هواء	رمل	فرن	هواء	رمل	فرن	هواء	رمل	فرن	هواء	رمل	فرن
مقاومة الصدم	8.5	12	14	6.5	9.5	11	15	16	18	8.5	11	13

والشكل التالي يبين النتائج على شكل مخطط :



نلاحظ انه كلما كان التسخين ابطا كلما اعطى مقاومة صدم اعلى وكذلك التسخين المسبق قد حسن من قيمة مقاومة الصدم ويعود السبب في ذلك لأن عملية التسخين المسبق إلى درجة حرارة محددة تؤدي إلى تخفيض سرعة التبريد لمنطقة اللحام وللمعدن الأساس وكذلك الامر بالتبريد البطيئ اللاحق اللذي بدوره يؤدي إلى تشكل بنية ميتالورجية لدنة ذات مقاومة أكبر للتمزق[5]. وكلما إنخفضت سرعة التبريد كانت الفرصة الأكبر لأن ينتشر الهيدرجين خارج المعدن [1]. مما يقلل كذلك من إمكانية حدوث التمزقات،

وكذلك يخفض التسخين المسبق الإجهادات التي تتشكل نتيجة حدوث التقلص بين منطقة اللحام والمعدن الأساس مما يؤدي إلى تسحين خواص ميكانيكية معينة من مثل مقاومة الصدم وكما يلاحظ من الشكل بأن استخدام الكترودات Ni 97.6% مقاومة صدم أفضل من الإلكترودات (Inconel 625) حيث أن ارتفاع نسبة النيكل تحسن من إنحلالية الغرافيت ، وهذا ناتج عن قدرة النيكل على الإنحلال في الأوستنيت، وفي أثناء عملية التبريد يبقى النيكل منحلاً في الأوستنيت مانعاً من تشكل السمنتيت القاسي، علاوةً على ذلك عوضاً أن يتشكل الكربون سمنتيت ينمو على شكل غرافيت كروي مما يؤدي إلى تحسن اللدونة ومن ثم مقاومة الصدم [5].

الاستنتاجات والتوصيات :

1- انخفاض الصلادة وزيادة في مقاومة الشد عندما يقل معدل التبريد
2- انفاض الصلادة وزيادة في مقاومة الشد عند اجراء معاملة التسخين المسبق
3- اعطى استخدام قضبان لحام نوع (Ni 97.6%) نتائج افضل من استخدام قضبان (Inconel 625) في تحسين جميع الخواص الميكانيكية وهذا يعود الى ارتفاع نسبة النيكل التي تحسن من انحلال الغرافيت ومنعه من تشكيل اطوار قاسية (كربيدات ومارتنسيت)
4- نوصي بدراسة اثر المعالجة الحرارية اللاحقة على الخواص الميكانيكية لملحومات حديد الصب
5- نوصي بدراسة اثر التبريد باستخدام الماء والزيت على الخواص الميكانيكية لملحومات حديد الصب

المراجع :

المراجع الاجنبية

1- Mehmet ¸Simsir " " Effect of heat treatment on fracture behavior gray cast iron" Springer Science Business Media B.V. 2008
2- 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
3- S. D. Kaiser, P. E. Faws and M. Northey,"Welding Cast Iron, Canadian Welding Journal" ,Fall (2005), pp.1-4
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
5- J.Francisco Carcel-Carrasco(2016) An Analysis of Weld ability of Ductile Cast Iron using Inconel 625 for the Root Weld and Electrodes Coated in 97,6% Nickel for the Filler Welds ,ITM , Universitat politecnica de Valencia>
6- V.E.Bouchanan,P.H Shipway and D.G.Cartney,Wear 263(2007)
7- Bipin Kumar Srivastava, S.P.Tewari and Jyoti Prakash, "A Review on Effect of Preheating and/or Post Weld Heat Treatment on Mechanical Behaviour of Ferrous Metals",International Journal of Engineering Science and Technology,vol. 2(4),2010

المراجع العربية:

8- مجموعة مؤلفون. تقانة اللحام المؤسسة العامة للتدريب المهني والتقني .السعودية 1429هـ

9- جديد علي :تصنيع الفونت المرن في الجمهورية العربية السورية: رسالة ماجستير في كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية بجامعة تشرين 2005 .

10- ج. عبد السمبع عبد الزهرة الكلابي (2011): دراسة تاثير نوع قضيب اللحام على مقاومة شد الملحومات الصلب الواطئ السبائك العالي المقاومة.مجلة جامعة بابل – كلية الهندسة.