

## The Effect Of Welded Joints On Hydrogen-Induced Cracking in Amine Transport Lines at Banias Refinery Company

Dr. Ahmad Salameh<sup>1\*</sup>  
Dr. Neruda Barakat<sup>\*\*</sup>  
Rania Hasan<sup>\*\*\*</sup>

(Received 25 / 9 / 2016. Accepted 9 / 8 / 2017)

### □ ABSTRACT □

In this research, we study had the effect of weldment joints on hydrogen-induced carking (HIC) in amine transport pipelines where we have simulated the welding process of two types of pipes :the first one is A106GRB (which is used in the amine unit) which have real dimensions by using SolidWorks 2014 SP3, the second one is A335 P5 (a pipe type, which we suggest it as an alternative metal) which also have dimensions similar to the last one, the results of thermal comparison between the two types of steel indicated that the thermal gradient in the heat affected zone in A106GRB is greater than A335P5 .

In order to study phase transformations in the heat affected zone, we have modeled these transformations by using JMat Pro 7 according to thermal gradient results from the previous study on both: A106GRB and A335 P5, the aim of this study is to know the structures and phases resulting from welding in each thermal field in the heat affected zone.

**Key words:** Hydrogen-Induced Carking (HIC), amine pipelines, phase transformations , heat treatment, welding joints.

---

\*Profesor : Design & Product Engineering : Faculty of Electrical &Mechanical Engineering: Tishreen University : Latakia :Syria.

\*\*Teacher: Design& Product Engineering : Faculty of Electrical &Mechanical Engineering: Tishreen University : Latakia :Syria.

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

## تأثير الوصلات اللحامية على التشقق الهيدروجيني لأنابيب وحدة الأمين في شركة مصفاة بانياس

د. أحمد سلامة\*<sup>2</sup>

د. نيرودا بركات\*\*

رانيه حسن\*\*\*

تاريخ الإيداع 25 / 9 / 2016. قُبل للنشر في 9 / 8 / 2017

### □ ملخص □

في هذا البحث تم دراسة تأثير الوصلات اللحامية على التشقق الهيدروجيني، لأنابيب وحدة الأمين، حيث تمت نمذجة عملية اللحام لأنبوبين من النوع A106GRB (وهو النوع المستخدم في وحدة الأمين في المصفاة) بأبعادهما الحقيقية باستخدام برنامج SolidWorks 2014 SP3، ومن ثم كررت النمذجة لأنبوبين ملحومين من النوع A335 P5 (وهو نوع الأنابيب الذي نقتراح استبدال الأنابيب السابقة به)، وبنفس أبعاد الأنابيب السابقة، حيث أشارت نتائج المقارنة الحرارية بين نوعي الفولاذ أن التدرج الحراري لمنطقة التأثر الحراري في الفولاذ من النوع A106GRB يكون أكبر منه في الفولاذ A335 P5 .

ومن أجل دراسة التحولات الطورية في منطقة التأثر الحراري قمنا بنمذجة هذه التحولات وفقاً للتدرج الحراري الناتج عن الدراسة السابقة باستخدام برنامج JMatPro7، وذلك لكلا نوعي الفولاذ المذكورين، بهدف معرفة البنى والأطوار الناتجة عن اللحام لكل مجال حراري في منطقة التأثر الحراري وإغناء البحث في هذا المجال.

**الكلمات المفتاحية:** التشقق الهيدروجيني، أنابيب الأمين، التحولات الطورية، المعالجة الحرارية، الوصلات اللحامية.

<sup>2</sup>أستاذ مساعد - 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.

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

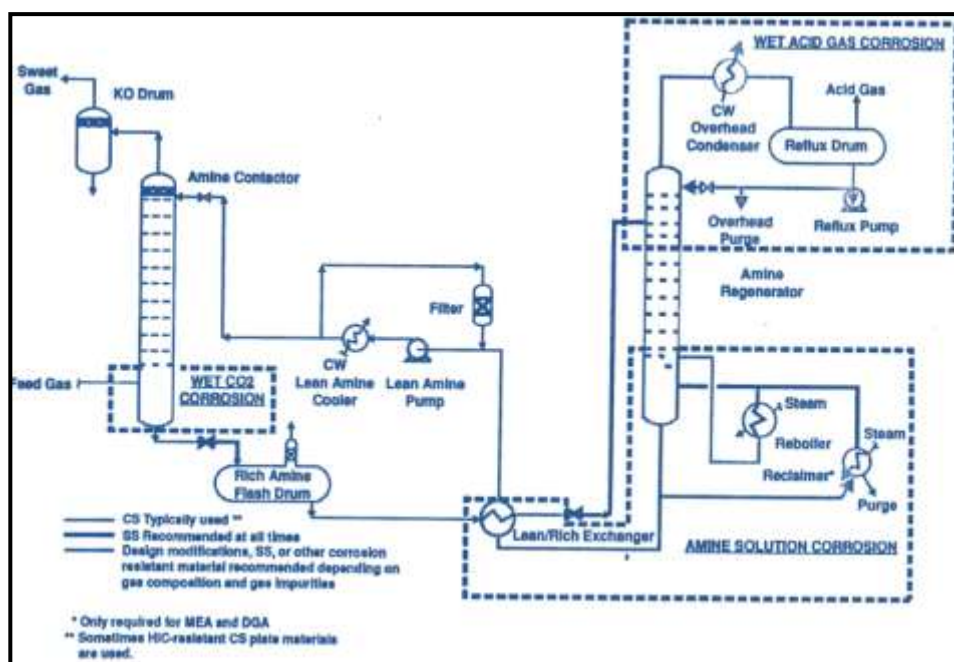
**مقدمة:**

تبدي أنابيب الفولاذ انهياراً يحدث بعد مرور فترة زمنية في البيئات الحاوية على كبريتيد الهيدروجين، هذا النوع من الانهيار يشار إليه بالتشقق الإجهادي الكبريتي، والسبب الأساسي للتشقق الإجهادي الكبريتي هو النقص الناتج عن الهيدروجين الممتص من قبل الفولاذ خلال التآكل في البيئات الحمضية. إن وجود كبريتيد الهيدروجين في البيئة المحيطة يسمح بامتصاص الفولاذ للهيدروجين، وبهذه الطريقة تكون البيئة المحيطة عاملاً أساسياً في حدوث النقص الهيدروجيني، ولحدوث التشقق الكبريتي يجب أن يتواجد الماء.

تستخدم وحدة الأمين التابعة لشركة مصفاة بانياس، في تنقية الغازات الناتجة عن تكرير النفط، وذلك بهدف استثمار هذه الغازات في العديد من التطبيقات الصناعية وفي توليد الطاقة، و يبين الشكل (1) أجزاء وحدة المعالجة بالأمين، حيث تتكون من دارتين رئيسيتين وهما:

1- دارة الامتصاص وتتكون من : مبردات مائية، وعاء فصل للسوائل الهيدروكربونية Liquid Treater، وعاء فصل للغازات الهيدروكربونية Flash Drum وبرج امتصاص Absorber، يتم في هذه الدارة امتصاص الغازات الحامضية من الغازات الهيدروكربونية، بواسطة محلول الأمين، بحيث تعاد تلك الغازات نظيفة إلى الشبكة العامة للمصفاة.

2- دارة الفصل وتتكون من : برج الفصل Stripping، ويسمى أيضا برج التنشيط Regeneration ومبردات مائية ووعاء فصل المائع المتكاثف، وتضم أيضا المنشط Reclaimer، ويتم في هذه الدارة فصل الغازات الحامضية الممتصة في برج الامتصاص عن محلول الأمين بحرارة (تعمد حسب نوع المحلول) بين  $C^{\circ}$  (140 - 120) وضغط منخفض [1].



الشكل (1) شكل نمذجي لمكونات وحدة معالجة الأمين [1]

تعاني الأنابيب المصنعة من الفولاذ الكربوني A106GRB المستخدمة في وحدة الأمين التابعة لمصفاة بانياس، الممثلة بخط مستمر عريض على الشكل (1) من التشقق الهيدروجيني، نتيجة تواجد غازي ثاني أكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين والأمونيا وسيانيد الهيدروجين والأحماض العضوية في محلول الأمين المستخدم [2]، وقد بينت نتائج الفحص والتفتيش الصادرة عن الشركة. إن معظم التشققات الحاصلة في الأنابيب، غالباً ما تنشأ في منطقة التأثر الحراري بعد لحام الأنابيب، لتنمو هذه الشقوق بعد ذلك وتتمدد وتشكل خطورة تستدعي استبدالها أو صيانتها، الأمر الذي أدى إلى تكاليف مرتفعة، مع عدم وجود حلول تقنية تقلل من هذه التكاليف.

وانطلاقاً من الأسباب سابقة الذكر، قمنا بتنفيذ دراسة تحليلية حرارية وبنوية لمنطقة اللحام في الأنابيب، اعتمدنا فيها على برنامج التصميم الميكانيكي SolidWorks 2014 SP3، لنمذجة التغيرات الحرارية في منطقة اللحام لعينتين بأبعاد حقيقية من الفولاذ A106GRB المستخدم و A335 P5 البديل [3]، ووفقاً لنتائج الدراسة الحرارية السابقة قمنا بنمذجة ودراسة التحولات الطورية والبنوية في منطقة اللحام، لكلا نوعي الفولاذ بالاعتماد على برنامج JMatPro7 .

### أهمية البحث وأهدافه:

تدرج هذه الدراسة ضمن محاولة لـ :

- التقليل من الأثر السلبي للوصلات اللحامية في عملية التشقق الهيدروجيني لأنابيب المستخدمة في وحدة الأمين التابعة لشركة مصفاة بانياس ، وإيجاد بديل لنوع الأنابيب المستخدم، بحيث يكون أقل تأثر بالتشقق الهيدروجيني، وبالتالي خفض كلفة الصيانة عند الاستبدال بالأنابيب الجديدة.
- استخدام البرامج الحاسوبية في نمذجة التغيرات الناتجة عن عمليات اللحام والتحولات الطورية، وبالتالي إغناء البحث العلمي بطرق حاسوبية وبرمجية جديدة ضمن هذا المجال.

### طرائق البحث ومواده:

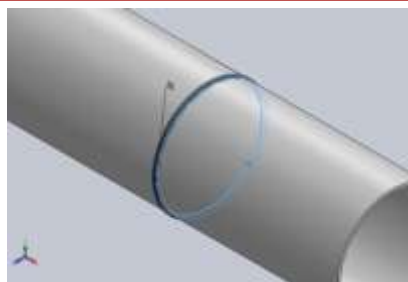
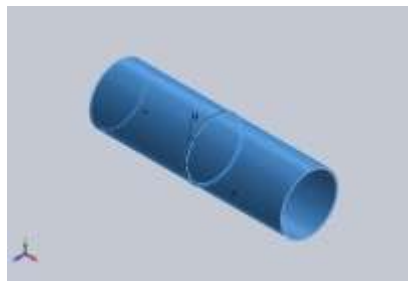
تم تجزئة الدراسة العملية إلى ثلاثة أقسام رئيسية :

- 1- نمذجة وتحليل التغيرات الحرارية في منطقة التأثر الحراري للوصلة اللحامية، باستخدام برنامج Solidworks 2014 لعينتين بأبعاد حقيقية من الفولاذ A106GRB المستخدم و A335P5 البديل:
- (a) نمذجة التغيرات الحرارية لأنبوبين من النوع ASTM A106GRB ملحومين باستخدام القوس الكهربائي اليدوي SMAW وباستخدام الكترود من النوع AWSE7018-1 بقطر 3.2mm وبطول 350mm أو 450mm و شدة التيار المستخدمة A(100-140) أما الجهد فهو 25V [4]
- يوضح الشكل (2) بيانات النموذج المدروس :

<p>Chamfer 1</p> 	<p>Solid Body</p>	<p>Mass:22.8646 kg Volume:0.00291269 m<sup>3</sup> Density:7850 kg/m<sup>3</sup> Weight:224.073 N</p>
--	-------------------	---

الشكل (2) بيانات النموذج المدروس لمعدن A106GRB.


يوضح الشكل (3) شروط التحميل الحراري :

Load name	Load Image	Load Details
Temperature-1		Entities: 2 face(s) Temperature: 1500 Celsius
Convection-1		Entities: 6 face(s) Convection: 25 W/(m <sup>2</sup> .K) Coefficient: Bulk Ambient Temperature: 300 Kelvin

الشكل (3) شروط التحميل الحراري لأنبوب من معدن A106GRB

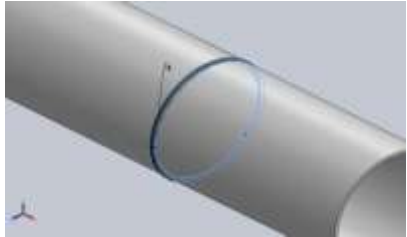
(b) نمذجة التغيرات الحرارية لأنبوبين من النوع ASTM A335P5 ملحومين باستخدام القوس الكهربائي اليدوي SMAW وباستخدام الكترود من النوع AWS E7018-1 بقطر 3.2 mm ويطول 350 mm أو 450 mm وتبلغ شدة التيار المستخدمة A (100-140) أما الجهد فهو 25V . [4]

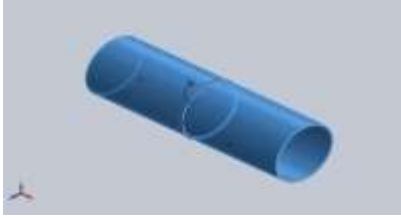
- يوضح الشكل (4) بيانات النموذج المدروس من معدن A335P5 :

Tube	Treated As	Volumetric Properties
Chamfer1 	Solid Body	Mass: 22.6024 kg Volume: 0.00291269 m <sup>3</sup> Density: 7760 kg/m <sup>3</sup> Weight: 221.504 N

الشكل (4) بيانات النموذج المدروس من معدن A335P5.

ويوضح الشكل (5) شروط التحميل الحراري لأنبوب من معدن A335P5 :

Load name	Load Image	Load Details
Temperature-1		Entities: 2 face(s) Temperature: 1550 Celsius

Load name	Load Image	Load Details
Convection-1		<p>Entities: 6 face(s)</p> <p>Convection: 25 W/(m<sup>2</sup>.K)</p> <p>Coefficient:</p> <p>Bulk Ambient: 300 Kelvin</p> <p>Temperature:</p>

الشكل (5) شروط التحميل الحراري لأنبوب من معدن A335P5

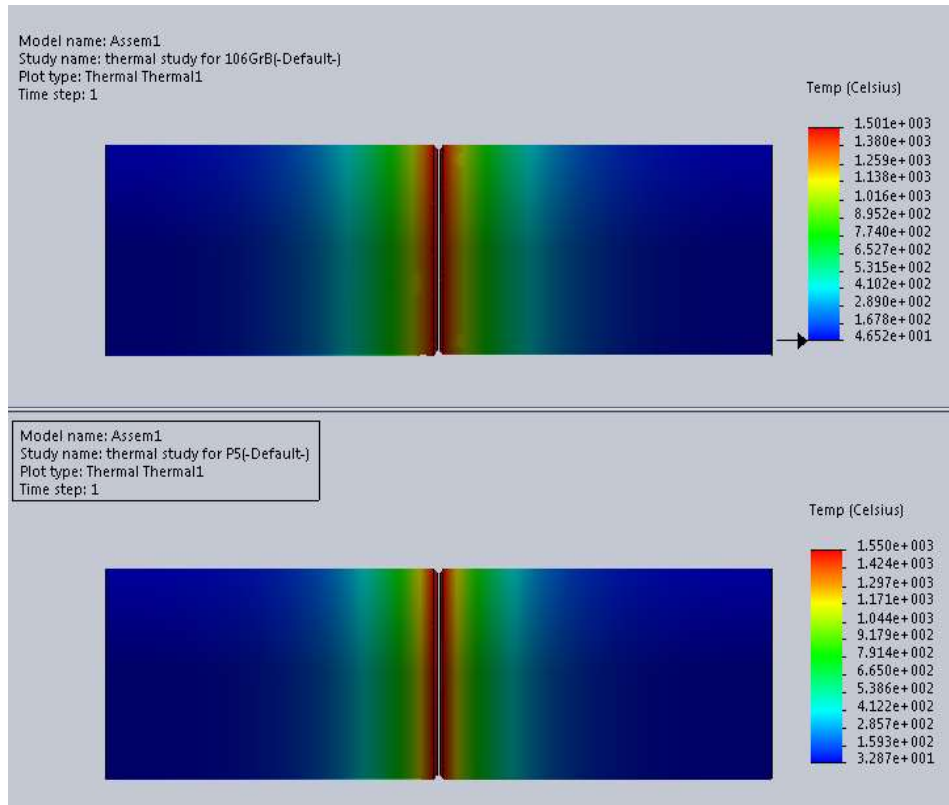
2- نمذجة وتحليل البنى والأطوار الموجودة لكل من معدني الأنبوبين، ودراسة البنى المجهرية المتوقع تواجدها في منطقة التأثير الحراري، بعد عملية اللحام مباشرة باستخدام برنامج JMatPro 7، بهدف تحديد البنى والأطوار الناتجة عن عدم التجانس الحراري في منطقة التأثير الحراري (HAZ)، ودراسة العلاقة بين البنى المجهرية والتغلغل الهيدروجيني [5].

قسمت هذه الدراسة إلى ثلاثة مراحل :

- قبل عملية اللحام: نمذجة وتحليل البنية المجهرية لكل من نوعي الفولاذ المدروسين عند درجة حرارة الغرفة وتحديد نسب الأطوار والمكونات الموجودة قبل عملية اللحام، وإجراء مقارنة بينهما، ومن ثم مقارنة حساسية كل من النوعين للتشقق الهيدروجيني وفقاً لبنيته المجهرية.
- بعد عملية اللحام : نمذجة وتحليل التغيرات البنيوية في منطقة التأثير الحراري والناتجة عن التوزيع الحراري غير المتجانس وذلك وفقاً للدراسة الحرارية السابقة .
- المعالجة الحرارية: معرفة المعالجة الحرارية المثلى، ثم نمذجة وتحليل البنى المجهرية الناتجة عن عملية المعالجة الحرارية المختارة لكل من نوعي الفولاذ.
- مقارنة النتائج السابقة .

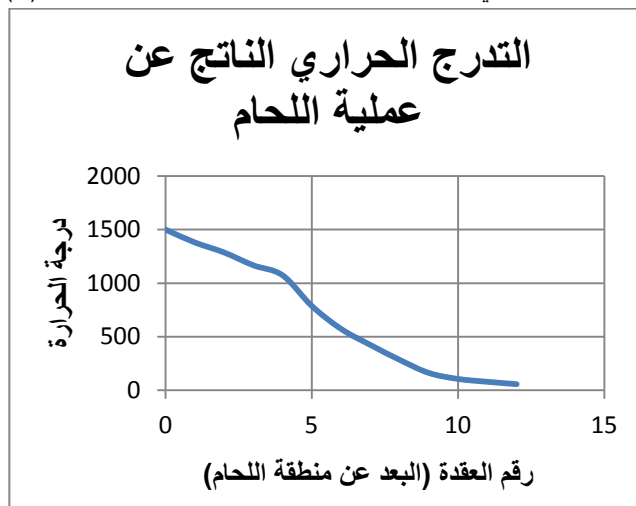
### النتائج والمناقشة :

يبين الشكل (6) مقارنة نتائج النمذجة الحرارية بواسطة برنامج SolidWorks 2014 لنوعي الفولاذ A106GRB و A335P5 وذلك وفقاً لشروط التحميل الحراري الموضحة فيما سبق .

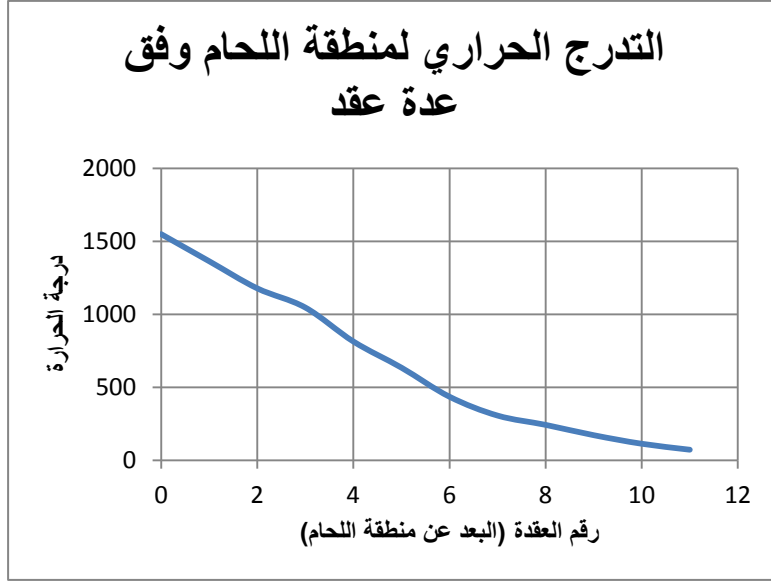


الشكل (6) مقارنة نتائج النمذجة الحرارية لعملية اللحام لكلا نوعي الفولاذ

وبالاعتماد على هذه النتائج، يمكن رسم مخطط التدرج الحراري وفق عدة عقد (15 عقدة) بدءاً من منطقة اللحام مع الابتعاد عن هذه المنطقة، لكلا نوعي الفولاذ المدروسين، وهذا ما يوضحه الشكل (7) والشكل (8).



الشكل (7) التدرج الحراري وفق عدة عقد بدءاً من منطقة اللحام للوصلة A106GrB



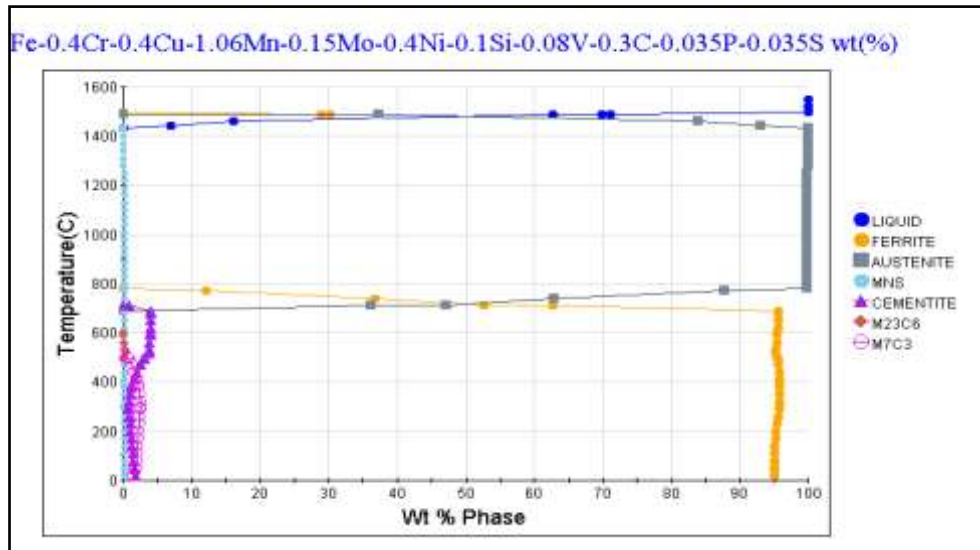
الشكل (8) التدرج الحراري وفق عدة عقد بدءاً من منطقة اللحام للوصلة A335P5

نلاحظ أنه يوجد اختلاف واضح في التدرج الحراري، بين نوعي الفولاذ في بعض المجالات الحرارية، ويعود سبب هذا الاختلاف إلى اختلاف التوصيل الحراري لكلا النوعين، وتأثر هذا التوصيل بالعناصر السبائكية الداخلة في تركيب الفولاذ [6] .

2- نتائج نمذجة وتحليل التحولات الطورية :

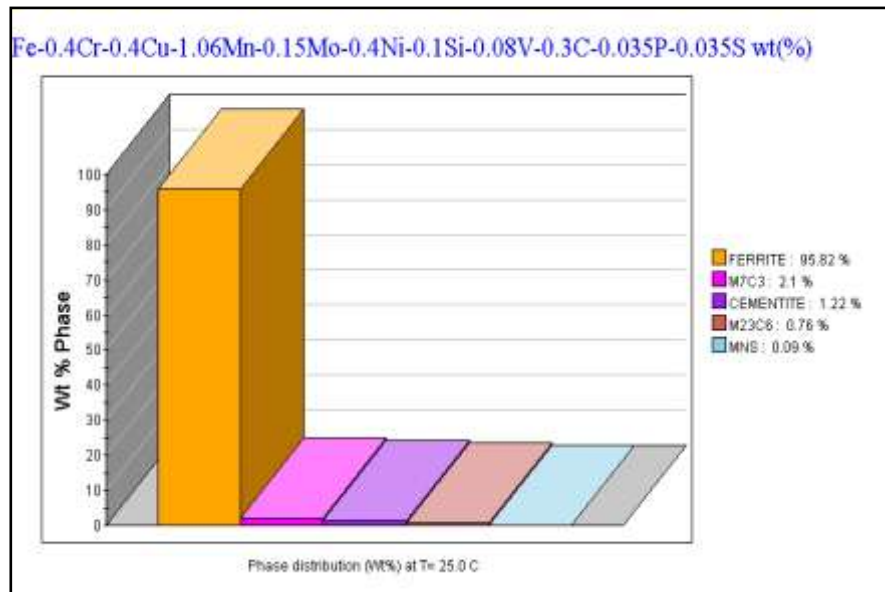
بعد إدخال التركيب الكيميائي للفولاذ A106GRB وفقاً لجدول المواصفات الأمريكية ASTM [7] عن طريق برنامج JMatpro، تم تنفيذ عملية النمذجة لمعرفة الأطوار ومكونات البنية الموجودة والنسب الكتلية لها عند درجات الحرارة المختلفة وذلك بالتبريد السريع وهذا ما يوضحه الشكل (9) ، ثم تمكنا من معرفة الأطوار المتواجدة والنسب الكتلية لها عند درجة حرارة الغرفة (قبل عملية اللحام) كما في الشكل (10).

نلاحظ من الشكل (9) أن البنية المجهرية تتكون بشكل أساسي من الفريت  $\alpha$  والسمنتيت  $Fe_3C$  بالإضافة إلى وجود مركبات معدنية أخرى . يجب التنويه إلى أن هذه البنية للفولاذ A106GrB تنتج بالتبريد السريع وبالإضافة لذلك فإن الفريت يمكن أن يكون على شكل حبيبات ( أي طور مستقل ) أو على شكل بنية برليتية شرائحية مع السمنتيت.



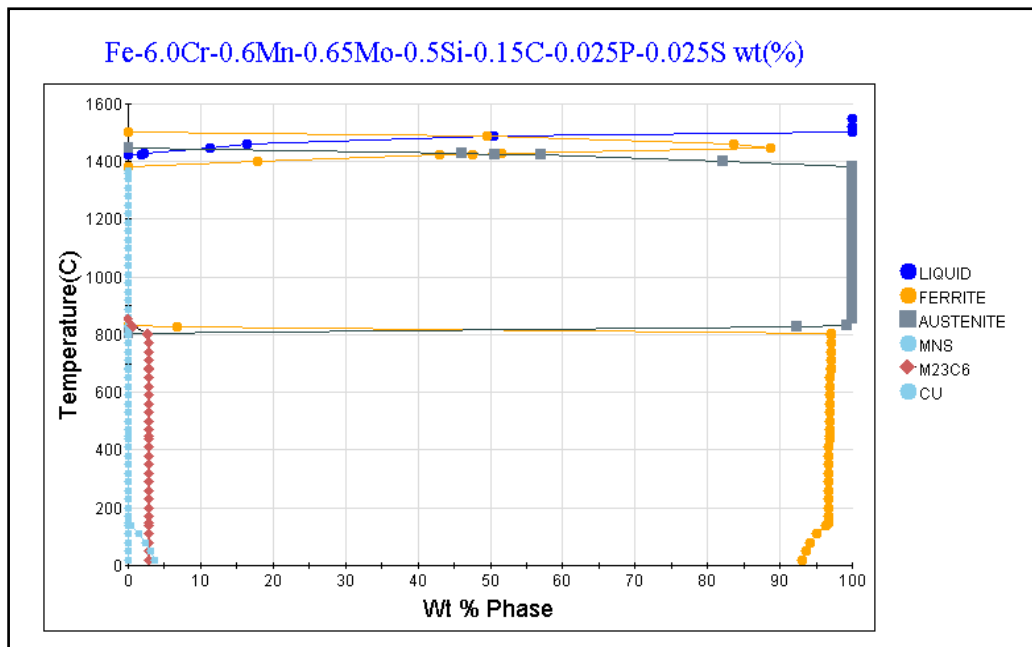
الشكل (9) النسب الكتلية لأطوار ومكونات البنية المجهرية للفولاذ A106GRB عند درجات حرارة مختلفة .



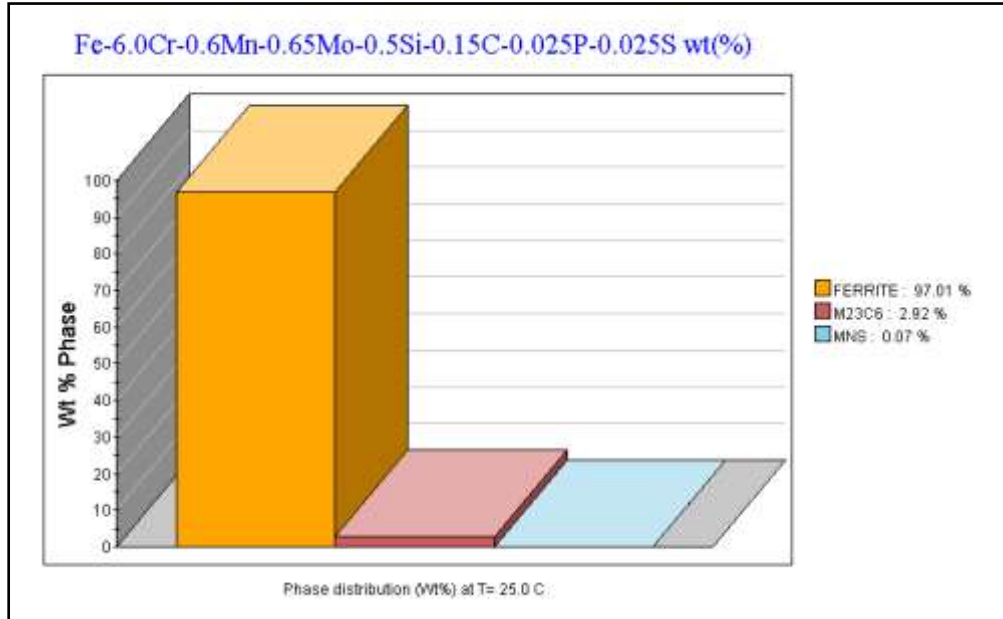


الشكل (10) الأطوار ومكونات البنية للفولاذ A106GrB والنسب الكتلية لها عند 25°C

كما يبين الشكلين (11) و (12) التركيب الكيميائي وتوزع الأطوار ومكونات البنية، للمعدن A335 P5 عند درجات الحرارة المختلفة، والأطوار الموجودة عند درجة حرارة الغرفة، بالتبريد السريع بعد إدخال التركيب الكيميائي للمعدن [8]. نلاحظ أن البنية المجهرية تتكون بشكل أساسي من الفريت  $\alpha$ ، بالإضافة إلى وجود مركبات معدنية أخرى، أيضاً يجب التنويه إلى أن البنية ناتجة عن التبريد السريع، أما الفريت في حالة هذا النوع من الفولاذ فهو متواجد بشكل طوري .



الشكل (11) الأطوار والمكونات عند درجات الحرارة المختلفة



الشكل (12) الأطوار والمكونات عند درجة حرارة الغرفة

اعتمادا على نمذجة التحولات الطورية المبينة في الشكلين (9) و(10) يمكننا تُلخيص التحولات البنيوية في منطقة التأثير الحراري للفولاذ ASTM A106GRB كما هو موضح في الجدول (1) .

الجدول(1) التحولات البنيوية في منطقة التأثير الحراري للفولاذ A106GRB بالتسخين والتبريد.

المجال	نوع المنطقة	البنية الناتجة عن التسخين	البنية الناتجة بعد اللحام
1	منطقة الانصهار غير الكامل	L + $\gamma$	بنية ناعمة وخواص ميكانيكية مماثلة لمعدن الأساس ، تنشأ في هذه المنطقة كسور ساخنة نتيجة انصهار بعض الشوائب اللامعدنية مما يضعف الترابط المعدني
2	منطقة تجاوز حد التسخين	$\gamma$ ( خشنة )	نتيجة البلورات الخشنة للأوستنيت فإن مراكز التبلور اللازمة للتحول الطوري قليلة ، البنية الناتجة مارتزيت + بيانيت + فريت + أوستنيت متبقي ، لدونة منخفضة مقارنة مع معدن الأساس ، قساوة عالية
3	منطقة المراجعة	$\gamma$ ( ناعمة )	مارتزيت + فريت + بيانيت + أوستنيت متبقي ، أيضا قساوة عالية ولدونة منخفضة ولكن بيئة أنعم من المجال السابق .
4	منطقة التحول الطوري غير الكامل	$\alpha + \gamma$	تحول الأوستنيت وإعطاء بني مشابهة للبنى الناتجة عن تحوله في المجال السابق ولكن بنسب أقل ووجود نسبة أكبر من الفريت .
6+5	منطقة إعادة التبلور	لا يوجد تحولات بنيوية	لا يحدث أي تحولات بنيوية ، التخلص من الإجهادات الداخلية ، ونمو البلورات من جديد

7	منطقة عدم التأثير الحراري في المعدن الأساس	لا يوجد تحولات بنيوية	يحافظ المعدن على بنيته وخواصه الميكانيكية
---	--	--------------------------	---

أما بالنسبة للتحولات الحاصلة في منطقة التأثير الحراري، للوصلة للحامية للأنيوبين المصنعين من الفولاذ A335P5، فيمكننا استنتاج هذه التحولات من خلال نتائج نمذجتها الموضحة في الشكلين (11) و (12). يوضح الجدول (2) هذه النتائج :

الجدول (2) التحولات البنيوية في منطقة التأثير الحراري للوصلة للحامية في الفولاذ A335P5 بالتسخين والتبريد

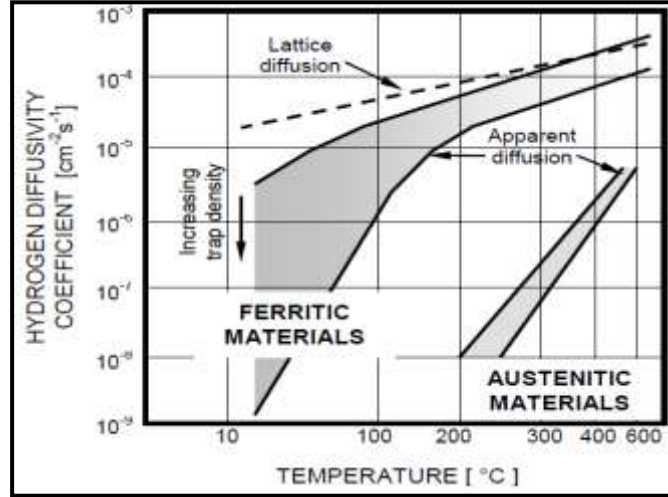
المجال	نوع المنطقة	البنية الناتجة عن التسخين	البنية الناتجة عن التبريد
1	منطقة الإنصهار غير الكامل	$L + \gamma + \delta$	بنية مارتنزيتية ذات قساوة عالية بالنسبة للمعدن الأساس .
2	منطقة تجاوز حد التسخين	$\gamma$ ( حبيبات خشنة )	بنية مارتنزيتية ذات قساوة عالية . ونتيجة للتضخم الحاصل في حبيبات الأوستنيت فإن قساوة البنية عالية
3	منطقة المراجعة	$\gamma$ (حبيبات ناعمة )	بنية مارتنزيتية ذات قساوة عالية .
4	منطقة التحول الطوري غير الكامل	$\alpha$	بنية فريتية أيضا .
6 + 5	منطقة إعادة التبلور	_____	لا يحدث أي تحولات بنيوية، التخلص من الإجهادات الداخلية ، ونمو البلورات من جديد
7	منطقة عدم التأثير الحراري في المعدن الأساس	_____	يحافظ المعدن على بنيته وخواصه الميكانيكية

نلاحظ وجود عدم تجانس بنيوي في منطقة التأثير الحراري لكلا نوعي الفولاذ، وهذا يعود إلى اختلاف درجات حرارة التسخين (التدرج الحراري) التي تؤدي إلى حدوث تحولات بنيوية مختلفة ، بالإضافة إلى ذلك نلاحظ وجود تمايز بين بنى منطقة التأثير الحراري للفولاذ A106GRB والفولاذ A335P5، وهذا يعود بالطبع إلى اختلاف التركيب الكيميائي لهما وبالتالي اختلاف البنية الأساسية (أي قبل اللحام )، وكذلك يمكننا ملاحظة تأثير اختلاف التركيب الكيميائي لنوعي الفولاذ A106GRB و A335P5 على نوع هذه البنى، ودرجات حرارة التحول وخصوصا في المجالين 1 و 4 (الجدولين 1 و 2).

يحدث نمو حبيبات الأوستنيت، عند زيادة درجة الحرارة بسبب ميل النظام إلى تقليل الطاقة الحرة، وتتمو الحبيبات نتيجة لزيادة حجم بعضها على حساب بعضها الآخر الأصغر حجما، وبالتالي الأقل ثباتا من وجهة النظر

الحرارية الديناميكية [9] ، لذلك نلاحظ ظهور منطقة خشنة من حبيبات الأوستنيت في المجال الحراري 2 (مجال فرط التسخين) .

يتعلق انتشار الهيدروجين بكل من الهيكل الشبكي للحديد ومعدل درجات الحرارة، و كما نرى في الشكل(12) فإن انتشار الهيدروجين يبقى خطيا مع ازدياد درجة الحرارة في حالة الفولاذ الأوستنيتي. كما نلاحظ حدوث تناقص مفاجئ في انتشار الهيدروجين ما بين درجات الحرارة الأخفض من  $100-150^{\circ}\text{C}$ ، نزولا إلى درجة حرارة الغرفة في الفولاذ الفيريتي .



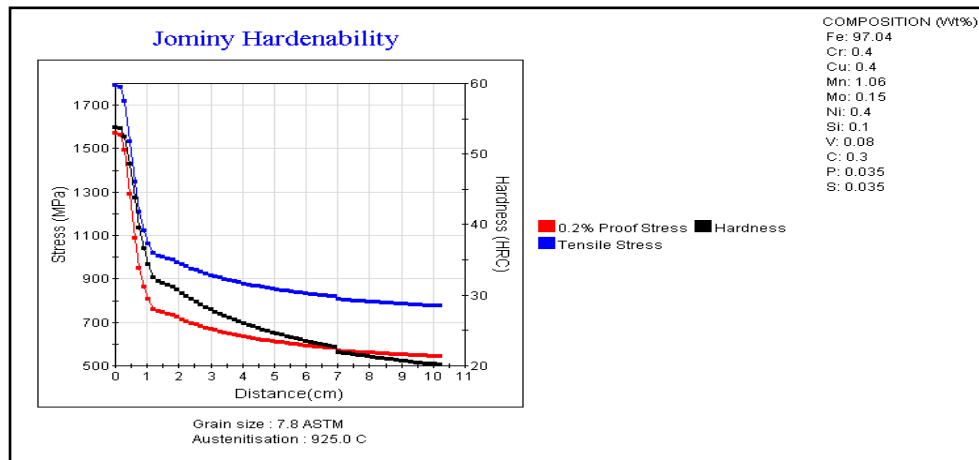
الشكل (13) معامل انحلال الهيدروجين في الفولاذ كتابع لدرجة الحرارة في الفولاذ الفيريتي والأوستنيتي[6]

3- نتائج نمذجة المعالجة الحرارية :

• قابلية التقسية لنوعي الفولاذ A335P5 و A106GRB :

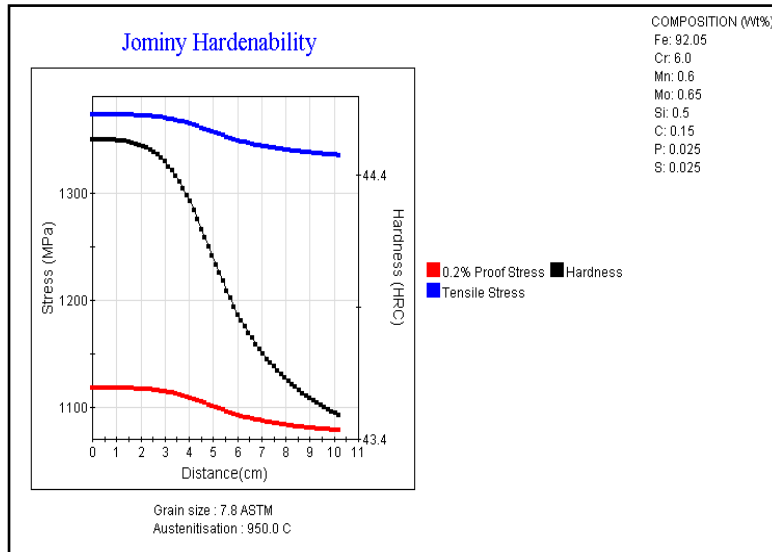
تم نمذجة مخططات قابلية التقسية لكلا النوعين من الفولاذ وفق اختبار جوميني ، حيث تم تحديد أبعاد العينة وفق الشروط المحددة من قبل جداول المواصفات العالمية ASTM وهي :  
( الطول  $L = 101.6\text{mm}$  ، القطر  $\Phi = 25.4\text{mm}$  ) ، ثم أخذت أبعاد متساوية بمقدار  $1.5\text{mm}$  على العينة وحساب الخواص لها ( القساوة ، مقاومة الشد ، مقاومة الخضوع ) .

من أجل الفولاذ A106GRB حصلنا على المخطط المبين في الشكل (14) :



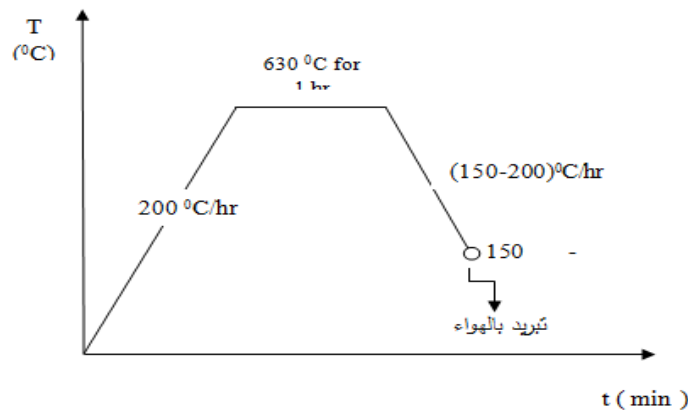
الشكل (14) مخطط قابلية التقسية للفولاذ A106GrB .

من أجل الفولاذ A335P5، فإن مخطط قابلية التقسية موضح في الشكل (15).



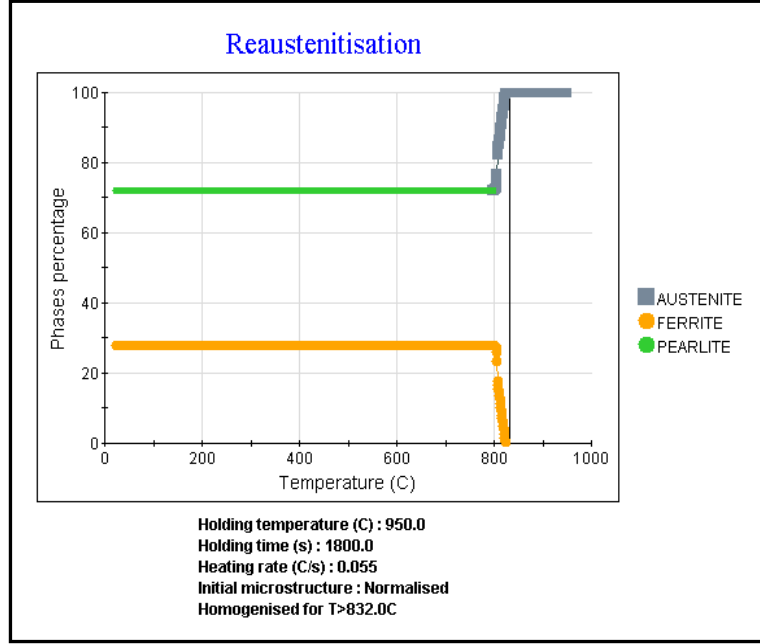
الشكل (15) مخطط قابلية التقسية للفولاذ A335 P5.

وفقا للمعلومات التي حصلنا عليها من شركة مصفاة بانياس، وحسب الخطوات التي يتم اتخاذها لإجراء المعالجة الحرارية، قمنا برسم مخطط المعالجة الحرارية للوصلة للحامية كما هو مبين في الشكل (16).

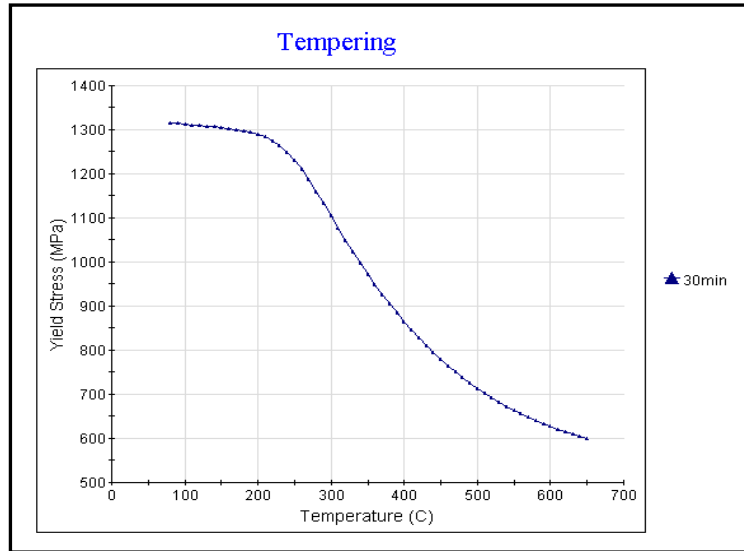


الشكل (16) مخطط المعالجة الحرارية للوصلة للحامية لفولاذ A106GRB

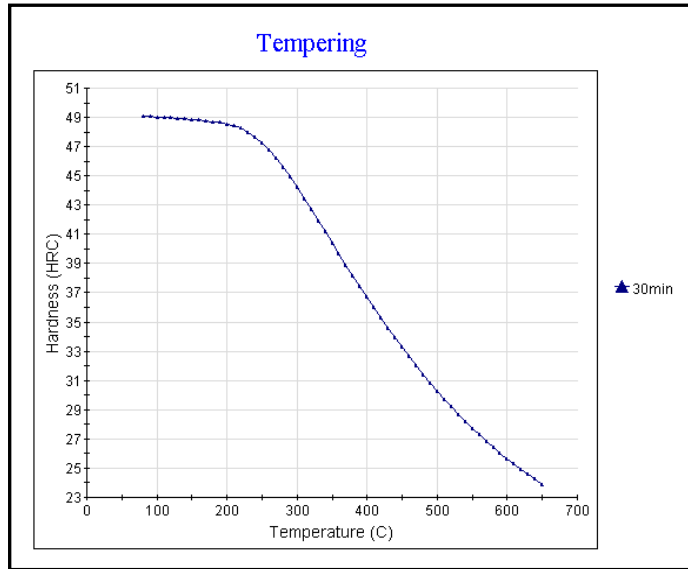
لاستنتاج طريقة المعالجة الحرارية من أجل A335P5 قمنا بتنفيذ الأمر reautenitisation أي إعادة الأستنة وذلك من أجل تحديد تغيرات النسبة الكتلية للأطوار ابتداء من درجة حرارة الغرفة وبسرعة تسخين معينة حتى الوصول إلى البينة الأوستينيتية، ويفرض أن منطقة اللحام تحوي على بنيتين بشكل أساسي : بنية إبرية وبينة فريتية-برليتية. من أجل البينة الفريتية - البرليتية نحصل على الشكل (17) والذي يبين درجة حرارة الأستنة وتغيرات النسب الكتلية للأطوار وفق سرعة التسخين .



الشكل (17) عملية إعادة الأستنة للوصلة اللحامية في جزء منطقة التأثر الحراري الحاوي على بنية فريتية و برليتية أما من أجل البنية المقساة، فإن مراجعة هذه البنية، يجب أن تتم عند درجة حرارة أقل من درجة حرارة الأستنة، حيث يكون الهدف من عملية المراجعة، هو التخلص من الإجهادات للوصلة اللحامية وفقا لذلك قمنا بإنشاء مخطط عملية المراجعة، الذي يبين تغير إجهاد الخضوع والقساوة للبنية وفق درجات حرارة مراجعة مختلفة كما في الشكلين (18) و (19).



الشكل ( 18 ) تغير إجهاد الخضوع وفق درجات حرارة مراجعة مختلفة .



الشكل ( 19 ) تغير القساوة وفق درجات حرارة المراجعة المختلفة .

### الاستنتاجات والتوصيات :

- تعود مشاكل التآكل بالتشقق الهيدروجيني لأنابيب نقل الأمين إلى نوع الفولاذ المستخدم حيث تم فحص العوامل الأخرى المسببة لهذا النوع من التآكل ( المعالجة الحرارية للوصلة - نوع الكترود اللحام المستخدم) ولم يلاحظ وجود أخطاء ذات تأثير كبير وإنما كانت بارامترات عملية اللحام موافقة للشروط المحددة من قبل هيئات المواصفات.
- بمقارنة نتائج الدراسة الحرارية المنفذة باستخدام برنامج SolidWorks 2014 لكلا نوعي الفولاذ نلاحظ أن فولاذ A335P5 كان التأثير الحراري أقل ومنطقة التأثير الحراري له أصغر بالمقارنة مع A106GRB وبالتالي فإن المنطقة التي يتوقع تغلغل الهيدروجين فيها أصغر .
- تختلف بنى الفولاذ في قابليتها لتغلغل الهيدروجين الذري، ويعد الفريت أقل هذه البنى قابلية لذلك، مما يعطي الأفضلية لفولاذ A335P5 ذي البنية الفريتية مقارنة مع فولاذ A106GRB .
- إن الإنخفاض الكبير لنسبة الكربون في فولاذ A335P5، يقلل من خطر الإجهادات الداخلية في البنية حتى في ظروف التبريد السريع، لذلك فإن قساوات أجزاء منطقة التأثير الحراري في فولاذ A335P5 تكون بقيم أقل منها في فولاذ A106GRB .
- إن المعالجة الحرارية للوصلة اللحامية بعد تنفيذ اللحام، تكون ضرورية لتخفيض خطر الإجهادات الداخلية (وذلك لكلا نوعي الفولاذ )، والتي يمكن أن تكون عبارة عن مناطق نشوء تشققات مايكروية تسهل عملية التشقق الهيدروجيني .
- تساعد المعالجة الحرارية على اقتراب بنية منطقة عدم التجانس الحراري من التجانس البنيوي، مما يقلل من الاختلاف في قابلية كل بنية للتغلغل الهيدروجيني من جهة بالإضافة إلى ذلك يقلل ذلك من الإجهادات الداخلية من النوع الثاني .

- إن وجود نسبة عالية من الكروم في فولاذ P5، يساعد على تشكل الفريت (حيث يضيق مجال الأوستنيت ويوسع مجال الفريت في مخطط الحديد - كربون )، مما يساهم في انخفاض خطر تغلغل الهيدروجين وبالتالي خطر تشكل التشقق الهيدروجيني .
- إن التفتيش الدوري وفحص مناطق لحام الأنابيب ، باستخدام أجهزة الفحص اللاإتلافية ، تعتبر من الأمور الأكثر أهمية في الحد من التآكل بالتشقق الهيدروجيني كونه يخفض من تكاليف الصيانة ويسهل من عملية تنفيذها .
- استخدام الفولاذ A335P5 في الوحدات الصناعية التي تنتج الهيدروجين الذري بسبب خواص المقاومة للتشقق الهيدروجيني.

### المراجع:

1. R .B .NIELSEN، KR.LEWIS، JOHN G. MCCULLOUGH and D.A.HANSEN ،*controlling corrosion in amine treating plants*، scientific article ، 1995:p.9-33
2. MUHAMMAD SHAHID، MUHAMMAD FAISAL،*EFFECT OF HYDROGEN SULFIDE GAS CONCENTRATION ON THE CORROSION BEHAVIOR OF “ASTM A-106 GRADE-A” CARBON STEEL IN 14% DIETHANOL AMINE SOLUTION*، National University of Sciences & Technology (NUST) Peshawar Road، Rawalpindi، Pakistan،December 2009:p.179-185
3. ABDERRAZAK TRAIIDIA،MARCO ALFANO، GILLES LUBINEAU، SEBASTIEN DUVAL، ABDELMOUNAM SHERIK،*An effective finite element model for the prediction of hydrogen induced cracking in steel pipelines*،King Abdullah University of Science and Technology (KAUST)، Physical Science and Engineering Division،Cohmas Laboratory،Thuwal 23955-6900، Saudi Arabia، 16 May 2012:p.1-17
4. BOHLER SCHWEISTECHNIK،*Bohler-Welding*، Austria GmbH، 2004:p.4-7
5. MiroslavPiturn،*The effect of welding parameters on levels of diffusible hydrogen in weld metal deposited using gas shielded rutile flux cored wires*، University of Wollongong ، 2004:p.5-34،61-74
6. MOHAMMAD ALI MOHTADI BONAB،*MECHANISM OF FAILURE BY HYDROGEN INDUCED CRACKING IN PIPELINE STEELS*، University of Saskatchewan، Saskatoon، August،2015:p.18-25
7. ASTM A106 Grade B،*Standard Specification for Seamless Carbon Steel Pipe for High Temperature Service*. Annual Book of Standards. ASTM International، American Society for Testing Materials،2012:p.2
8. ASTM A335 P5،*Standard Specification for Seamless Carbon Steel Pipe for High Temperature Service*. Annual Book of Standards. ASTM International، American Society for Testing Materials،2012:p.2

9. د.علي هنتره، المعالجات الحرارية للمعادن ، جامعة تشرين ، 1999-2000