مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (38) العدد (5) 2016
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (38) No. (5) 2016

اختبار فعالية طريقة إجهاد البقعة الحمراء لتقييم إجهادات التعب للوصلات اللحامية المختلفة باستخدام تحليل العناصر المنتهية

الدكتور نيرودا بركات *

مهند فائز نصرة **

(تاريخ الإيداع 14 / 7 / 2016. قُبِل للنشر في 6/ 9 / 2016)

□ ملخّص □

تم إجراء نمذجة اختبارات الشد والانحناء لوصلات لحامية مختلفة الشكل، والتصميم وكذلك حساب إجهاد البقعة الحمراء في مناطق الانهيار الحرجة بطريقة تحليل العناصر المنتهية، فكان هناك توافق كلي جيد بين المواقع الحرجة المحددة تجريبياً في دراسات مرجعية موثقةوبين نتائج النمذجة.

لقد تبين أن ما تمت الإشارة له في لوائح المعهد الدولي للحام فما يتعلق بطريقة إجهاد البقعة الحمراء، تعطي قيم تقريبية دقيقة نسبياً حول إمكانية احتفاظ الوصلات المحملة على التعب بمعظم خواصها الميكانيكية المرغوبة، حتى تلك الوصلات التي يمكن أن تنهار فقط عند منطقة اتصالها بالمعدن الأساس.

الكلمات المفتاحية: وصلات لحامية، التعب، مقاومة المواد، طريقة إجهاد البقعة الحمراء، التحليل بالعناصر المنتهية.

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

** طالب دراسات عليا(ماجستير) –قسم هندسة التصميم والإنتاج–كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية–جامعة تشرين–اللاذقية–سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (38) العدد (5) 2016
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (38) No. (5) 2016

Examining the Effectiveness of the Hot Spot Stress Method to Assess Fatigue Stresses inWelded Joints Using Finite ElementsAnalysis

Dr. Neruda Barakat*
Mohannad Faez Nasra **

(Received 14 / 7 / 2016. Accepted 6 / 9 / 2016)

□ ABSTRACT □

Tensile and bending tests modeling have been undertaken for various welded joints which were different in shape and design. Also, the hot spot stress was calculated at critical failure areas using the finite elements analysis method. There was a good similarity between experimentally defined critical areas in certain certified literature and those in our modeling. It appeared that the information listed in the international institute for welding (IIW) in regards of hot spot stress method gives relatively accurate values for the welded joints possibility to endure fatigue loading and keep their desired mechanical properties even those joints that could fail only at the connecting area with the base metal.

Keywords:welding joints, fatigue,materialsstrength, hot spot stress method, finite elements analysis

***Assistant Professor- Design and Production Engineering Dep, Mechanical & Electrical college - Tishreen University- Lattakia – Syria-.**
****Postgraduate Student - Design and Production Engineering Dep -Mechanical & Electrical college- Tishreen University- Lattakia – Syria.**

مقدمة:

تستخدم طريقة إجهاد البقعة الحمراء عادةً في التصميم على مقاومة التعب وفي تحديد مدى ديمومة الوصلات الملحومة في تطبيقاتهاالمختلفة وفي جميع الظروف، كلما زادت المكونات الداخلة بالعملية اللحاميه كلما زادت صعوبة تحديد مقاومتها وسلوكها على التعب تجريبياً وبالتالي زادت التكلفة.

ومنهنا كانتالحاجة لاستخدام طرق الحاسوب المتطورة وخاصة عندما تكون المشكلة قائمةعلى تقييم عمليات الإنتاج القصيرة جداً أوعمليات الإنتاج ذات التصاميمالخاصة.

وأيضا في تطوير أجزاء الإنتاج المتتالي نجد عدداً لا بأس به من أنماط التصاميم المختلفة، وليس من الممكن أن نفحص سلوك التعب لكل هذه الأجزاء تجريبياً، حرصا على الوقت وسرعة العمل، ومن هناكانت طريقة إجهاد البقعة الحمراء تبدو كأسلوب جدير بالاهتمام في حساب العمر الخدمي لكافة القطاعات الإنتاجية التي يتواجد فيها وصلات لحامية مختلفة الشكل والتصميم.

أهمية البحث وأهدافه:

يهدف هذا البحث إلى الإسهام في إثبات فعالية طريقة إجهاد البقعة الحمراء في التصميم على مقاومة التعب.وبالتالي إعطاء التصميم الحاسوبي للمنشأت التي تحتوي وصلات لحامية الأولوية والمصداقية الكاملة من حيث النتائج التي نحصل عليها لإجهادات الإنهيار، بعد عملية النمذجة وتحليل الإجهادات للعينات باستخدام برامج التصميم والتحليل المتطورة كبرنامج الكاتيا والأباكوس وغيرها وما يترتب على ذلك من سهولة ومرونة في التصميم والتحليل واختصار الوقت، وبالتالي إمكانيات واسعةمن أجل تطوير الإنتاج الكمي المتتالي وإعطاء عدد كبير نسبياً من أنماط التصاميم المختلفة، ومن هنا تبدو طريقة اجهاد البقعة الحمراء كأسلوب جدير بالاهتمام من حيث حساب العمر الخدمي لكافة القطاعات الإنتاجية التي تتواجد فيها وصلات لحامية مختلفة الشكل والتصميم.

منهجية البحث :

تم في هذا البحث نمذجة ومحاكات لعينات حقيقية مأخودة من إحدى الجسور المعدنية [1] المكونة من عوارض معدنية ملحومة مع بعضها بوصلات لحامية ذات مواصفات وسماكات محددة وفق معايير دولية وتوصيف لمنهجية إجهاد البقعة الحمراء في تقييم الأنواع المختلفة للوصلات اللحامية حيث تم تطبيق قيم القوى التي يمكن أن تتعرض لها الوصلات على أرض الواقع حاسوبياً بإستخدام برنامج CATIAاعتباراً من القيمة الصغرى(F_{min}) وحتى حصول الانهيار عند(F_{max}) وتحديد قيم إجهاد البقعة الحمراء الموافقة لكل عينة من العينات التي تمت نمذجتها مع الأخذ بعين الاعتبار أنواع التحميل التي تتعرض لها العينات ليتم حاسوبياً تحديد مكان النقطة الأضعف التي سيحصل عندها الانهيار، وبعد الحصول على قيم إجهاد البقعة الحمراء حاسوبياً، تتم مقارنتها مع قيم الانهيار للوصلات اللحامية المشابهة لها في جداول المعهد العالي للحامWII المعتمدة دولياً.

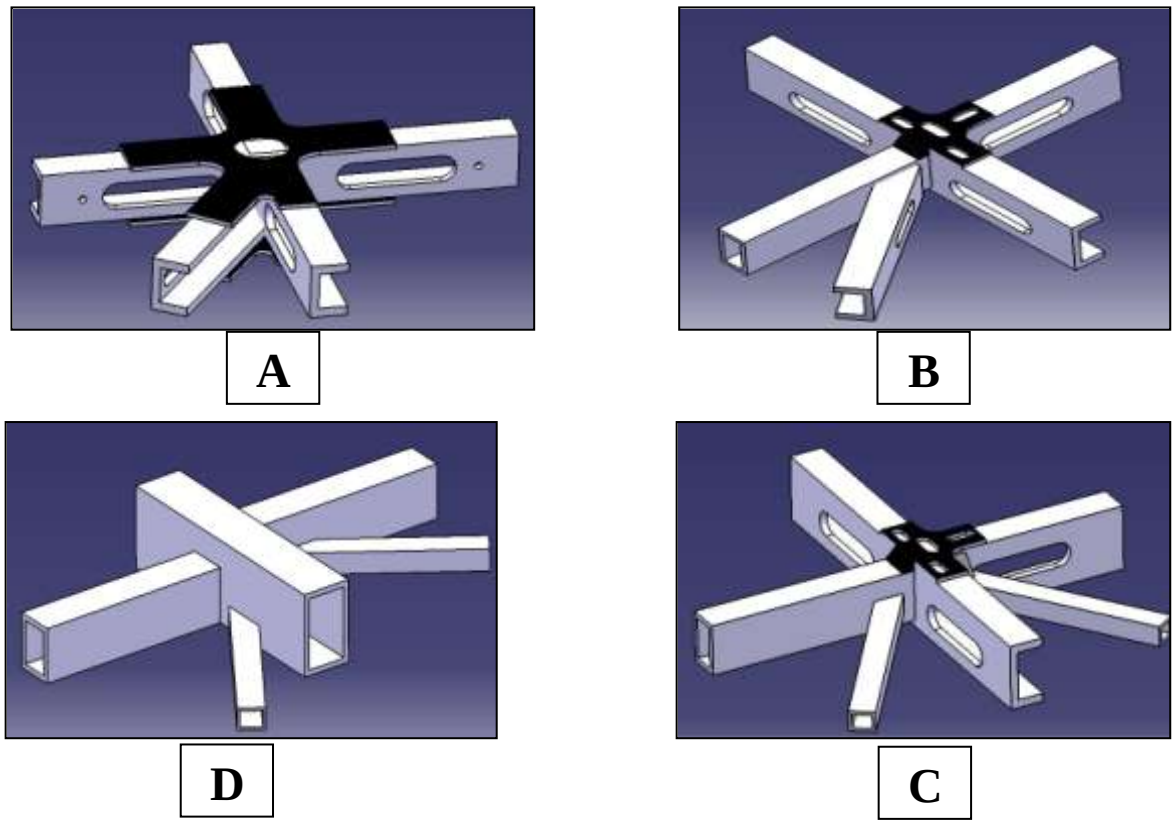
من الجدير بالذكر أننا لم نأخذ بعينالاعتبار تأثير الشكلالهندسي على توزع وتركيز الإجهاداتبشكل صريح وواضح، والنقطة الأهم أن نتمكنمن إثبات أن تركز الإجهادات نتيجة الشكل الهندسي للحام يحدث دوماً بنفس الطريقة ضمن مجال واسع من الأشكال الهندسية المختلفة.

في هذه الدراسة، تم تحديد إجهادات البقعة الحمراء وعدد دورات الانهيار لأربع بنى مختلفة على حمولات الانحناء والشدمرفقةبمنحني (عدد دورات الإنهيار – إجهاد)وكل ذلك باستخدام برمجية CATIA.

4- الدراسة الرياضية والنمذجة:

4-1- فحص الوصلات اللحامية وتصميم العناصر المنتهية:

تتكون كل البنى المدروسة في هذا البحث من قضبان رقيقة وعوارض وصفائح مختلفة وجميعها مرتبطة مع بعضها باللحام والأربعة منها التي سيتم فيها تقييم مقاومة تعبها خلال الخدمة، مبينة بالشكل (1).

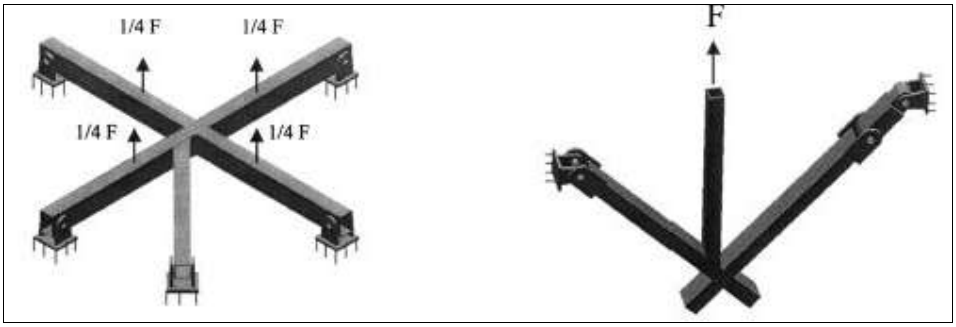


الشكل (1): الهياكل المدروسة.

في كل الحالات الموجودة، وباستخدام الحاسب تم إنشاءالوصل بين العناصر الطولية والعرضية والقطرية وكان نوع اللحام بينها تناكبي وتم اختيار اللحام بين الشفة والشبكة من نوع اللحامالزاوي، وعززت الوصلة بوصلة صفائحية أو ما يمكن تسميته بالوصلة الحذائية (التي تشبه شكل الحذاء shoes)، كما تم وصل صفائح الوصلة مع شفاه العناصرعن طريق لحام زاوي على طول محيط الفتحة في صفيحة الوصلة، ومن ثم تعريض الوصلات المدروسة بشكل رئيسي لقوة انحناء مطبقة على العناصر تبعاً للمخطط المبين بالشكل (2).

4-2- شبكة العناصر المنتهية:

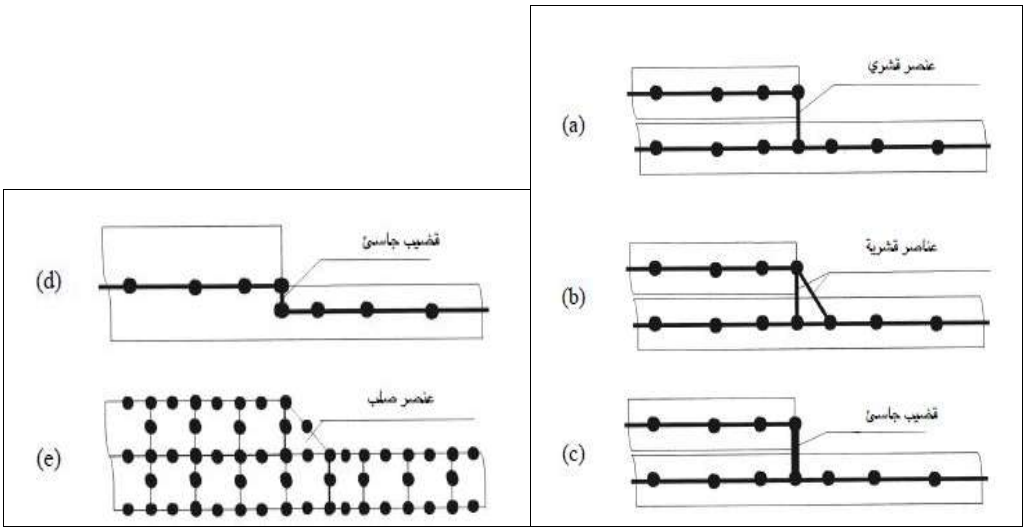
وفقاً للأبحاث [2,3]، يجب أن يحتوي إجهاد البقعة الحمراء على كافة تأثيرات وأنواع تركز الإجهاد حسب تعقيد التصميم، لذلكفإنه من المناسب جداً أن نطبق تحليل العناصر المنتهية.



الشكل (2): شكل تخطيطي لتوزيع الحمولات.

فيما يتعلق بنمذجة اللحام، يقدم نيمي [3]كل الحالات التي يمكن نمذجة الوصلة فيها بين صفيحتين ملحومتين، كما في الشكل(3).

الخيار A، فيه قشرة متوسطة قد تكون الأبسط للتنفيذ حيث أن معظم الوقت المطلوب لحساب إجهاد البقعة الحمراء يذهب علىإعداد شبكة العناصر المنتهية.



الشكل (3): البدائل المقترحة لمنذجة اللحام وفقاً لـ نيمي [3].

يجب أن يتم تحديد سماكة القشرة المتوسطة وخصائص مادتها ،وخواص الصلابة للقشرة المتوسطة المنمذجة متماثلة مع تلك الموجودة في اللحام الحقيقي،أخذتسماكة القشرة المتوسطة بحيث تساوي المسافة بين أقسام المستوي في منتصف الصفائح.

وفقاً للمعايير الدولية[2,4]،ويجب أن يكون مركز العنصر الأول بحيث لا يزيد عن 0.4t،(حيث أنt هي سماكة الصفيحة)من منطقة أعلىإجهاد بقعة حمراء.

الجدول (1): تأثير طول العنصر على إجهاد البقعة الحمراء المحسوب.

طول العنصر (mm)	إجهاد البقعة الحمراء (MPa)
1.0	76
1.5	80
2.0	78
4.0	79

مع ذلك فإن تأثير طول العنصر على إجهاد البقعة الحمراء المحسوب قد تم التحقق منه من أجل حالة الخيار A على الانحناء.

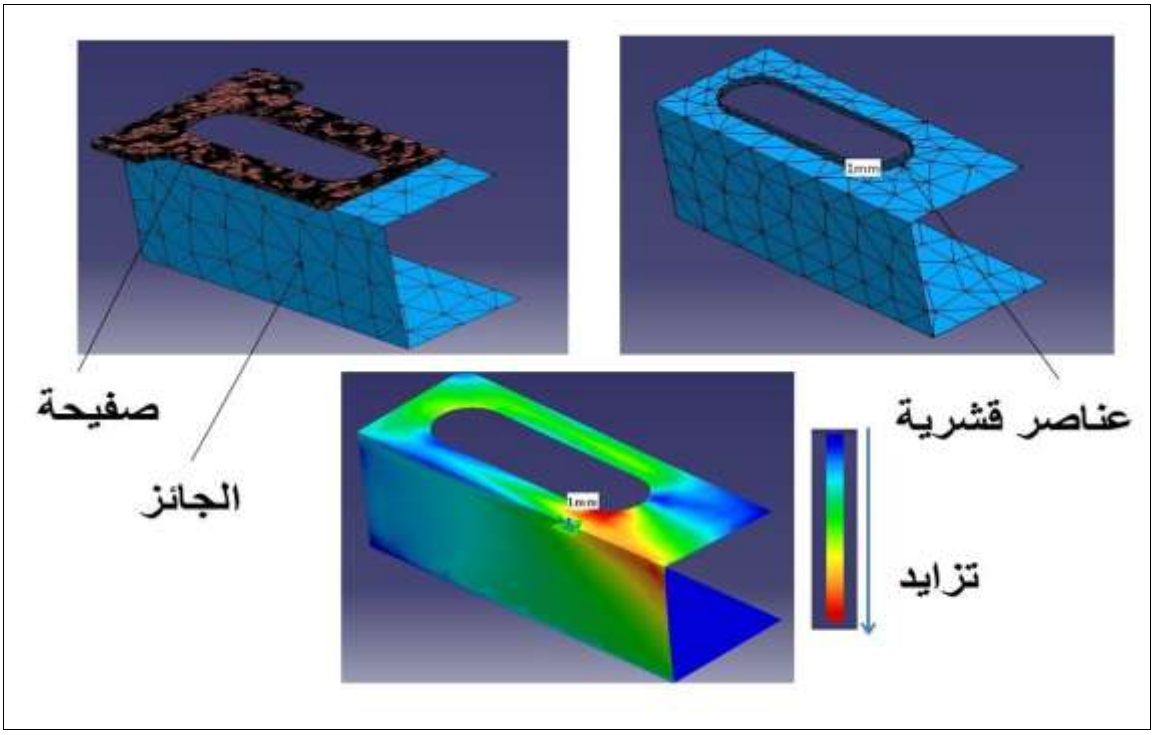
وتم فحص أطوال مختلفة للعنصر 1(،1.5،2)4 مم . النتائج ملخصة بالجدول(1) ، المرجع [4] ، وهذه النتائج تؤكد أن طول العنصر ليس له تأثير ملحوظ على قيمة إجهاد البقعة الحمراء المحسوب، لذلك فإن العناصر بطول حافة 4 مم قد استخدمت على كامل طول مناطق البقع الحمراء.

في المرجع [5] أعطيت اقتراحات مفيدة بخصوص نمذجة اتصال العناصر القطرية والعرضانية وقد تم انشاءعصب على شفة لحامبعارضة مزدوجة على شكل T باستخدامعناصر حجمية أو عناصر قشرية .

ومع الأخذ بالحسبان النتائج الشاملة التي توصل إليها الباحثون في بحثهم [5]، يبدو أنه ليس من الضروري نمذجة اللحام من أجل أبعاد للعناصر المنتهية في منطقة الوصلة اللحامية موافقة للاقتراحات المعطاة ضمن إرشادات المعهد الدولي للحام (IIW)،[6,7,2].

بناءً على ذلك وبمراعاة أن التفصيل الهيكلي المدروس هنا هو أولاً تشكيل هندسي قابل للمقارنة، وثانياً تم وضع شبكته بطريقة مشابهة للتفاصيل المقررة في الدراسة [5] ، لم يتم نمذجة اللحام الزاويالواصلبينالعنصرالقطريوالعرضيبشكلصريحفيالدراسةالحالية.

التفصيل التصميمي الأكثر تمثيلاً للحالة الحرجة تحت تأثير الانحناء، كان الوصلة بين صفيحة الوصلة مع شفاه العناصر العرضية أو الطولية كما في الشكل (4)الذي يمثل شبكة العناصر المنتهية وتوزع الإجهاد .



الشكل (4): التفصيل التصميمي للخيار Aوالذي يؤدي لانهيار جذر اللحام على الانحناء المتكرر.
توزيع شبكة العناصر المنتهية والإجهادات.

عند استخدام إجهادات العقد، يجب ضمان أن تكون المعالجة اللاحقة للبرنامج المستخدم لا تحسب متوسطات إجهادات العقد من العناصر المتجاورة المنتمية للعناصر القشرية ،فإجهادات كهذه تكون غير ذات قيمة غير مهمةمن

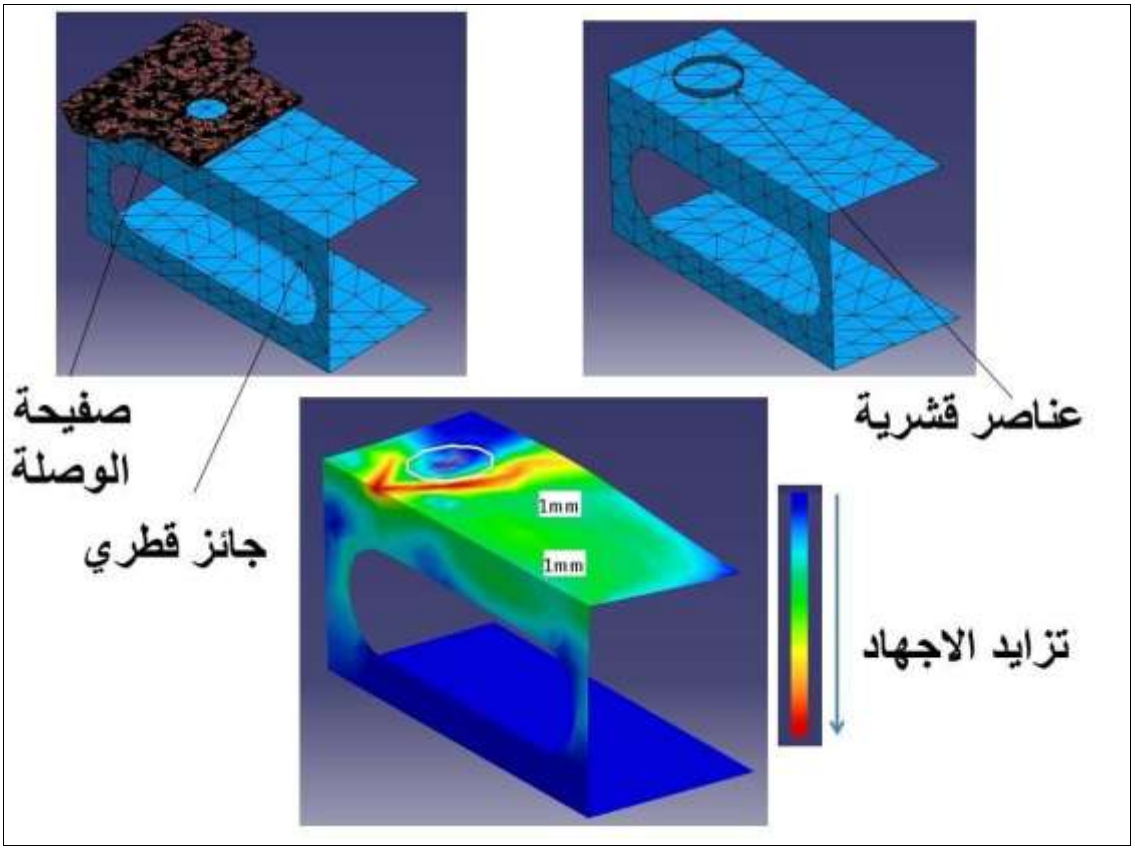
وجهة النظر الميكانيكية،لذلك عند تحديد الإجهادات لم تؤخذ العناصر التي تنتمي للقشور الواصلة بين الشفة وصفيحة الوصلة بعين الاعتبار،ومن الضروري أيضاً استبعاد إجهادات العناصر الواقعة في منطقة الفتحة، حيث يظهر الشكل(4) العناصر التي تستخدم في منطقة البقعة الحمراء لتحديد إجهادات البقعة الحمراء البنيوية[8].

المنطقتين المجهدتين بشكل كبير تحت تأثير حمل شد،وهما:

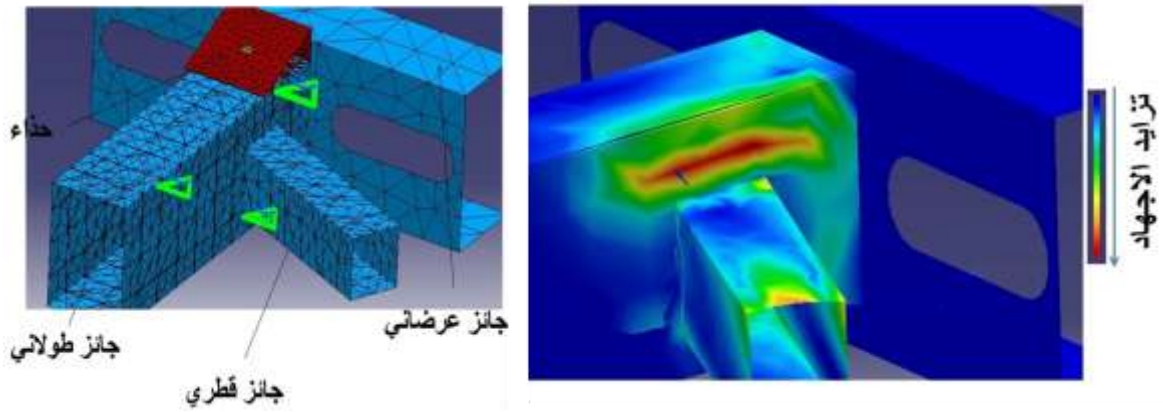
- منطقة اتصال صفيحة الوصلة مع شفاه العناصر القطرية، كما في الشكل (5) .
- منطقة الاتصال بين العنصر القطري والعنصر الطولي، كما في الشكل (6) .

في حالة اتصال صفيحة الوصلة مع شفاه العناصر القطرية كانت إجهادات البقعة الحمراء في موقع جذر اللحام، أما في حال الاتصال بين العنصرين القطري والطولي كانت الإجهادات المؤثرة في موقع اتصال اللحام بالمعدن الأم (أصبع اللحام).

وحالات التحميل هذهتشابه أكثر حالات التحميل شيوعاً في خدمة التشغيل الحقيقية لمختلف التطبيقات الصناعية والإنشائية، ومن الممكن ظهور أحمال مركبة أو أحمال شاذة في بداية التحميل عند شروط الخدمة الحقيقية.



الشكل (5) : تفصيل تصميمي للخيار B يؤدي إلى انهيار جذر اللحام على الانحناء المتكرر. توزيع شبكة العناصر المنتهية والإجهادات.



الشكل (6):تفصيل تصميمي للخيار C يؤدي لانهيار جزء اللحام عللى الانحناء المتكرر.
توزيع شبكة العناصر المنتهية والإجهادات.

النتائج والمناقشة:

تم هنا تأدية اختبارات التعب ثابتة السعة تبعاً لنوع الحمل الموضح بالشكل (2) لتحديد عمر التعب للمتغيرات المدروسة، يمكن أخذ النتيجة كأساس للتحقق من تحليل العناصر المنتهية فيما يخص مواقع الانهيار الحرجة، كما يمكن استخدامها إضافةً لذلك للتحقق من فعالية إجهاد البقعة الحمراء باعتباره بارامتراً أساسيا فيالتصميم على التعب وإقرار ديمومة الوصلات اللحامية المفحوصة وانهيارها في كل من الجذر و اتصال اللحام بالمعدن (أصبع اللحام).

الجدول (2)يعطي تفاصيل عن قيم الحمولات ومجال القوى المطبقةومواقع الانهيارالملاحظة حاسوبيا، وإجهادات البقعة الحمراء المقابلة المحسوبة،(كما هو موضح بالقسم السابق) لكل اختبار.

الجدول (2): تفاصيل متعلقة باختبارات التعب.

رقم العينة	الخيار وفقا للشكل (2)	نوع التحميل انحناء B شد T	مستويات التحميل F_{max}(KN) F_{min}(KN)		مرات التكرار حتى الانهيار	موقع الانهيار	مجال اجهاد البقعة الحمراء(MPa)
1	A	Bending	45,6	2,60	257800	WR	352
2	B	Bending	45,6	2,60	210000	WR	440
3	C	Bending	45,6	2,60	411700	WR	352
4	C	Bending	45,6	2,60	396000	WTZ	270
5	A	Tension	37,3	−6,52	580000	WR	260
6	A	Tension	37,3	−6,52	282000	WR	290
7	B	Tension	37,3	−6,52	311250	WR	344
8	B	Tension	37,3	−6,52	155560	WR	346
9	C	Tension	37,3	−6,52	350000	WTZ	292
10	C	Tension	37,3	−6,52	400000	WTZ	394
11	C	Tension	37,3	−6,52	240000	WTZ	392

12	C	Tension	26,4	−4,40	1057000	WTZ	271
13	C	Tension	26,4	−4,40	498000	WTZ	272
14	C	Tension	26,4	−4,40	788000	WTZ	271
15	C	Tension	33,5	−6,50	250300	WTZ	362
16	C	Tension	33,5	−6,50	251200	WTZ	363
17	D	Tension	33,5	−6,50	180600	WTZ	313
18	D	Tension	33,5	−6,50	150600	WTZ	380
19	D	Tension	33,5	−6,52	326100	WTZ	313
20	D	Tension	37,3	−6,52	400000	WTZ	371
21	D	Tension	37,3	−6,52	152400	WTZ	370

*جذر اللحام WR منطقة انتقال اللحام WTZweld – weld transition zoneWTZ

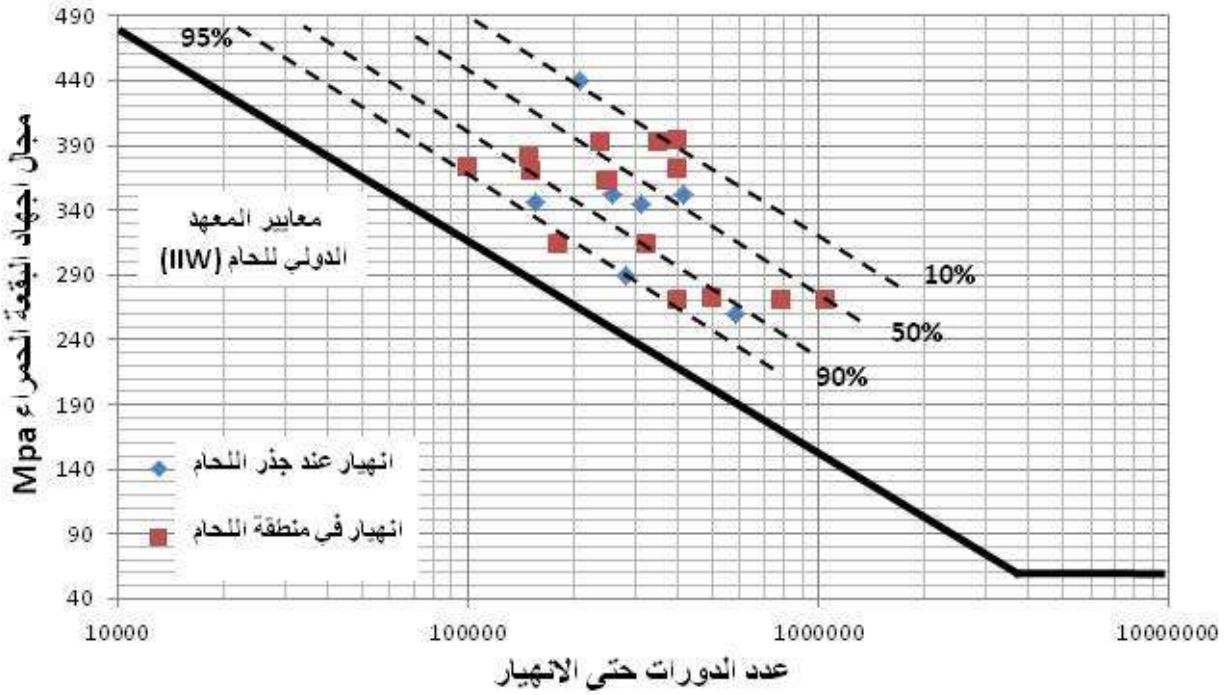
WR − root

الشكل (7)هو منحني [إجهاد –عمر التعب]عليه النقاط التي حصلنا عليها في الجدول (2) بعد عملية التحليل الحاسوبي بإستخدام برنامج CATIA فلكل نوع عينة ونوع تحميل مطبق قيمة قيمة مقابلة لإجهاد البقعة الحمراء وأخرى لعدد دورات الانهيارمن أجل قيم مختلفة لاحتمال البقاء محددة بنسب مئوية .

عند إجراء اختبار الانحناء وبنفس القوة المطبقة على العينات الأربعة زاد عدد مرات الانهيار بالترتيب والتدريج للعيناتA, B, Cو لكن كل ما زاد عدد مرات التحميل يقل اجهاد البقعة الحمراء المقابل ونلاحظ أيضا عند تطبيق الشد لا يتعلق بعدد مرات التحميل وكلما زادت القوة المطبقة زاد اجهاد البقعة الحمراء فعند العينات A, B, C, D كلما زادت Fما زاد الإجهاد بغض النظر عن عدد مرات التحميل.

ويحتوي المخطط ايضاً على الخط المتصل والذي يمثل المقترح من المعايير القياسية الدليلية بالكود الأوروبي [9] والمعهد الدولي للحام (IIW)، وهي تستخدم لتصميم اللحام الزاوي في شروط العمل بعدم توفر أي نتائج تجريبية.

إن هذا المنحني كما هو ملاحظ مبني على أكثر من اختيار للتعب ومرتبط باحتمالية بقاء(90%) ضمن هامش خطأ يبلغ حوالي (5%) حيث أن احتمال بقاء نتائجه بشكل إجمالي يبلغ (Ps=95%).



الشكل (7): نتائج اختبار التعب ومقارنتها مع منحني عمر التعب وفقاً للمعايير العالمية [9].

الرموز الحمراء (بشكل مربع مصمت) تمثل انهيار ضمن منطقة انتقال اللحام بينما الرموز الزرقاء (بشكل معين مصمت) تشير إلى انهيار من جذر اللحام. وتم تعريف معيار الانهيار بأنه تشكل شقوق بطول حوالي (30-40)مم.

من المهم جداً ملاحظة أن كل نتائج الاختبارات هذه هي ضمن شريط مبعثر مميز بشكل مستقل عن(منطقة انتقال اللحام أو جذر السن).

تم إجراء تحليل الانحدار وتقييم المنحني (إجهاد- عدد دورات الانهيار) من أجل قيم مختلفة لاحتمال البقاء باستخدام منحني (إجهاد- عمر التعب) المميز من أجل (K=2.73).

تم تحديد قيمة (K)للإنحدار الخطي من نتائج اختبار النموذج C تحت تأثير حمولة شد للعينات من 9 إلى 16 في الجدول (2) ،حيث تم إجراء عدد كافٍ من الاختبارات على مستوييمختلفين للحمولة، والتي تكون ضرورية لإنتاج قيمة ميل أو انحدار موثوقة إحصائياً.

بالإضافة إلى ذلك فإن هذا الانحدار هو على توافق جيد مع القيم المعلنة في وثائق لوصلات ملحومة مشابهة[10].

إن تبعثر النتائج التي تم التعبير عنها بنسبة عمر التعب من (90%) إلى (10%)، تكون احتمالية البقاء فيها مساوية لـ:

$$T_N = \frac{N_{P=90\%}}{N_{P=90\%}} = \frac{1}{4.5}$$

وهي بشكل نموذجي من أجل الوصلات اللحامية تحت تأثير إجهادات عادية دورية[2,4].

عند أخذ التبعثر بالحسبان، تشير النتائج الحاسوبية إلى موثوقية طريقة إجهاد البقعة الحمراء وبرامج التحليل الحاسوبي (CATIA) لكل الوصلات اللحامية المفحوصة،بشكل مستقل عن موقع الانهيار.

بالإضافة إلى ذلك فإنه عند مقارنة المنحني [إجهاد –عمر التعب] وفقاً للمرجع [2]مع المنحني المحدد تجريبياً(Ps=95%)، نرى أنه يظهر انحرافات تقارب ضعف عمر التعب، وتؤكد كذلك موثوقية الإرشادات الدولية للحام من أجل الوصلات اللحامية التي تم فحصها، [11] .

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

- إن التوصيات الموضوعة ضمن معايير المعهد الدولي للحام (IIW) بشأن الوصلات الملحومة وبعد مقارنتها بالقيم الحاسوبية التي حصلنا عليها من أجل وصلات مشابهة هي معايير دقيقة بشكل كاف لإعطاء نتائج يمكن الاعتماد عليها في معرفةمناطق الإنهيار الحرجة على التعب.
- أظهرت النتائج الحالية أن التصميم على التعب و إقرار ديمومة الوصلات اللحامية سواء المنهارة من جذر اللحام أو من منطقة الانتقال، يمكن أن تتم دراسته على أساس إجهادات البقعة الحمراء المحسوببعد عملية النمذجة والتحليل بإستخدام البرامج المتطورة.
- عند إجراء اختبار الإنحناء وبنفس القوة المطبقة على العينات الأربعة زاد عدد مرات الأنهيار بالترتيب والتدريج A,B,Cللعينات و لكن كل ما زاد عدد مرات التحميل يقل اجهاد البقعة الحمراء المقابل ونلاحظ أيضا عند تطبيق قوى الشد أنه لا يتعلق بعدد مرات التحميل وكلما زادت القوة المطبقة زاد اجهاد البقعة الحمراء فعند العيناتA,B,C,Dكلما زادتFكلما زاد الإجهاد بغض النظر عن عدد مرات التحميل.
- نلاحظ من المخطط أن هناك مجال يتراوح بين 10%و95% عند كل خط من الخطوط يمثل احتمالية بقاء العيناتدون انهيار فالعينات التي تقع على الخط 10%احتمال بقائها بدون انهيار 10 % و العينات التي تقع على الخط 90 %مثلاً احتمال بقائها بدون انهيار90%.
- من المخطط أيضاً نجد بالنسبة للعينات المدروسة أن نسبة الإنهيار في منطقة اللحام أكبر من نسبة الإنهيار عند جذر اللحام سواء كان الحمل المطبق انحناء أم شد.
- يمكن أن تعتبر عملية النمذجة على الحاسب هامة جداً حيث يمكن بعد تمثيل القطع الهندسية كأجسام حقيقية في الفراغ الثلاثي الأبعاد اجراء محاكاة كاملة لعمل الميكانيزم مع إمكانية التعديل المستمر على الرسومات و التصاميم المراد محاكاتها وتصميمها و بالتالي امكانية التعديل على نتائج النمذجة و تخفيض زمن إجراء التجارب اذا تطلب الأمر تعديل أو زيادة الدقة ومعرفة النتائج حاسوبياً يفتح لنا مجالا كبيرا في توفير المواد و الأجهزة المستخدمة بالتجارب.

التوصيات

- القيام بهذا البحث بشكل تجريبي و تطبيق قوى الانحناء و الشد على العينات والحصول على النتائج ثم مقارنتها مع النتائج الحاسوبية التي حصلنا عليها من عملية النمذجة والمحاكاة الحاسوبية.
- دراسة تأثير نوع المعدن على مجال البقعة الحمراء أي دراسة النتائج في حال قمنا بتغيير نوع المعدن المستخدم وأجرينا نفس التجارب السابقة هل يوجد تأثير لنوع المعدن على مجال البقعة الحمراء أم لا؟.

المراجع:

[1] Wang, Z,Y؛Wang, Q,Y . *Finite element based fatigue assessment of corrugated steel beams in highway bridges* .china,2015,419- 431.

[2] HOBBACHER, A**.***Recommendations for fatigue design of welded joints and components*.. Paris: International Institute of Welding، 1996. Document XIII-1539-96/XV-845-96.

[3] NIEMI, EJ. R*ecommendations concerning stress determination for fatigue analysis of welded components*.In:International Institute of Welding Cambridge (UK): Abington Publishing,1995, Document XIII-1458-92/XV-797-92.

[4] HOBBACHER, A**.***Recommendations on fatigue of welded components*. Cambridge (UK): Abington Publishing،1996.

[5] FRICKE, W؛VON STELLE H. *FormzahlermittlungfürkomplexeschiffbaulicheStrukturdetails und Einbindung in Betriebsfestigkeitsanalysen*. Proceedings of the International Conference. Düsseldorf: DVS 187، 1997:59–64.

[6]HOBBACHER**,** A.*Recommendations for fatigue design of welded joints and Components*. IIW document IIW-1823-07 ex XIIIX-2151r4-07/xv-1254r, 2008, pp 04-07.

[7] HOBBACHER, A. *The new IIW recommendations for fatigue assessment of welded joints and components- A comprehensive code recently updated*. International Journal of Fatigue,(2008),94-105.

[8] Fricke,W. *Recommended Hot Spot Analysis Procedure for Structural Detail of FPSO's and Ship Based on Round-Robin FE Analyses*. International Journal of Offshore and Polar Engineering. (2002),251-257.

[9] EUROCODE ،*Design of steel structures*، Part 1.1: General rules and rules for buildings. Brussels/ Luxembourg 1992.

[10] HAIBACH E. *Verfahren und DatenzurBauteilberechnung. Düsseldorf*: VereinDeutscherIngenieureBetriebsfestigkeit:، 1989.

[11] Xiao, Z,G؛Yamada,K. *A method of determining geometric stress for fatigue strength evaluation of steel welded joints*. Int. J. Fatigue, 2004, vol 26, (2004), pp1277-1293.