

Studying the effect of welding joint shape on impact energy and hardness values along HAZ when maintenance the machines of Latakia Port Company

Dr. Wessam Kaddar*
Dr.Khodr Khafif**
Ali Hasan***

(Received 21 / 6 / 2016. Accepted 21 / 1 / 2017)

□ ABSTRACT □

Maintenance operation of marine machines and structures in Latakia Port Company is effective and done periodically. Electric arc welding is the basic procedure in maintenance operations where replacing the plates that lose thickness or that exposed to failure because of corrosion or hitting the landing platform.

Choosing the best welding parameters and the joint shape that suits each case (according to operating conditions and the place of the plate in the machine and loads type that the joint is exposed to) is important for obtaining the best possible properties.

In this paper specimens of an old metal (lift's platform) and of the new metal that's used in replacing in Port Company was taken. Welding joints was done in six ways (Xold-old , Xold-new , Kold-new , Knew-old , Vold-old , Vold-old).

Hardness test, impact test and 'dynamic loads test using solidworks program' were done. Hardness values change along heat affected zone for each joint and the change of impact energy values according to joint shape diagrams were drawn. Stresses and strains values the specimens exposed to in each case of joints shapes V, K, X was calculated using Solidworks program. Results were compared and discussed.

The results showed that there is a relationship between joint shape and HAZ width and also between HAZ width and impact energy. That makes it possible to predicate Impact energy that joints can resist before failure consequently expect the loads that achieve safe usage. Also choosing the most suitable joint shape for joints exposed to this kind of loads is possible.

Keywords: welding joints, hardness test, impact test, marine machines maintenance.

* Assistant Professor: Design& Product Engineering : Faculty of Electrical &Mechanical Engineering: Tishreen University : Latakia :Syria.

** Assistant Professor: Design& Product Engineering : Faculty of Electrical &Mechanical Engineering: Tishreen University : Latakia :Syria.

*** Master Student: Design& Product Engineering: Faculty of Electrical &Mechanical Engineering: Tishreen University : Latakia :Syria.

تأثير شكل الوصلة اللحامية على طاقة الصدم وقيم القساوة في منطقة التأثير الحراري عند صيانة آليات شركة مرفأ اللاذقية

د.وسام قدار*

د.خضر خفيف**

علي حسن***

(تاريخ الإيداع 23 / 3 / 2017. قُبِلَ للنشر في 30 / 8 / 2017)

□ ملخص □

عملية الصيانة في شركة مرفأ اللاذقية عملية فعالة وتتم بشكل دوري على مختلف الآليات البحرية والمنشآت. عملية اللحام باستخدام القوس الكهربائي هي الإجراء الأساسي في أغلب عمليات الصيانة حيث يتم استبدال الألواح التي تتناقص سماكتها أو التي تتعرض لتلف نتيجة التآكل أو الإرتطام بالرصيف البحري. اختيار بارامترات اللحام الأفضل وشكل الوصلة المناسب لكل حالة (بحسب ظروف الخدمة وتوضع اللوح في الآلية البحرية ونوع الحمولات التي تتعرض لها هذه الوصلة) هام من أجل الحصول على أفضل خواص ممكنة. تم في هذا البحث أخذ عينات من معدن قديم (منصة قاطر) ومن المعدن الجديد المستخدم في التعويض في شركة المرفأ. تم تنفيذ الوصلات اللحامية بست طرق وهي : Kold-new , Xold-new , Xold-old (Knew-old , Vold-old , Vold-old) تم إجراء اختبار القساوة واختبار الصدم و'اختبار الحمولة الديناميكية باستخدام برنامج 'solidworks' وتم رسم مخططات تغير قيم القساوة على طول منطقة التأثير الحراري لكل وصلة ومخطط تغير طاقة الصدم بحسب شكل الوصلة وكذلك حساب قيم الإجهادات وقيم الإنفعالات التي تتعرض لها العينات في حالات أشكال الوصلات X-K-V باستخدام برنامج solidworks وتمت مقارنة ومناقشة النتائج. بينت النتائج وجود علاقة بين شكل الوصلة وعرض منطقة التأثير الحراري وأيضاً بين عرض منطقة التأثير الحراري وطاقة الصدم. وهذا يمكن من التنبؤ بقيمة طاقة الصدم التي تتحملها العينات قبل أن تنهار وبالتالي معرفة قيمة الحمولات التي تحقق الاستخدام الآمن. كذلك يمكن اختيار شكل الوصلة الأكثر ملائمة للقطع التي تتعرض لهذا النوع من الحمولات الديناميكية.

الكلمات المفتاحية : الوصلات اللحامية ، اختبار القساوة ، اختبار الصدم ، صيانة القطع البحرية .

* مدرس - قسم هندسة التصميم والإنتاج - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

** مدرس - قسم هندسة التصميم والإنتاج - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

*** طالب ماجستير - قسم هندسة التصميم والإنتاج - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

مقدمة:

رغم الانتشار الكبير والتزايد الهائل في أنواع المواد الهندسية المستخدمة في الصناعة في الوقت الحاضر بقيت المواد المعدنية من أهم المواد المستخدمة في كثير من التطبيقات ومنها القطع البحرية، يعتبر التلف الحاصل في أجزاء المنشآت والآليات المعدنية بسبب التعرض لحمولات شاذة ديناميكية أو ستاتيكية من أهم المشاكل التي تتعرض لها هذه المواد، وأظهرت التجارب أن الدرزة للحامية تشكل مناطق ضعف وبداية لحدوث الفشل في الآليات.

هذا البحث يركز على اختيار البارامترات الأكثر ملائمة عند صيانة آليات شركة مرفأ اللاذقية، عن طريق اختيار شكل الدرزة للحامية الذي يحقق أفضل خواص.

تم تحضير مجموعة من العينات ولحامها بأشكال مختلفة للوصلات وإجراء اختبارات الصدم والقساوة عليها، العينات المدروسة كلها أخذت من منصة قاطر خارج عن الخدمة (لأسباب تتعلق بالمحرك). كما تم إحضار قطع من المعدن الجديد الذي يستخدم للتعويض في شركة المرفأ.

تم اختيار أشكال اللحام الممكنة لهذه الألواح ذات السماكة 6mm تبعاً للمواصفات المتبعة من قبل الجمعية الأميركية للحام من أجل هذه السماكة وقد تبين وجود 3 أشكال مناسبة (X-V-K)، وتم تنفيذ هذه الوصلات من أجل حالة معدن قديم-قديم و قديم-جديد.

الدراسات السابقة بينت تأثير تغيير بارامترات اللحام على الخواص الميكانيكية والبنية المجهرية

لعينات اللحام وذلك وفق طرق لحام مختلفة من لحام بطريقة القوس الكهربائي اليدوي بشكل أساسي بالإضافة للطرق الأخرى (لحام نقطي - لحام الخلط الإحتكاكي - اللحام الليزري) وهذا أعطى فكرة مسبقة عن أهمية إجراء الإختبارات للتحقق من الخواص وأهمية تغيير البارامترات للحصول على الخواص الأفضل [1-8]

أيضاً تبين أن تركيب المعدن الأساسي يلعب هاماً في تحديد بارامترات اللحام حيث تختلف البارامترات الأكثر ملائمة بحسب التركيب الكيميائي للمعدن [9-19]

البحث الذي نجره يركز على محاكاة عملية الصيانة في شركة مرفأ اللاذقية لما لها من دور اقتصادي كبير في متابعة حيوية العمل في المرفأ رغم ظروف الحصار الإقتصادي .

تم دراسة التركيب الكيميائي لمعدن القطع البحرية والمعدن الجديد المستخدم في التعويض في شركة المرفأ وتمت عملية اللحام بأشكال مختلفة للوصلات وفي حالتها اللحام بين معدنين قديم-قديم أو قديم-جديد وتحديد شكل الوصلات التي تحقق أفضل خواص لحمولات الصدم.

أهمية البحث وأهدافه:**أهمية البحث:**

1- يركز البحث على أهم المواضيع التي تجري فيها عمليات اللحام الدورية في شركة مرفأ اللاذقية

(منصات الروافع - المزلقان ...)

- 2- تحديد شكل الوصلة للحامية المناسب عند إجراء عمليات الصيانة له دور كبير في نجاح عملية الصيانة وتقليل كلف الصيانة الدورية
- 3- رفع جودة الوصلات للحامية عن طريق اختيار شكل الوصلة للحامية الملائم للحمولات الصادمة

أهداف البحث:

1. معرفة شكل الوصلة للحامية المناسب الأكثر تحملاً للحمولات الديناميكية الصادمة التي تتعرض لها القطعة البحرية.
2. معرفة العلاقة بين قيمة طاقة الصدم التي تتحملها العينة للإنهيار وبين قيم القساوة في المنطقة المحيطة بالوصلة .

طرائق البحث ومواده:

تم أخذ العينات من قطعة في منصة القاطر (فولاذ منخفض الكربون) حيث تم أخذ 12 قطعة بأبعاد 30*60 cm وسماكة 6mm وعينات بنفس الأبعاد من معدن جديد يستخدم لتعويض المعدن القديم في شركة المرفأ تم تنفيذ الوصلات للحامية بأشكال مختلفة للصفائح الفولاذية باستخدام الكترود نوع MT12E6013 انتاج شركة تينسين ميتال - الصين وباستخدام قطرين للإلكتروود mm2.5 و mm3.25 من أجل أشواط المأل وأشواط الجذر ونوع الغلاف مختلط محايد، طريقة اللحام هي القوس الكهربائي اليدوي arc welding باستخدام الجهاز الموجود في كلية الهك - مخبر اللحام [20]

الجدول (1) التركيب الكيميائي وأبعاد الإلكتروودات المستخدمة

التيار [A]	طول [mm]	قطر [mm]
95	300	2.5
115	350	3.25

C	Mn	Si	S	P
0.12	1.6	0.75	0.035	0.04

اختبار القساوة hardness test :

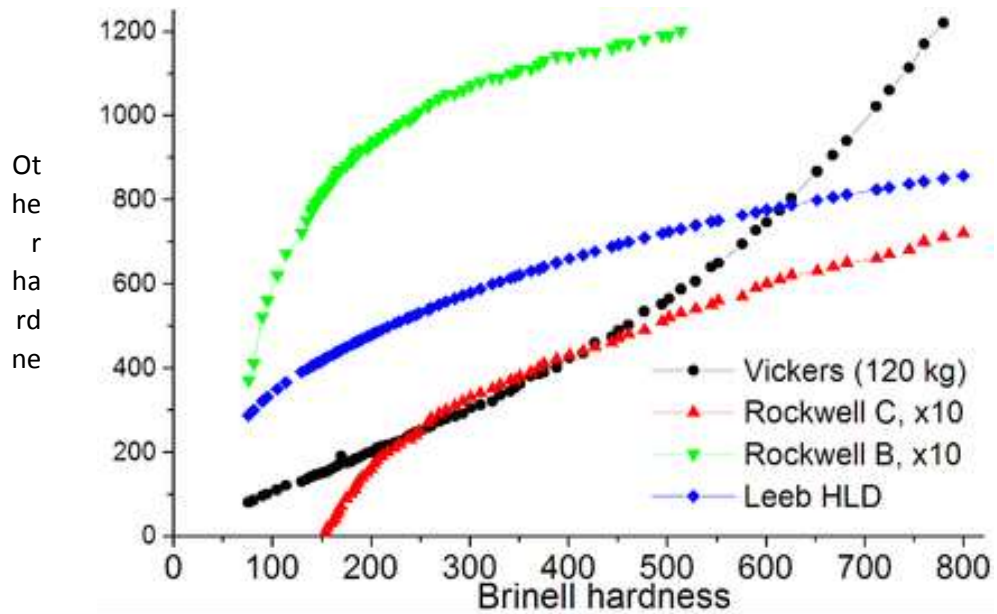
الجهاز المستخدم جهاز محمول إنتاج شركة technology C&R الموجود في شركة مرفأ اللاذقية الشكل (1). وتم القياس وفق قساوة ليب "Leeb"



الشكل (1) صورة لجهاز اختبار القساوة المستخدم في البحث

تم ضبط الجهاز ومعايرته على العينات المعيارية ذات القساوة المحددة من قبل الشركة المصنعة، تم اختيار قساوة ليب لأنها الأكثر ملائمة مع قساوة هذه العينات ذات القساوة القليلة نسبياً بسبب تصنيعها لتكون ذات قابلية لحام عالية وقابلية تقسية منخفضة.

قياس القساوة وفق ليب يتم وفق المواصفة الأمريكية 12-ASTM A956 والشكل (2) يبين العلاقة بين قيمة قساوة ليب وقيمة القساوات [21]



الشكل (2) مخطط يبين العلاقة بين قساوة ليب وقيم القساوة الشهيرة الأخرى

تم تحضير العينات وصقلها باستخدام قرص الجليخ الكهربائي ثم تعميمها بواسطة شريط الورق الزجاجي لتصبح جاهزة لقياس القساوة الشكل (3) .



الشكل (3) الأجهزة المستخدمة في تحضير عينات اختبار القساوة

تم تقسيم المنطقة المحيطة بالوصلة اللحامية والتي طولها 3cm من كل جهة (الشكل 4) بحيث أخذت القراءة عند كل 0.5cm وتم أخذ 3 قراءات عند كل بعد وتدوينها على ورقة أعدت مسبقاً الشكل(4). ثم تم حساب المتوسط الحسابي لقيمة القساوة عند كل بعد محدد.



الشكل (4) طريقة تقسيم وأخذ القراءات للعينات

اختبار الصدم impact test



الشكل (5) يبين تركيب المنقلة المدرجة على الجهاز وشكل عينة الصدم

اختبار الصدم جرى وفق المواصفة القياسية الأميركية 23 ASTM-E حيث كانت أبعاد العينة $100*6*10$ mm وتلم بعمق 1 mm تم تنفيذه عن طريق المنشار اليدوي الشكل (5) وتم الحصول على طاقة الصدم مقدرة بالجول [22]

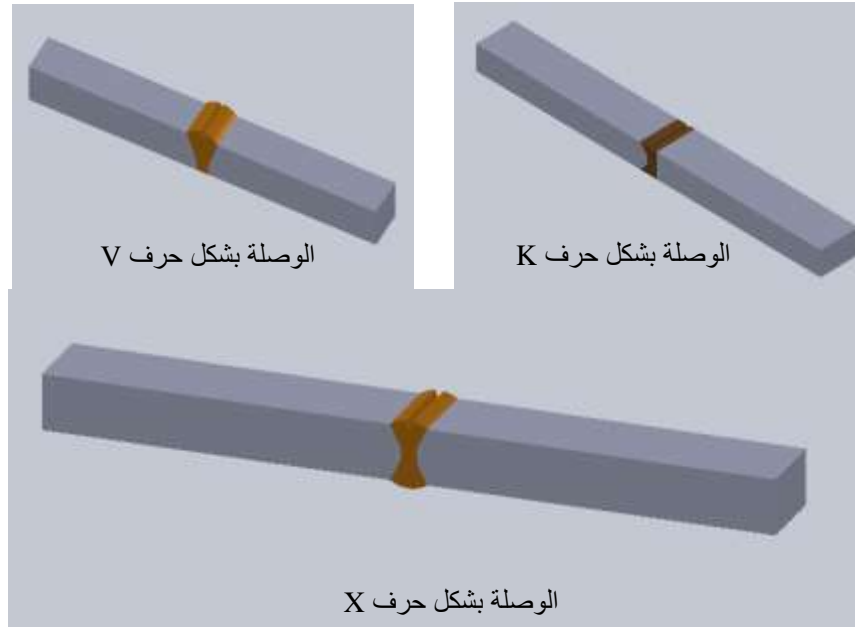
محاكاة اختبار الصدم شاربي باستخدام برنامج Solidworks

تم اجراء اختبارات الصدم باستخدام برنامج solidworks على ثلاث عينات تحاكي الحالات الرئيسية الثلاثة لطرق اللحام الشكل (6) من أجل تقدير قيم الإنزياحات وقيم الإجهاد خلال مقطع العينة عند التعرض لقوة ديناميكية، عملية التحليل جرت وفق المراحل التالية:

- 1- اختيار نوع المادة (cold rolled steel)
- 2- اختيار نوع التحميل (Dynamic Linear)
- 3- اختيار الشروط الحدية ونوع ومنطقة التثبيت (الأسطح الثابتة من العينة بما يحاكي جهاز تشاربي وموضحة بالأسهم على الشكل 15)

4- نوع وقيمة القوة الديناميكية الأعظمية (Force 100KN)

5- الدراسة



الشكل (6) صورة لعينات الصدم التي تم تحليلها باستخدام برنامج SOLIDWORKS

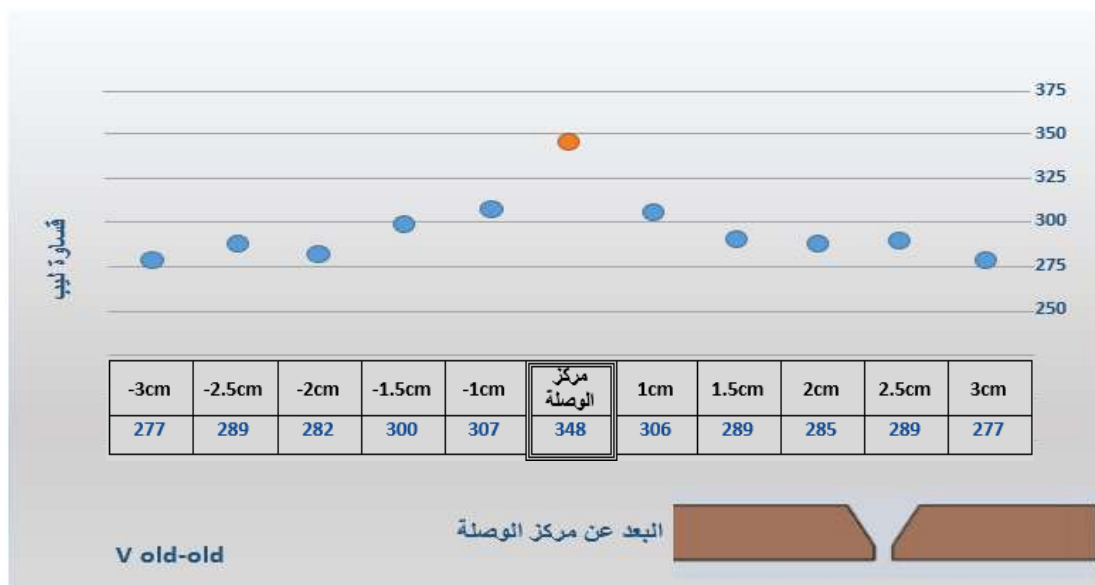
النتائج والمناقشة:

الجدول (2) نتائج التحليل الطيفي للفولاذ الجديد والقديم:

العنصر	معدن الأساس	المعدن الجديد
Fe	98.9	99
C	0.202	0.076
Si	0.0323	0.0401
Mn	0.586	0.618
P	0.047	0.0346
S	0.0199	0.0055

نتائج اختبار القساوة

الوصلة بشكل حرف V والمعدن قديم-قديم

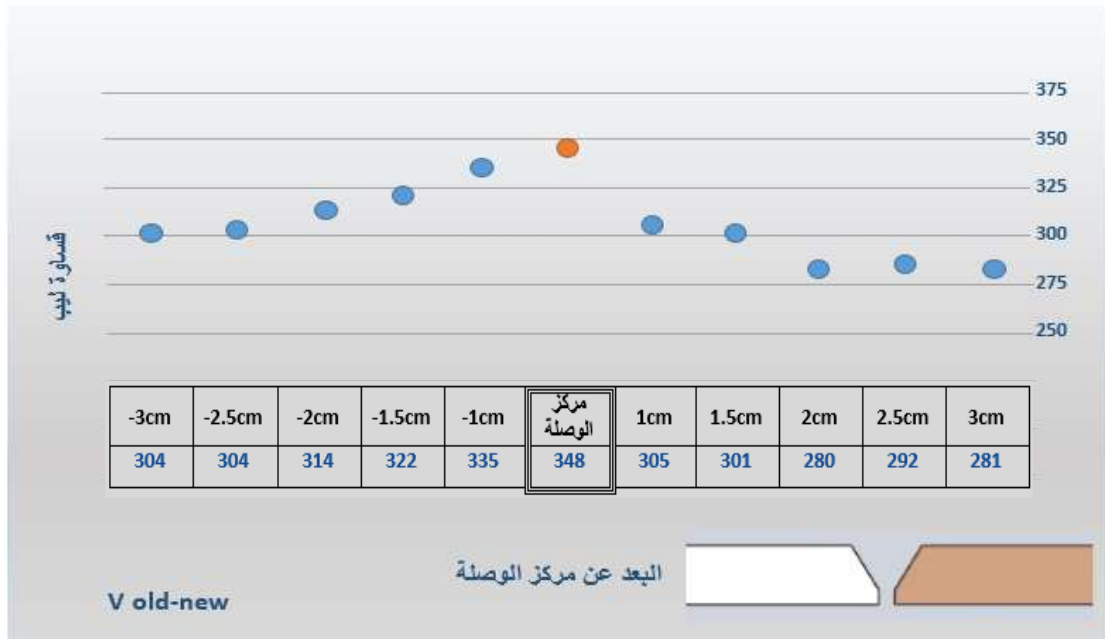


الشكل (7) مخطط تغير قيم القساوة الوصلة بشكل حرف V والمعدن قديم-قديم

كانت منطقة التأثير الحراري في هذه الحالة متناظرة لأن شكل الوصلة متناظر والمعدن متماثل على طرفي الوصلة. قيمة القساوة على بعد 1cm كانت 307 leeb واستقرت عند القيمة 277 leeb على بعد 3cm عن مركز الوصلة.

الوصلة بشكل حرف V والمعدن قديم-جديد

في هذه الحالة مخطط القساوة الناتج غير متناظر حيث أن المعدن الجديد المستعمل ذو قساوة أكبر من المعدن الأساس. القساوة على بعد 1cm للمعدن الأساس كانت 305 leeb بينما للمعدن الجديد 335 leeb واستقرت قيمة القساوة للمعدن الجديد عند 304 leeb على بعد 2.5cm بينما للمعدن الأساس على بعد 2cm وقساوة 280 leeb .

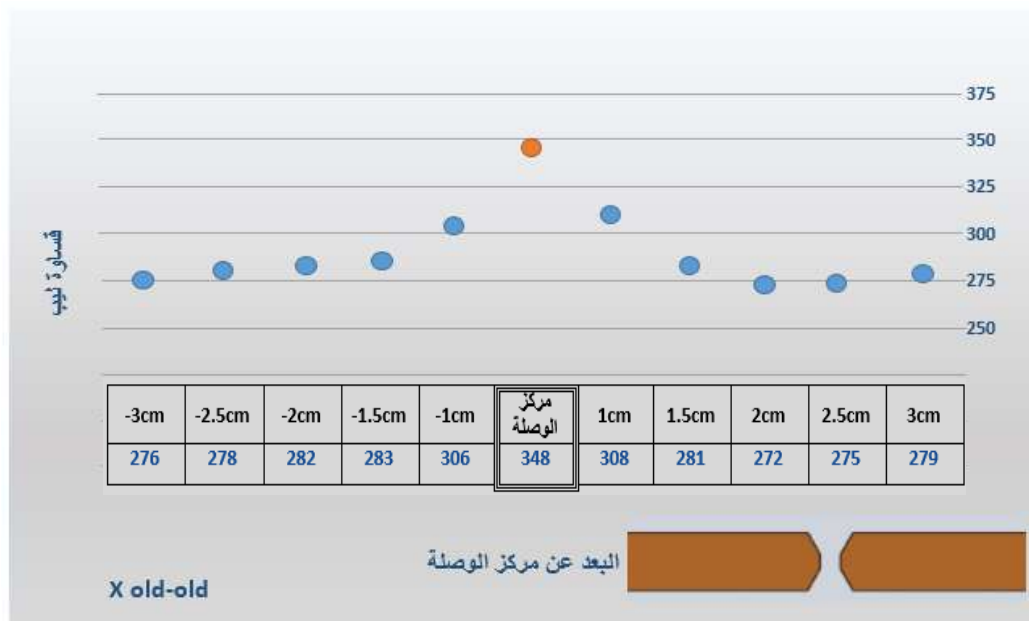


الشكل (8) مخطط تغير قيم القساوة الوصلة بشكل حرف V والمعدن قديم-جديد

يتبين أن المعدن الجديد قام بامتصاص كمية حرارة أكبر وادي الى تضيق منطقة التأثير الحراري للمعدن الأساس.

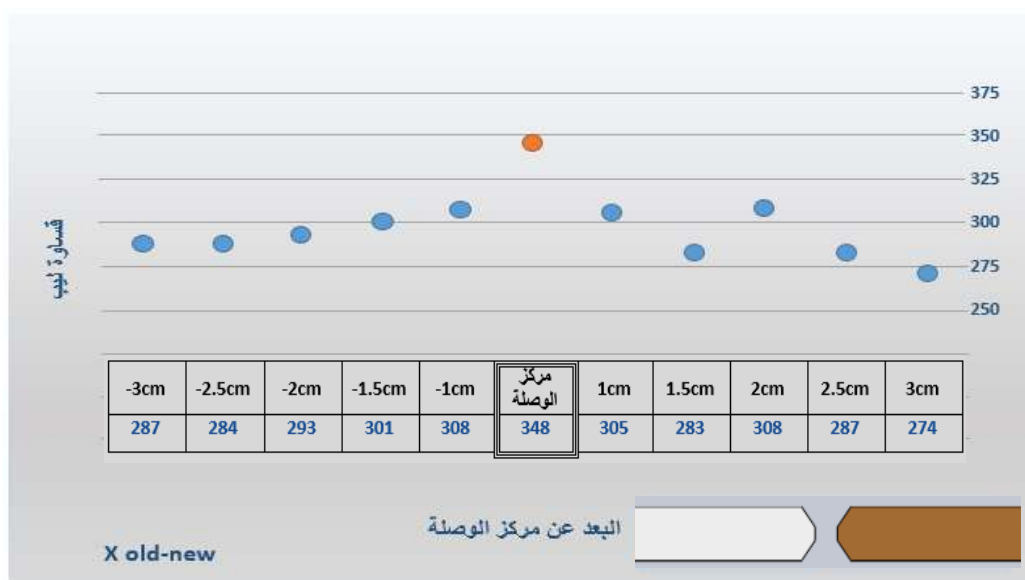
الوصلة بشكل حرف X والمعدن قديم-قديم

كان مخطط القساوة متناظر أيضاً لكن في هذه الحالة حدثت عملية استقرار القساوة على بعد 2cm فقط من مركز الوصلة حيث أن عملية اللحام تمت من الجهتين .



الشكل (9) مخطط تغير قيم القساوة الوصلة بشكل حرف X والمعدن قديم-قديم

القساوة العظمى كانت leeb 307 على بعد 1cm كما في الحالة الأولى لكن على بعد 1.5cm كانت leeb 282 في حين كانت leeb 295 في حال الوصلة بشكل V .
عملية اللحام من الجهتين تؤدي إلى حدوث عملية تسخين لاحقة وزمن تعرض للحرارة أكبر وبالتالي تبريد أبطأ وبالتالي حدوث عملية مراجعة
الوصلة بشكل حرف X والمعدن قديم-جديد



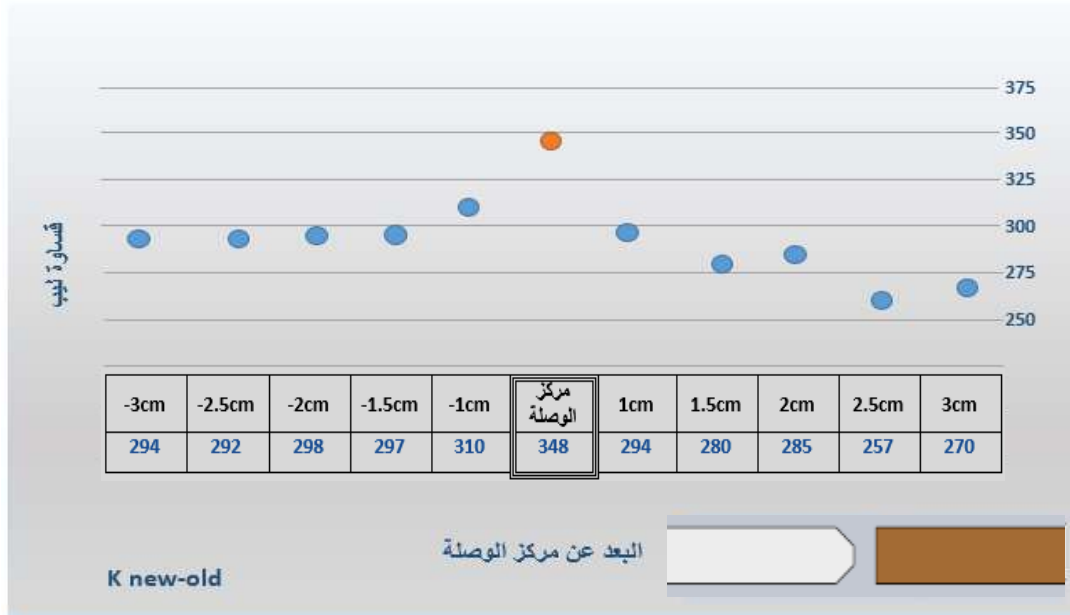
الشكل (10) مخطط تغير قيم القساوة الوصلة بشكل حرف X والمعدن قديم-قديم

مخطط القساوة كان غير متناظر بسبب اختلاف تركيب المعدنين الملحومين وكان هناك تذبذب في قيم القساوة المأخوذة في حال المعدن القديم وذلك بسبب حدوث المراجعة لجزء من منطقة التأثير أثناء المرور الثاني (لحام الجهة الأخرى من العينة) ، حتى 1.5cm لكن على المناطق الأبعد تعود القساوة لترتفع وتستقر على بعد 3cm عند قيمة leeb 274 .

حدوث المراجعة أقل من الحالة السابقة لأن المعدن الجديد يمتص كمية حرارة أكبر ويمكن ملاحظة ذلك عن طريق عرض منطقة التأثير الحراري للمعدن الجديد حيث تستقر قيمة القساوة على بعد 3cm بقيمة leeb 282 .

الوصلة بشكل حرف K والمعدن جديد-قديم

عندما كان المعدن الأساس غير مشطوف كان أقل تأثراً بالحرارة حيث بلغت القساوة عند بعد 1cm عن المركز leeb 294 مقارنة بـ leeb 307 في حال الشطفة بشكل حرف V .
أيضاً تم ملاحظة حدوث عملية المراجعة على بعد 1.5cm تظهر على المخطط كإنخفاض في قيمة القساوة في هذه المنطقة.

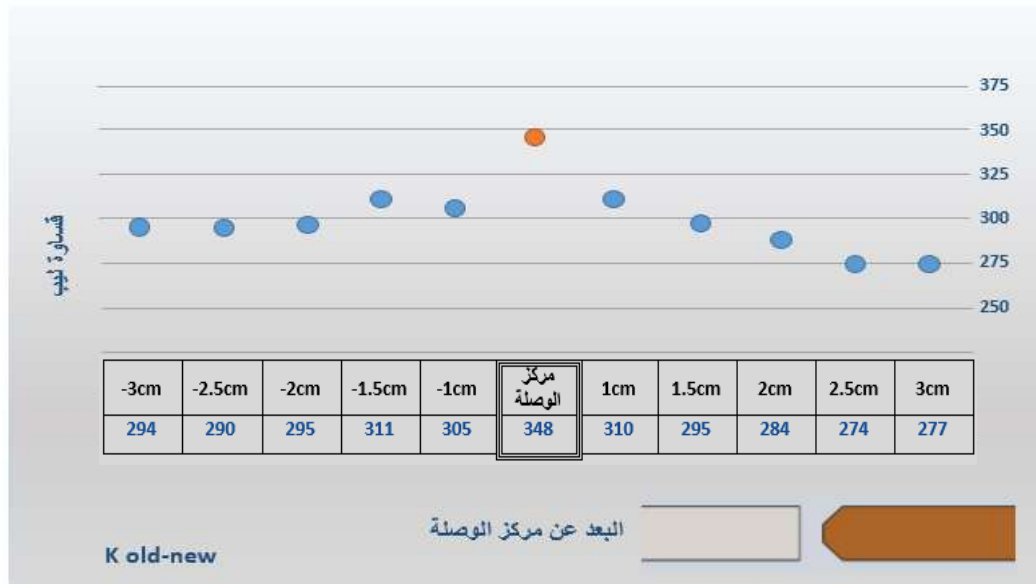


الشكل (11) مخطط تغير قيم القساوة الوصلة بشكل حرف K والمعدن جديد-قديم

أما المعدن الجديد المشطوف يظهر تأثيراً أكبر بالحرارة وتتناقص قيمة القساوة لتستقر على بعد 2.5cm بقيمة 292 leeb .

الوصلة بشكل حرف K والمعدن قديم-جديد

نلاحظ أن قيمة القساوة عند 1cm بلغت 310 leeb وهي أعلى قيمة قساوة للمعدن الأساس. كمية الحرارة التي يأخذها المعدن الجديد غير المشطوف أكبر وبالتالي التبريد أسرع ما أدى لهذه الزيادة الطفيفة في قيمة القساوة.



الشكل (12) مخطط تغير قيم القساوة الوصلة بشكل حرف K والمعدن قديم-جديد

لم يظهر أي أثر لحدوث المراجعة والإستقرار كان على مسافة 2.5cm عند قيمة قساوة 274 leeb. أما من جهة المعدن الجديد غير المشطوف ظهر أثر خفيف لحدوث المراجعة. القساوة العظمى كانت 305 leeb على بعد 1cm من مركز الوصلة لتستقر بعدها على بعد 2cm على قيمة 295 leeb .

نتائج إختبار الصدم:

الجدول (3) نتائج طاقة الصدم للعينات المختبرة

K new-old	K old-new	X old-old	X old-new	V old-old	V old-new
35	36	48	35	38	39
34	38	47	33	41	34
31	39	50	32	43	35
33.33	36.67	48.33	33.33	40.67	36



الشكل (13) مخطط تغير طاقة الصدم حسب نوع الوصلة للحامية

قيمة طاقة الصدم سجلت أعلى قيمة لها من أجل حالة الوصلة بشكل حرف X والمعدن قديم-قديم. وهذه الحالة وافقت قيمة قليلة لعرض منطقة التأثر الحراري وبالتالي ذات خواص لدونة مرتفعة نسبياً. قيمة طاقة الصدم هذه بلغت 48 جول .

بينما كانت القيمة متدنية في حالتي k , X في حال المعدن قديم-جديد وهذا وافق بحسب اختبار القساوة مناطق ذات قساوة مرتفعة ومنطقة تأثر حراري عريضة وخواص لدونة قليلة. هذه القيمة الدنيا بلغت 33 جول.

طاقة الصدم قليلة في حالتي معدن قديم-جديد بسبب أن المعدن الجديد يمتص كمية حرارة أكثر من المعدن القديم وبالتالي تصبح سرعة تبريد الوصلة أكبر وهذا واضح من مخططات القساوة الأشكال

(10-5) و (12-5) وبالتالي حجم حبيبات أكبر وفرصة أكبر لحدوث الإنزلاقات والإنخلاقات في البنية البلورية [13] وبالتالي يصبح نمو الشقوق عند الصدم بشكل مستوي وطاقة الصدم قليلة [7]. أيضاً محتوى الأوستنيت والمارتزيت في منطقة الحبيبات الخسنة له تأثير كبير على تدني طاقة بداية تشكل الشقوق [23].

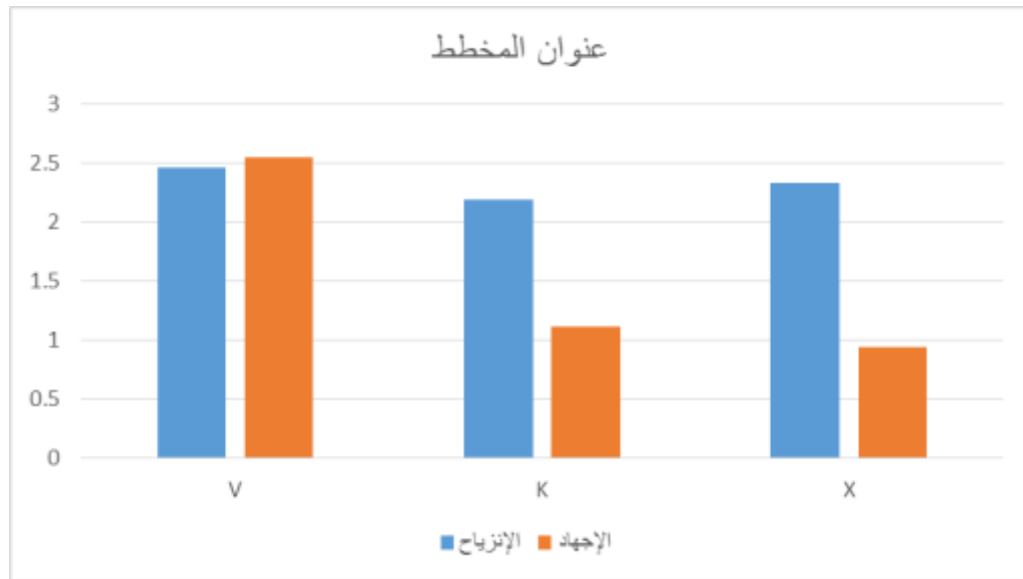
في حالة Xold-old يكون مخطط القساوة متناظر كما أن الأشواط المتعددة اللازمة للحام في هذه الطريقة تؤدي الى تقليل عرض منطقة التأثير الحراري كما يبين الشكل (5-8) وبالتالي تصبح خواص الصدم أفضل بسبب عمليات التسخين اللاحق [24,18] وتأخذ ذرات الكربون وقت أطول للانتشار وإتمام التحولات الطورية وهذا يقلل من كمية الأوستنيت المتبقي في البنية وزيادة $t_{8/5}$ وبالتالي تحسين خواص الصدم [25].

نتائج محاكاة إختبار الصدم شاربي باستخدام برنامج solidworks :

الجدول (4) قيم الإنزياح الأعظمي والإجهاد الأعظمي للعينات المختبرة

شكل الوصلة	الإنزياح الأعظمي [mm]	الإجهاد الأعظمي $[N/m^2].e^{10}$
V	2.455	2.545
K	2.189	1.118
X	2.330	0.944

ويمكن الحصول على مخطط لقيم الإجهادات والإنفعالات خلال مقطع العينة من خلال المخططات التالية:

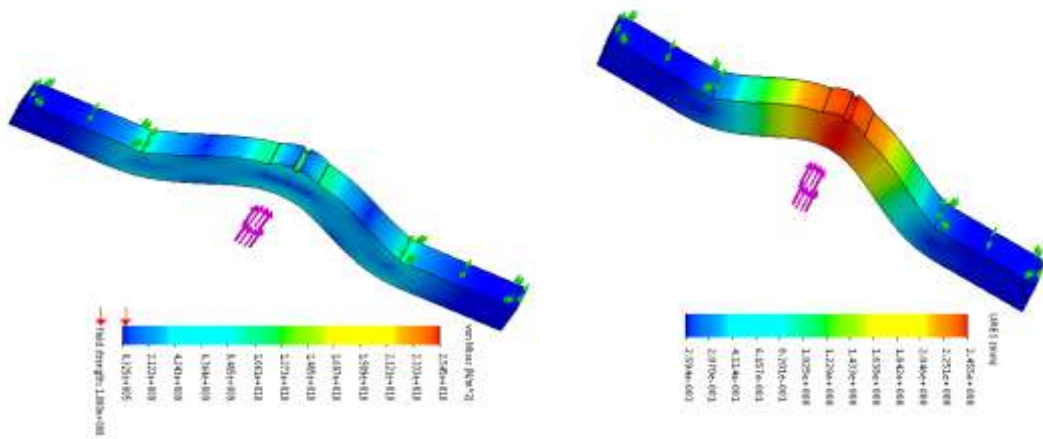


الشكل (14) مخطط قيم الإجهاد والإنزياح الأعظمي حسب نوع الوصلة للحماية

يبين المخطط قيم الإجهاد وقيم الإنزياح بعد التعرض لحمولة ديناميكية يتبين أن الوصلة ذات الخواص الأفضل المناسبة لهذا النوع من الحمولة هو الوصلة بشكل حرف X حيث أنها وافقت أعلى قيمة للإجهاد مع أقل قيمة للإنزياح وهذا يتوافق مع النتائج التجريبية حيث كان أفضل سلوك للصدم الموافق لأكبر قيمة للطاقة في حالة حرف X والمعدن قديم-قديم بقيمة طاقة بلغت [48] JOUL.

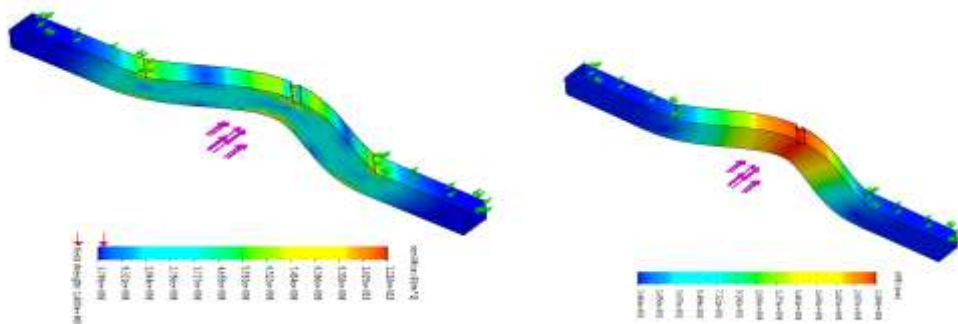
محاكاة اختبار الصدم في برنامج solidworks تمت عن طريق اختيار الشروط الحدية لمحاكاة اختبار شاربي وتطبيق قوة force ديناميكية خطية متسارعة من (0-100 KN) . Dynamic, linear . برنامج solidworks لا يقوم بحساب طاقة الصدم بالجول التي يتم حسابها وفق اختبار شاربي، لكنه يعطي مخططات لقيم الإجهادات والانزياحات التي تتعرض لها العينة المختبرة. يمكن التأكد من أن العينة ذات الشكل X هي ذات الخواص الأفضل كما بينت النتائج التجريبية عن طريق مقارنة نتائج مخططات قيم الإجهادات والانزياحات حيث يظهر أن هذه الوصلة وعند تطبيق القوة قامت بالإنفعال أكثر من بقية العينات ومع ذلك بقيت قيمة الإجهاد التي تعرضت له أقل من باقي العينات وهذا يبين أنها العينة الأكثر تحملاً لهذا النوع من الحملات .

الوصلة بشكل حرف V



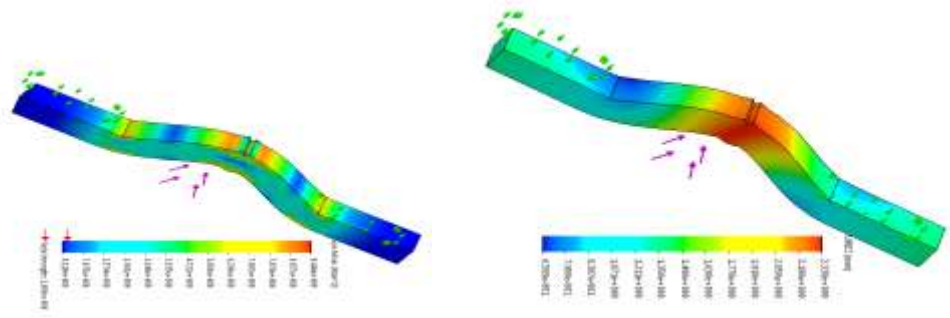
الشكل (15) مخطط لقيم الإجهادات والإنفعالات خلال مقطع العينة V

الوصلة بشكل حرف K



الشكل (16) مخطط لقيم الإجهادات والإنفعالات خلال مقطع العينة K

الوصلة بشكل حرف X



الشكل (17) مخطط لقيم الإجهادات والإنفعالات خلال مقطع العينة X

الاستنتاجات والتوصيات:

1- بالنسبة لحمولات الصدم أو الحمولات الديناميكية كما في حالة منصات الروافع فقد بين البحث أن الأسلوب الأفضل للحام قديم-قديم كان في حالة X حيث كانت طاقة الصدم اللازمة لكسر هذه العينة هي الأعلى. وتوافق ذلك مع نتائج الدراسة التحليلية المتعلقة بالحمولات الديناميكية التي أجريت على برنامج SOLIDWORKS.

وعند التعويض بمعدن جديد فإن أسلوب اللحام الأمثل هو في حالة K قديم-جديد حيث يتم إجراء الشطفة على المعدن الجديد فقط ويبقى المعدن القديم بدون شطفة حيث وافق ذلك أعلى قيمة للطاقة في حالات الوصلات غير المتطابقة التركيب.

2- في بعض الحالات من غير الممكن إجراء اللحام من الجهتين كما في حالة X مثلاً وحتى لو كان ذلك يحقق أفضل خواص لكن الظروف التقنية تقتضي إنتاجها بشكل حرف V مثلاً.

3- التغييرات البنوية التي تطرأ على الألواح بسبب عملية اللحام يمكن ملاحظتها من خلال مخططات تغيير القساوة خلال مقطع العينة ويمكن معرفة عرض منطقة التأثر الحراري وتوضيح المخططات أيضاً إذا كانت قيم القساوة هذه متناظرة أو غير متناظرة بسبب اختلاف التركيب الكيميائي للمعدن أو اختلاف شكل الوصلة. وقد كانت متناظرة في حالة Vold-old و Xold-old .

4- بين البحث أن هناك علاقة عكسية بين عرض منطقة التأثر الحراري وطاقة الصدم. حيث ظهر أنه في الحالات التي يكون عرض منطقة التأثر الحراري كبير يصبح سلوك العينات الملحومة قصف وتميل للإنهيار على الصدم عند قيم أصغر للطاقة. وقد وافق أصغر عرض لمنطقة التأثر الحراري في حالة Xold-old أكبر قيمة لطاقة الصدم.

التوصيات

1. إجراء نفس الإختبارات على أساليب اللحام المختلفة كاللحام باستخدام غازات حماية واللحام تحت الماء.

2. إجراء تحليل لدراسة نوع الإجهادات التي تتعرض لها القطعة البحرية المراد صيانتها واختيار الشكل المناسب.

3. إجراء نفس الإختبارات من أجل شكل لحام معين لكن مع تغيير بارامترات أخرى كقيم التيار

4. دراسة تأثير إضافة عناصر سبائكية على بنية الوصلة اللحامية
5. إجراء عملية المعالجة الحرارية للتقليل من فروقات قيم القساوة خلال منطقة التأثر الحراري وخاصة عند التعرض لحمولات الصدم (حمولات ديناميكية)
6. القيام بأبحاث تركز على إجراء فحوص المجهرية مرافقة ومتممة للبحث لمعرفة البنية الميكروية لمنطقة اللحام وتفسير النتائج
7. القيام بمحاكاة تجرية شاربي على برامج أخرى مثل Ansys و Katia من أجل إعطاء قيمة لطاقة الصدم بالجول ومقارنة النتائج
8. إجراء اختبارات القساوة بشكل ميكروي Micro hardness من أجل دراسة أبعاد منطقة التأثر الحراري ومناطق الحبيبات الناعمة والخشنة

المراجع:

- [1] ABDULMAJEED,H,Majid. *Mechanical Properties and Corrosion Behavior of Low Carbon Steel Weldments*. Al-Khwarizmi Engineering Journal, Iraq, Vol. 9, No. 1, 2013, P. 83-93
- [2] EBRAHEAM,J,Esam. *Study the Factors Effecting on Welding Joint of Dissimilar Metals*. Al-Khwarizmi Engineering Journal, Iraq, Vol.7, No. 1, 2011 P76-81
- [3] Dr.ABBAS,K, Muna . *Simulation of Temperature Distribution in TIG Spot Welds of (Al-Mg) Alloy Using Finite Element Method*. Al-Khwarizmi Engineering Journal, Iraq, Vol. 4, No. 2, 2008, P 83-97
- [4] ADNAN,Abboud. *Welding of Low Alloy Steel DIN 15Mo3 by MIG/MAG Spot*. Al-Khwarizmi Engineering Journal, Iraq, Vol.2, No.2, 2006 p 1-19
- [5]TOLEPHIH, H, Moneer. *Comparative Study of the Mechanical Properties of (FS) and MIG Welded Joint in (AA7020-T6) Aluminum Alloy*. Al-Khwarizmi Engineering Journal, Iraq, Vol. 7, No. 2, 2011, P 22 - 35
- [6] AHMAD, H, Sahar. *Effect of Arc Welding & Tig welding in the tensile and hardness properties and hardness of carbon steel*. Al-Khwarizmi Engineering Journal, Iraq, Vol. 28, No. 23,2010 P.16-24
- [7]Dr.-Ing.LANGENBERG, P.. *Discussion of testing procedures for the determination of the toughness properties of laser welded joints*. Elsevier Science Ltd. and ESIS. Netherlands , Vol. 9, No. 5, 2002,P 32-41
- [8] CAVALIERE,P. *Effect of welding parameters on mechanical and microstructural properties of AA6056 joints produced by Friction Stir Welding*. Journal of Materials Processing Technology, USA, Vol. 180, No. 5, 2006 P.263–270.
- [9] PANELLA,F. *Effect of welding parameters on mechanical and microstructural properties of AA6082 joints produced by friction stir welding*. University of Salento, Via per Arnesano, Italy, 2007, Vol. 17, No. 7, P 124-137
- [10] papanicos,P. *numerical simulation of the laser welding process in butt joints specimens*. Journal of material processing technology , USA, Vol. 167, No. 7, 2003 P.59-69
- [11] CROKER,A,B. *Reduced ductility of in-service 9Cr1Mo piping revealed during welding procedure qualification*. *International Journal of Pressure Vessels and Piping*. Journal of material processing technology USA, Vol. 137, No. 4, 2004 P. 543–555

- [12] SMONATH, Chattopadhyayab. *Effect of Heat input on Submerged Arc Welded Plates. Procedia Engineering*, Journal of material processing technology USA, Vol. 148, No.8, 2011 P. 2791–2796.
- [13] GRONG,A. Effect of enteractive particles on steel weldability. International Conference on Trends in Welding Research. Georgia USA,June 1998 p.214-219.
- [14] VISHNIKAS,P. *The Structure of Welded Austenitic and Non-austenitic Steel Joints*. ISSN 1392–1320 MATERIALS SCIENCE (MEDŽIAGOTYRA). Vol. 9, No. 2. 2003p.156-162
- [15]BAUDEN, Thierry. *Effect of Welding on Microstructure and Mechanical Properties of an Industrial Low Carbon Steel*. Journal of material processing technology USA, Vol. 175, No.6, 2010 P. 321-328
- [16] AYOOLA, W,A. *Corrosion eesponces of welded meld steel embedded in coastal soil environment*. International Conference on Innovations in Engineering and Technology, Vol. 63, No.3, 2011 P. 198-211
- [17] Prof.GATTANI, K. *Study on Effect of Manual Metal Arc Welding Process Parameters on Width of Heat Affected Zone (Haz) For Ms 1005 Steel*. International Journal of Modern Engineering Research (IJMER) Vol. 3, Issue. 3, May.-June. 2013 pp-1493-1500
- [18] KABUTEY, A. *Change of mechanical properties in substrate during rewelding deposit*. Res. Agr. England. Vol. 57, No. 3. 2011,p.105–109
- [19] KALINKOVA, D. *Influence of welding method on microstructural creation of welded joints*. Res. Agr. England. Vol. 57,no.2. 2011 (Special Issue): p.50-56
- [20] AMERICAN WELDING SOCIETY, *Structural Welding Code-Steel*, AWS 01.1 :2000
- [21] AMERICAN SOCIETY OF TESTING AND MATERIALS, *ASTM “Standard Test Method for Leeb Hardness Testing of Steel Products”*., ASTM Committee on Standards, 1996
- [22] AMERICAN SOCIETY OF TESTING AND MATERIALS, *ASTM E-23 standard test methods for notched bar impact testing of metallic materials*, ASTM Committee on Standards, 1982
- [23] CHUNLIN QIU, *Microstructural Evolution and Toughness in the HAZ of SubmergedArc Welded Low Welding Crack Susceptibility Steel*, Acta Metall. Sin. (Engl. Lett.) Vol.26 No.1 pp. 49—55 February 2013
- [24] A.H. KOKABI, *Role of tandem submerged arc welding thermal cycles on properties of the heat affected zone in X80 microalloyed pipe line steel*, Journal of Materials Processing Technology 211 368–375 (2011)
- [25] Y. SIRIN ERDINC KALUC, *Influence of the Interpass Temperature on t8/5 and the Mechanical Properties of Submerged Arc Welded Pipe*, Journal of Materials Processing Technology, 2016