انتاج سبيكة المنيوم – براص مقاومة للتاكل بديلة للسبائك المستوردة لتصنيع أنابيب المكثفات

د.سامي إبراهيم جعفر الربيعي *

تاريخ التقديم:2008/10/16
تاريخ القبول:2009/5/7

الخلاصة

تم انتاج سبائك جديدة مختيريا تتكون من المنيوم – براص- زرنيخ تقع ضمن المواصفات العالمية ASTMB111.

اظهرت السبائك الجديدة مقاومة عالية لتشققات التاكل الاجهادي Stress Corrosion Cracking ومقاومة عالية للزحف Creep افضل بكثير من تلك الخواص للسبائك المستوردة والمستخدمة حاليا في تصنيع انابيب المكثفات والمبادلات الحرارية العاملة في محطات توليد الطاقة الكهربائية.

Production of Corrosive Resistance Al-Brass Alloys Instead of Imported Alloys for Manufacturing Condenser Tubes

Abstract

New alloys of Aluminum- Brass-Arsenic were produced in the laboratory, which were not produced in the past. These alloys have properties according to international properties of ASTMB 111.

The stress corrosion cracking and creep resistance of these new alloys are better than those of used (imported) alloys. The new alloys can be used in production of condensers and heat exchangers pipes successfully with less corrosion and high creep resistance.

المقدمة

تصمم المكثفات على شكل حاويات كبيرة يمر بها البخار الحار الذي يفقد طاقته الحرارية عن طريق امتصاصها عبر جدران الانابيب التي يجري فيها ماء خام وبالتالي يتكثف البخار على الجدران الخارجية للانابيب[1] . تتعرض المكثفات الى نوعين من الاوساط التاكلية هي الماء الحاوي على الاوكسجين والكلور والاشنات والوسط الثاني هو البخار الداخل الى المكثف . ان هذة الاوساط تضر بالمكثفات وتسبب لها تشققات تاكل اجهادي [2] او انهيارات بسبب الزحف الميكانيكي البطئ [3]نتيجة ضعف السبائك المستخدمة في تصنيع المكثفات من الناحية الميتالورجية والميكانيكية والتاكلية.

تصنع انابيب المكثفات عادة من سبائك نحاسية نظرا لما تتمتع به هذة السبائك من خواص مهمة تتمثل بالمطيلية العالية التي تؤهله للتشكيل والسحب وسهولة تصنيع الانابيب منه اضافة الى الموصولية الحرارية ومقاومة التاكل العاليتين [1] . تعزى مقاومة التاكل العالية للنحاس الى ان جهد اتزانه العالي مما يجعله مهبطا للعديد من المعادن والسبائك التي تقع تحته في السلسلة الكهروكيميائية للمعادن.

تطورت صناعة انابيب المكثفات منذ ثلاثينيات القرن الماضي حيث أخذت تصنع هذه الأنابيب من سبائك البراص

قسم هندسة الانتاج والمعادن ، الجامعة التكنولوجية / بغداد

https://doi.org/10.30684/etj.27.16.20
2412-0758/University of Technology-Iraq, Baghdad, Iraq
This is an open access article under the CC BY 4.0 license http://creativecommons.org/licenses/by/4

الحاوية على 30% خارصين التي انتشر استخدامها بشكل واسع في تصنيع المكثفات والمبادلات الحرارية [4] ولكن سرعان ما عانت هذه السبائك من التاكل وخاصة التاكل الانتقائي المتمثل بنزع الخارصين من بنية السبيكة عند زيادة نسبة الخارصين الى اكثر من 15% عند وجود الاوكسجين او ثاني اوكسيد الكاربون في الوسط التي تعمل به هذه السبائك[5] . لهذا يعتبر معدن مينتز Muntiz Metal وهو سبيكة براص تحتوي على اكثر من 40% خارصين أكثر سبائك البراص تعرضا إلى هذا النوع من التآكل . طورت هذه السبائك بإضافة عنصر القصدير اليها لانتاج جيل أخر من سبائك البراص التي عرفت باسم سبائك البراص المقواة (Admiralty Brass) [1-4]. تتكون هذه السبائك من 70% نحاس و 29% خارصين و1% قصدير وتمتاز بمقاومة تاكل افضل من سبائك البراص الاولى .ورغم ذلك لوحظ ان هذه السبائك تعاني من تشققات التاكل الاجهادي خاصة عند تواجد الامونيا في الاوساط التي تعمل بها المكثفات لذلك طورت هذة السبائك الى سبائك نحاس – نيكل والمعروفة باسم سبائك الكبرونيكل (Cupronickel) الحاوية على نسب قليلة من االنيكل واهما 80 نحاس و 20 نيكل أو 70 نحاس و 30 نيكل[4] . يتمتع النيكل بقابلية ذوبانية جيدة في النحاس لتكوين محلول جامد تحادي الطور وذو مقاومة تاكل عالية الا انه لا يتقبل المعاملات الحرارية سوى التلدين بعد التشكيل على البارد.كما طورت هذة السبائك ايضا باضافة نسب قليلة من الحديد اليها لزيادة متانة السبيكة وخواص شده[6]ا . حتى اعتمدت هذة السبائك بشكل واسع في تصنيع المكثفات والمبادلات الحرارية والانابيب الناقلة لمياه البحرحيث تمتاز بقاومة تاكل ارتطامي عالية حتى عند سرع الجريان المرتفعة .

وفي الربع الأخير من القرن الماضي ادخلت سبائك جديدة في تصنيع انابيب المكثفات هي سبائك البراص الحاوية على الألمنيوم [7] . تمتاز السبائك الجديدة بقاومتها الذاتية للتاكل اضافة الى قدرتها على الحماية الذاتية من التاكل بتكوين طبقة واقية من اوكسيد النحاس او الالمنيوم مع مركبات المغنيسيوم والكالسيوم والكلور الموجودة في الماء . تتكون الطبقة الواقية من[8] :

CuO , Cu3Cl4 (OH)2 , CuCl , MgAl2O4. 8H2O , Ca2Al2O5.6H2O

تعمل هذة الطبقة الواقية على زيادة مقاومة التاكل والى زيادة مقاومة التاكسد على حد سواء وخاصة عند درجات الحرارة العالية[7] . على الرغم من ذلك لاتزال المكثفات تعاني من نوعين من الفشل هما:

أولا- تشققات التآكل الاجهادي SCC

تمثل التشققات التي تحصل نتيجة الفعل المشترك لكل من الاجهادات الميكانيكية الشدية والتاكل بحيث يحدث الفشل النهائي في وقت اقل من الوقت الذي يحصل فيه الفشل من جراء احد المؤثرين اعلاه فقط.

ان اهم مصادر الاجهادات في المكثفات هي الاجهادات الحرارية او الاجهادات المتبقية من جراء التشكيل او الاجهادات الداخلية الناتجة من اجراء المعاملات الحرارية او زيادة الضغط الداخلي او تحرر الغازات مثل غاز الامونيا الضار[5] .

لقد بينت بعض الابحاث [9] إن وجود أية أجزاء غريبة في الوسط أو تكون طبقة سطحية سيؤثر على الموصلية الحرارية للأنابيب المستخدمة في المكثفات . إن تشقق الطبقة السطحية أو ظهور التآكل التنقري على سطح المعدن يساعد على تمركز الاجهادات. كما إن الفشل الذي يحدث في طبقة حماية السطح خصوصا عند حصول التاكل التنقري يعتبر بداية لتخليق التشققات التي تنمو تحت تاثيرات الوسط الاكال. ان مرحلة تخليق ونمو التشققات يعتبر دالة لسمك الطبقة الواقية والموصولية الحرارية

ثانيا : الزحف Creep

يشير مصطلح الزحف الى التشوه اللدن البطئ الذي يحدث بسبب تاثير احمال خارجية عند درجات الحرارة العالية ولفترة زمنية طويلة[10] . لذلك من الضروري عند تخمين سلوك المعدن تحت الاجهاد وعند درجات الحرارة العالية الاخذ بنظر الاعتبار عامل الزمن لعدم توقف الانفعال بعد تسليط

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

الحمل مباشرة بل يستمر مع الزمن , وقد يؤدي الى حدوث الانكسار عند اجهادات اقل من مقاومة المادة الاعتيادية. ان تاثير الاحمال تؤدي الى حصول انغعال والذي يزداد بمرور الزمن حتى يحصل الانكسار. يعود سبب حصول انفعال الزحف الى الانزلاق الطبيعي الذي يحدث في بلورات المعدن والى انسياب الحدود البلورية عند درجات الحرارة العالية[10].

تبرز أهمية الزحف في تصميم المكثفات وضرورة الاخذ بنظر الاعتبار اقصى انفعال مسموح به عند درجات حرارية اعلى من درجة حرارة الغرفة . يتضمن الزحف اصلاد انفعالي لذلك فان اي عامل بنيوي (Structural Factor) يعيق حركة الانخلاعات سيحسن من مقاومة الزحف.

تعتمد الظروف المسببة للزحف على نوع السبيكة المستخدمة وعلى طبيعة الوسط ودرجة الحرارة ومعدل الانفعال [10] :

يحصل الزحف على ثلاث مراخل كما في شكل رقم (1) وهي[10] :

1 - مرحلة الزحف الابتدائي : يزداد فيها معدل الانفعال مع الزمن .

2- مرحلة الزحف الثانوي : يكون فيها معدل الزحف ثابتا مع الزمن ويحدث توازن بين عمليات الاصلاد الانفعالي والاستعادة لهذا يعرف الزحف في هذة المرحلة ب (الزحف المستقر) . وهذة المرحلة هي المرغوبة من الناحية العملية ولاطول فترة زمنية ممكنة.

3 -مرحلة الانهيار والفشل : يزداد فيها معدل الانفعال يشكل كبير مع الزمن حتى يحصل الانهيار . تعتبر هذة المرحلة من اخطر مراحل الزحف لانها تسبب انهيار البنية المجهرية وتمزقها.

يهدف البحث الحالي الى انتاج سبيكة مختبرية من المنيوم – براص – زرنيخ و دراسة خصائص مقاومة تشققات التاكل الاجهادي ومقاومة الزحف بغية اعتماد هذة السبيكة مستقبلا في تصنيع انابيب المكثفات والمبادلات الحرارية المستخدمة في تصنيع مكثفات محطات توليد الطاقة الكهربائية بدلا من السبائك المستخدمة حاليا . تتكون انابيب المكثفات المستخدمة حاليا من سبائك البراص المقواة من 70% نحاس و 0.09% قصدير و 0.07% رصاص والباقي هو خارصين ويرمز لهذة السبيكة حسب مواصفات UNS ب No C44300 . ان انتاج هذة السبائك وادخالها في تصنيع المكثفات يعد تطوير لسبائل النحاس المستخدمة في القطاع الصناعي وخاصة في مجال انتاج الطاقة الكهربائية التي تعاني في العراق من كثرة العطلات وكثرة الانهيارات في انابيب المكثفات بسبب سوء تصنيع السبائك او عدم ملائمتها لظروف العمل المحلية .

الجزء العملي

1- الأجهزة والمعدات المستخدمة

لانجاز اختبارات وفحوصات عينات التحث استخدمت الاجهزة والمعدات التالية:-

- عينات الاختبار: حضرت هذة العينات على ثلاثة انواع هي:
- النوع الاول (N1): من انابيب المكثفات المستعملة حاليا في محطة توليد كهرباء جنوب بغداد بعد استخدامها فترة زمنية طويلة تجاوزت عسر سنوات.وهي أنابيب يابانية المنشأ.
- النوع الثاني (N2): : عينات من انابيب جديدة مستوردة وغير مستخدمة بعد في الخدمة دون اجراء اية معاملات حرارية عليها. وهي أنابيب اسبانية المنشأ.
- النوع الثالث (N3): : عينات من انابيب صنعت محليا في المحتبر.
- جهاز اسناد العينات.
- مجهر ضوئي نوع – Jung Richert
- جهاز قياس الصلادة.
- المجهر الماسح الالكتروني نوع JSM - 6400
- جهاز فحص مقاومة الشد.
- جهاز اختبار تشققات التاكل الاجهادي.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

2- تصنيع سبيكة ألمنيوم – براص – زرنيخ مختبريا

انتجت سبيكة المنيوم براص الحاوية على الزرنيخ وفق المواصفات العالمية القياسية ASTMB 111 بعمليات السباكة أعقبتها عمليات تشكيل بالبثق والسحب . تمت عمليات صهر المواد الاولية ومخلفات انابيب المكثفات التي استخدمت بنسب محدودة لانتاج المسبوكات بعمليات السباكة الثابتة Static Casting وتمت عملية صب المصهور في قوالب معدنية صنعت لهذا الغرض . جدول رقم (1) يوضح التركيب الكيميائي للسبائك المصنعة.

تم تشغيل سطح المسبوكة على ماكنة خراطة لازالة الطبقة الخشنة من السطح وللحصول على مسبوكة سليمة من العيوب السطحية . اجريت للمسبوكة عملية تسخين لغرض المجانسة الحرارية Homogenizing قبل عملية التشكيل , ثم بثقت المسبوكات الى انابيب بموجب مسلك تكنولوجي اعد لهذا الغرض الى أنابيب بنفس قياسيات الأنابيب المستعملة حاليا بالخدمة في وحدات الطاقة الكهربائية. كما أجريت عليها عمليات تشكيل لاحقة من سحب وتلدين بموجب المخطط الانسيابي لعمليات التصنيع الموضح بالشكل (2).

تمت عملية التلدين بدرجة حرارة 400 ^{0}م ولمدة 50 دقيقة لإزالة الاجهادات وبالتالي الحصول على الخواص الميكانيكية الموضحة بالجدول رقم 1.

صنعت عينات الاختبار من الانابيب مباشرة بموجب المواصفات البريطانية BS 3500 Part 6 , 1969 بتشغيلها على مكائن التفريز المبرمج لضمان دقة الابعاد وجودة النماذج.

3- اختبار مقاومة تشققات التاكل الاجهادي

اجريت الاختبارات على جهاز التاكل الاجهادي Stress Corrosion Tester نوع Double Lever يقوم بنقل القوة بنسبة 30 ;1 على محاور شد العينة التي صنعت من مادة غير موصلة كهربائيا لتلافي التاثيرات الكلفانية . ثبتت العينات بشكل عمودي داخل خلية الاختبار التي تم تصميمها وتصنيعها لهذا الغرض . غمرت العينات في محلول الاختبار الذي سخن الى درجة حرارة 95 ^{0} م باستخدام مسخن شريطي النوع (240 W) كما تمت السيطرة على درجة الحرارة باستخدام مسيطر حراري Temperature Controller خارجي مع مزدوج حراري Thermocouple (Type K).

محلول الاختبار المستخدم هو محلول ماتسن Mattson Solution المكون من محاليل كبريتات الامونيوم وكبريتات النحاس المائية مع هيدروكسيد الامونيوم وبنسب محددة حسب المواصفات العالمية القياسية ASTM G 37- 85 . استخدم في البحث مدى واسع من الدالة الحامضية pH لمحلول ماتسن من 5 إلى 9 . تم تسليط اجهادات شدية ثابتة على عينة الاختبار لغاية حصول الانكسار عندها يسجل زمن حصول الانكسار .

تم حساب معدلات التاكل بطريقة فقدان الوزن Weight Loss التي دعمت بقحوصات البنية المجهرية باستخدام مجهر ماسح نوع JSM-6400.

4 - اختبار مقاومة الزحف

تثبت العينة في محور الشد وسط فرن التسخين تم ترفع درجة الحرارة إلى القيمة المطلوبة عندئذ يتم تسليط الحمل المقرر بموجب الإجهاد المطلوب يعدها يتم حساب قيم الاستطالة ولفترات زمنية متعددة. يستمر عمل الجهاز حتى حصول الانكسار في عينة الفحص ونزول الحمل عندها يقطع التيار الكهربائي وتوقف ساعة التوقيت المثبتة على الجهاز والتي تقيس عمر العينة حتى الانكسار Rupture Life .

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

أجريت اختبارات الزحف لمعرفة الوقت الذي تفشل عنده عينات الفحص بتسليط إجهادات معينة بلغت قيمها MPa (225, 240, 255 , 270) وعند درجة حرارة ثابتة 300 ^{0} م .

النتائج و المناقشة

1 - مقاومة تشققات التآكل الاجهادي

توضح الإشكال (3 و4) نتائج اختبارات التاكل الاجهادي لعينات من انابيب المكثفات في محلول ماتسن. تشير النتائج الى انخفاض زمن انكسار العينات مع زيادة الاجهادات في محاليل ماتسن سواء الحامضية منها او القاعدية الا ان زمن حصول الكسر في المحلول القاعدي اكبر مما هو عليه في المحلول الحامضي.لنفس النوع من العينات. تتقارب قيم مقاومة تشققات التاكل الاجهادي عند الاجهادات العالية ولكل نوع من المحلول المستخدم., بينما يزداد الفرق في زمن الانكسار عند الاجهادات الواطئة اعتمادا على نوع الوسط المستخدم .

لوحظ عند إجهاد MPa 270 كان الفرق في زمن الانكسار بين العينات (N1) و (N2) هو 1.3ساعة في المحلول الحامضي بينما كان الفرق اكبر في المحلول القاعدي ليصل الى 6.1 ساعة عند نفس القيم من الاجهادات العالية .

اما عند اجهاد اقل MPa 225 فقد وصل الفرق في زمن الانكسار بين هاتين العينتين إلى 31.5 ساعة في المحلول الحامضي والى 7.5 في المحلول القاعدي عند نفس القيمة من الاجهاد .

يمكن ان تعزى هذة الفروقات الى وجود الالمنيوم في العينة (N3) وعدم وجوده في العينة (N2). تؤيد هذة النتائج ماحصل عليه ماتسن [9] حين استنتج إن زمن انكسار العينات يزداد عند زيادة الدالة الحامضية (pH) للوسط , وكلما كانت pH اكبر كانت الزيادة اكبر.

لقد عززت نتائج البحث الحالي فحوصات البنية المجهرية (شكل5) التي توضح تشابه طبيعة التشققات للعينات المختبرة في المحاليل القاعدية والحامضية على حد سواء عند نفس قيم الاجهادات.

ان عملية تبريد المكثفات في محطة كهرباء جنوب بغداد تتم بواسطة مياه النهر مباشرة , وبما ان ماء النهر يحتوي على مواد ودقائق صلبة مختلفة فان طبيعة وسرعة جريان الماء ستنعكس على العمر التشغيلي لهذة المكثفات . فكلما زادت هذة المكونات الغريبة وزادت سرعتها زادت معدلات التاكل وكان الفقدان في سمك انابيب المكثفات سريع واذا كانت سرعة الجريان بطيئة ودون المعدلات المطلوبة فان الدقائق والمواد الغريبة ستجد الوقت الكافي لتترسب على شكل تكلسات على السطوح الداخلية للأنابيب[11] مما يقلل من اقطارها الداخلية وهذا بدوره سيؤثر على الموصولية الكهربائية و يرفع الضغط الداخلي ممايعجل من حصول تشققات التاكل الاجهادي[12] .

لقد لوحظ إن تشققات التآكل الاجهادي تزداد في الوحدات التي كانت متوقفة لفترات زمنية طويلة نسبيا عن العمل . يمكن ان يعزى ذلك الى ان ترك الماء في انابيب المكثف يمكن ان يسبب نوع من التاكل الموضعي الناتج اما من تحلل الخارصين لوحده او تحلل الخارصين والنحاس معا [5] . تتاثر عمليات التحلل بوجود الاوكسجين وتركيز الكلوريدات والكبريتات في الماء. لقد اكدت بعض الابحاث ان رواسب مياه النهر يمكن ان تسبب التاكل التنقري في انابيب المكثفات النحاسية. لذلك ينبغي تفريغ المكثف من الماء تماما واجراء عمليات التجفيف في التوقفات الطويلة للمحطة وفي حالة تعذر ذلك او وجود ضرورة لابقاء الماء في المكثف فيجب التفكير جديا باستعمال سبائك مقاومة للتاكل تدخل في تصنيع المكثفات.

ان المسبب الرئيسي لتشققات التاكل الاجهادي هو التحلل الموضعي[4 ,5] لمكونات السبيكة الذي تنتج عنه حالات مختلفة من التنقرات والتي تتعرض الى اجهادات مماتساعد على تخليق الشق . يبدا الشق بالنمو مع استمرار التحلل الكهروكيميائي حيث يتحول الشق الدقيق الى شق كبير يمكن رؤيته بالعين المجردة.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

لقد لوحظ ان اغلب انواع التنقرات تحصل في انابيب المكثفات بسبب احتوائه على ايونات الكلور واليود التي لها القدرة لخوض تفاعلات استبدالية مع الاوكسجين المتواجد ضمن النسيج البنيوي للطبقة الخاملة على السطح. تستطيع هذة الايونات من نزع الاوكسجين وبالتالي حدوث التنقرات في النقاط التي يتم فيها الاستبدال.
اخضعت عينات السبيكة المصنعة محليا (N3)لاختبارات مقاومة تشققات التاكل الاجهادي في محلول ماتسن القاعدي والحامضي عند قيم من اجهادات شد MPa (255 و 270) تمت مقارنة النتائج مع نتائج عينات من سبيكة المنيوم – براص والحاوية على نفس نسب النحاس والالمنيوم ولكن بدون زرنيخ . وشكل (6) يوضحان نتائج الاختبارات هاتين السبيكتين باستخدام نفس المحاليل وعند نفس القيم من الاجهادات.
تبين النتائج الى ان السبيكة المصنعة محليا (الجديدة) تمتلك مقتومة تشققات تاكل اجهادي افضل من السبائك الموجودة في الخدمة. عند اجهاد شد MPa 270 بلغ فرق زمن حصول الانكسار في محلول ماتسن القاعدي مماهو في محلول ماتسن الحامضي اكثر من 40 ساعة . ان هذة القيم العالية من مقاومة تشققات التاكل الاجهادي تؤكد اهمية وجود الزرنيخ الذي يمكن ان يتعلب ايضا على مشكلة نزع الخارصين Dezincification في سبائك البراص وذلك باعاقته عملية نزع الخارصين من بنية السبيكة وبالتالي اعاقة التحلل الموضعي ومنها التاكل النقري [4] .

2- مقاومة الزحف

شكل (7N1) يوضح نتائج اختبار الزحف لمجموعة عينات من النوع (N1) . اخذت بغضها من مواقع قرب مدخل البخار في حين كانت البعض الاخر من مواقع بعيدة عن مدخل البخار. بينت النتائج ان معدل الزحف يقل مع انخفاض الاجهاد المسلط وان زمن الانكسار يقل مع زيادة الاجهاد المسلط ولكافة العينات.كما اثبتت النتائج ان زمن الانكسار يعتمد على الموقع الذي اخذت منه العينات , فكلما كان الموقع قريب من مدخل البخار كان زمن الانكسار قليل . عند تسليط احهاد MPa 240 بلغ زمن الانكسار 2.5 ساعة لعينات ماخوذة من مواقع قرب مدخل البخار في حين وصل زمن الانكسار الى 10 ساعات للعينات الماخوذة من مواقع بعيدة عن مدخل البخار ولنفس قيم الاجهاد. ان الاختلاف في معدلات وزمن الزحف يعود الى الاختلافات في معدلات تاكل هذة المواقع فقد لوحظ انتشار البقع الحارة (Hot Spots) وانواع مختلفة من التنقرات في المواقع القريبة من مدخل البخار.
شكل (7N2) يوضح نتائج اختبار الزحف لمجموعة عينات من النوع (N2). تبين النتائج بصورة عامة طول فترة انكسار هذة العينات مقارنة مع عينات المجموعة السابقة (N1). وكلما قل الاجهاد المسلط كان زمن انكسار العينة اكبر. فعند قيمة اجهاد تساوي MPa 270 وصل زمن الزحف الى 8.25 ساعة . عند زيادة قيم الاجهادات كانت معدلات الانفعال كبيرة وكانت ازمان مراحل الزحف قليلة .
لقد تضمن اختبارات الزحف ايضا عينات تم اختبارها بعد غمرها في محلول ماتسن الحامضي لمدة 24 ساعة لبيان اثر التاكل على منحنيات الزحف. بينت النتائج انخفاض زمن الانكسار وزيادة معدلات الزحف بسبب التاكل عند قيم مختلفة من الاجهادات المسلطة (240 , 255 MPa).
أجريت اختبارات الزحف على مجموعة من العينات المصنعة مختبريا (N3). شكل(7N3) يوضح نتائج هذة الاختبارات. تشير النتائج الى زيادة زمن الانكسار عند قيم من الاجهادات المماثلة لمجموعات االعينات (N1) و(N2) . عند اجهاد 270 MPa معدل الانفعال $2.7 * 10^{-3}$ في حين قل معدل الانفعال الى $O.7 * 10^{-3}$ عند احهاد MPa 255 وقد وصل الفرق في زمن الانكسار الى اكثر من 140ساعة. ويقل معدل الزحف بشكل كبير عند انخفاض قيم الاجهادات بحيث تعذر ايجاد زمن الانكسار عند قيم من الاجهادات الواطئةلعدم حصول الانكسار ولازمان طويلة فعند اجهاد MPa

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

225 وصل إلى زمن 420 ساعة دون حصول الانكسار.

إن السبائك الجديدة (N3) ابدت مقاومة زحف عالية كما ان مرحلة الزحف الثانوي كانت اكبر مما هي غليه لمجموعت العينات (N1, N2). يمكن ان تعزى اسباب هذة المقاومة العالية الى وجود كل من الالمنيوم والزرنيخ معا في التركيب الكيميائي لهذة السبائك حيث تشير الابحاث السابقة[13] إن الزرنيخ يعمل على منع ظاهرة نزع الخارصين ويساعد على تنعيم الحبيبات كما يؤثر على نوع التشققات الناتجة فعند الانفعالات العالية يتحول الانكسار الناتج من تشققات عبر الحبيبات الى تشققات بين الحبيبات (شكل 8) ناشئة من الانزلاق الكبير في الحدود البلورية كما يساعد الزرنيخ على رفع مقاومة التاكسد في درجات الحرارة العالية .

تؤكد هذة النتائج على ضرورة دراسة هذا النوع الجديد من سبائك البراص (N3)لما أبدته من خواص مقاومة تشققات تاكل وخواص مقاومة زحف عاليتين لغرض انتاج هذة السبائك على المستوى الصناعي ومن ثم استخدامها في تصنيع المكثفات والمبادلات الحرارية فقد اضيف هذا البحث صفات جديدة لسبائك البراص تمثلت بزيادة الخواص المذكورة اعلاة باضافة نسب قليلة من الزرنيخ الى التركيب الكيميائي لسبائك البراص.

الاستنتاجات

1- انخفاض زمن انكسار العينات مع زيادة الاجهادات في محاليل ماتسن سواء الحامضية منها اوالقاعدية الا ان زمن حصول الكسر في المحلول القاعدي اكبر مما هو عليه في المحلول الحامضي.

2- عند إجهاد MPa 270 كان الفرق في زمن الانكسار بين العينات المستعملة حاليا في انابيب المكثفات (N1 و عينات لانابيب جديدة لم تستعمل بعد (N2) هو 1.3 ساعة في المحلول الحامضي بينما كان الفرق اكبر في المحلول القاعدي ليصل الى 6.1 ساعة عند نفس القيم من الاجهادات.

3- أبدت السبائك المصنعة مختبريا (N3) مقاومة تاكل عالية جدا وخاصة مقاومة تشققات التاكل الاجهادي لاحتوائها على كل من الزرنيخ والالمنيوم مها . كماان وجود الزرنيخ في السبائك المصنعة محليا اثر بشكل كبير على نوع التشققات الناتجة من تشققات عبر الحدود البلورية الى تشققات بين البلورات.

4-إن الزرنيخ يعمل على منع ظاهرة نزع الخارصين ويساعد على تنعيم الحبيبات كما يؤثر على نوع التشققات الناتجة فعند الانفعالات العالية يتحول الانكسار الناتج من تشققات عبر الحبيبات الى تشققات بين الحبيبات (شكل 8) ناشئة من الانزلاق الكبير في الحدود البلورية كما يساعد الزرنيخ على رفع مقاومة التأكسد في درجات الحرارة العالية .

5- تزداد الخواص الميكانيكية والكيميائية والكهروكيميائية ومقاومة الزحف في السبائك الحاوية على الزرنيخ مقارنة بتلك السبائك الخالية منه والتي تصنع منه حاليا انابيب المكثفات.

References

[1] Freiman L. " Improvement of corrosion resistance of structural materials in aggressive media " , 3 rd Soviet – Japans seminar on corrosion and protection of metals, Oct. 1982, Moscow USSR, Nauka Publisher, 1984, p-148.

[2] Crane Faa & Charles in book (Selection and Use of Engineering Materials) , Butterworth, 1987.

[3] Shreir L. L. in book (Corrosion Control Part 1.), Butterworth, 1976.

[4]Dinnappa R.K. & Mayanna S.M. " The Dezincification of Brass and its Inhibition in Acidic Chloride and Sulphate Solution" Corr.Sci.J. , Vol.27, No. 4, 1987, pp 329-420.

[5] Zembura Z. and Opyrchal M. " Spontaneous Dissolution of Cu-15Zn alloy in Areated or Oxygenated 2M H2SO4" , Corr.Sci., Vol. 22, No.12.,1982,pp 1097-1104

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

[6] Admiral F., Jsseling B., Kolster J. and Vander V. " Influence of Temperture on Corrosion Product Film Formation on CuNi19Fe in Low Temp. Range", Br,Corr.J. Vol. 21, No.1 , 1986,pp 33-43.

[7] Dharmendra T. & Anil K. " Understanding Temperature Change in Process Steam Mixing " , Chemical Engineering Progress J., Sep., 2006, pp33-38.

[8] Becaria A.M. & Poggi G. A. " Behavior of Aluminum Brass IN sea Water at Various Temperatures " , Br. Corrosion J. , Vol. 23, No. 2., 1988, pp 69-136.

[9] Seok Pill Jans & Stephen Chio , " Effect of Various Parameters on Nanofluid Thermal Conductivity " , J. of Heat Transfer, May, 2007, pp 617-623.

[10] Richard W. & Hertzberg G. in book (Deformation and Fracture Mechanics of Engineering Materials) 4 th Edition 1996

[11] د. احمد رشيد محمد الكيلاني " وقاية المعادن من التاكل " مطابع شركة الاديب , عمان , الاردن, 2008.

[12]Satesh Namasivayam " Effect of Vapor on Condensation of Low Pressure Steam on Integral Fin Tubes " J. of Heat Transfer, November, 2007, pp 1486-1493.

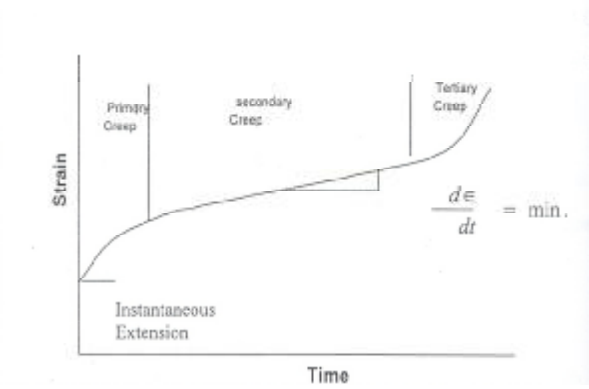
[13] Hector S. & Cambell C. " Arsenic Level in Standards for Brass Heat Exchanger Tubes " , Br. Corrosion J. , Vol. 18, No. 4, 1983, pp 206-208.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

جدول (1) يوضح المكونات الاساسية والخواص الميكانيكية للانابيب المستخدمة في البحث

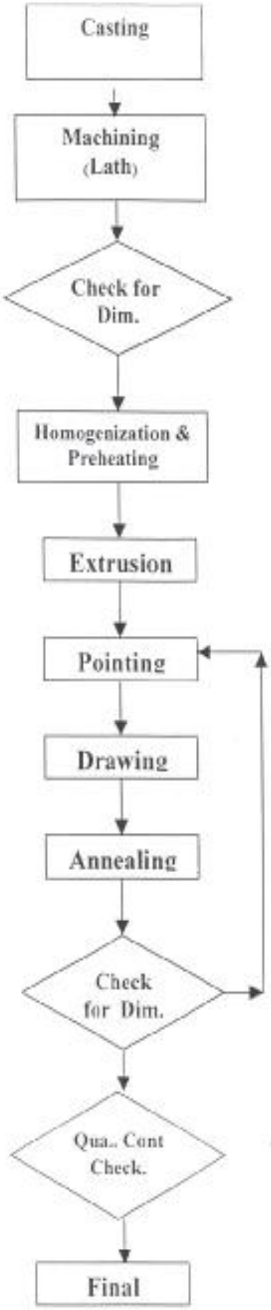
Sample	Cu	Zn	Sn	Ni	Fe	Mn	Al	As	Hv	σ_T (MPa)	σ_Y (MPa)
N 1	73	Rem.	1.2	----	0.06	-----	----	----	85	310	105
N 2	76.9	Rem.	0.001	0.004	0.009	0.001	1.9	0.012	102	340	180
N 3	77	Rem.	-----	0.027	0.019	0.003	1.86	0.037	120	360	230

N1: عينات من انابيب المكثفات مستخدمة في وحدات الطاقة الكهربائية وهي يابانية المنشأ.
N 2: عينات من انابيب مكثفات جديدة مستوردة وهي اسبانية المنشأ.
N 3: عينات من انابيب محضرة بالمختبر.



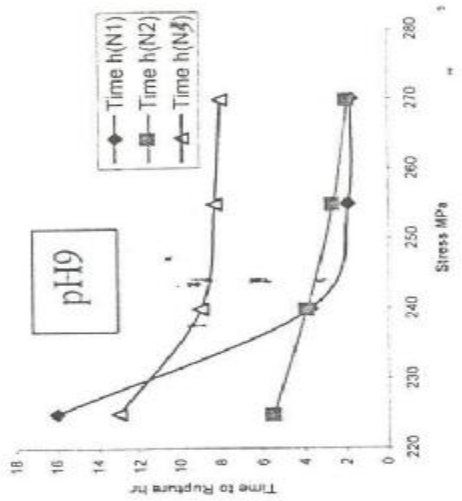
شكل (1) المنحني النموذجي للزحف[2]

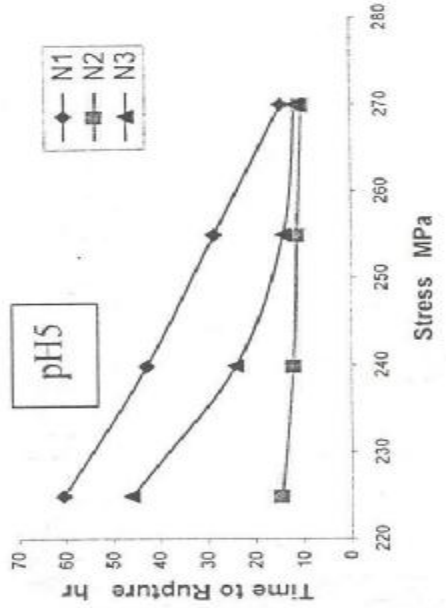
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



شكل رقم (2) المخطط الأنسيابي لأنتاج الأنابيب

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

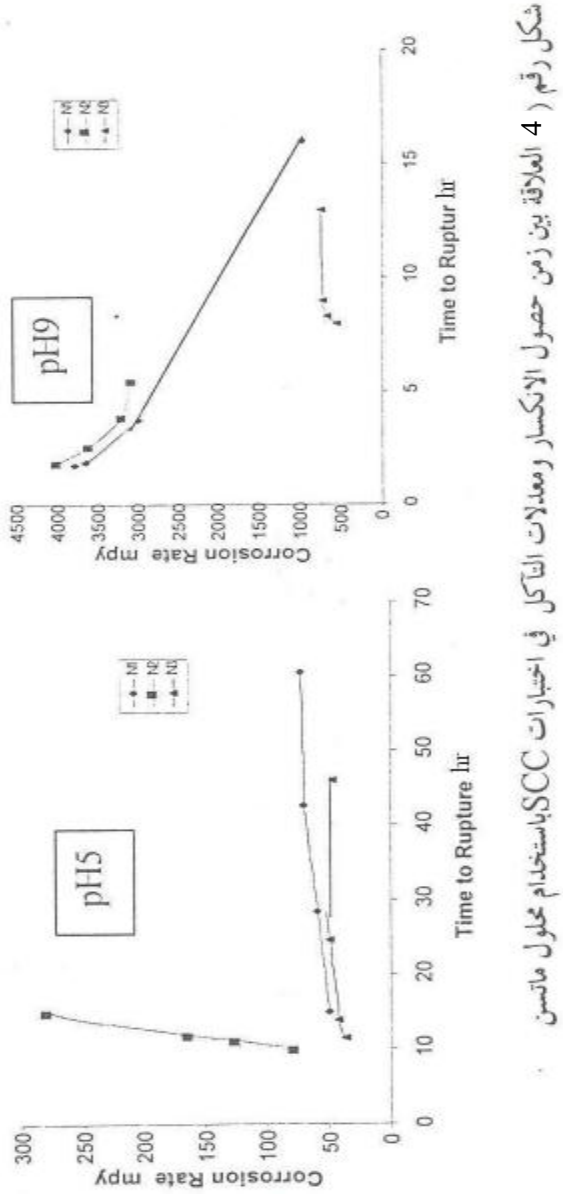




شكل رقم 3 العلاقة بين زمن حصول الانكسار والاجهاد المسلط في اختبارات SCC باستخدام محلول مائتين

N1: عينة مصنعة مختبريا N2: عينة من انابيب مستعملة N3: عينة من انابيب مستعملة

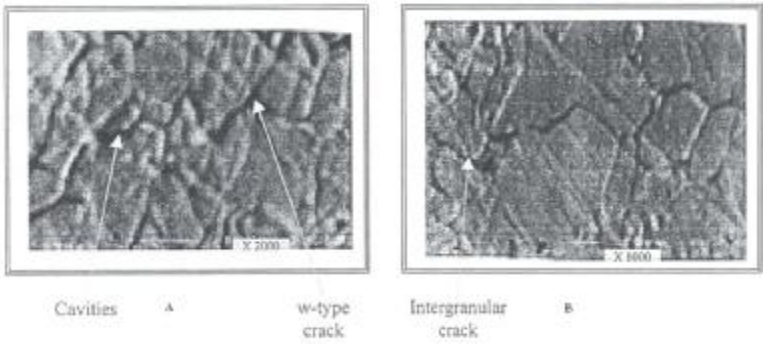
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



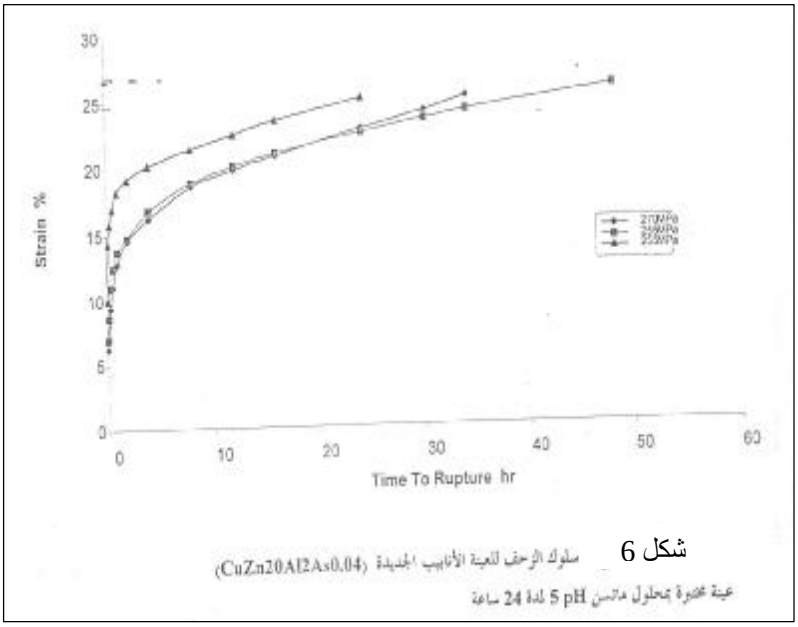
شكل رقم (4 العلاقة بين زمن حصول الانكسار ومعدلات التآكل في اختبارات SCCباستخدام محلول ماتسن

عينة مصنعة محليا :N3 عينة من انابيب هندية :N2 عينة انابيب مستعملة :N1

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

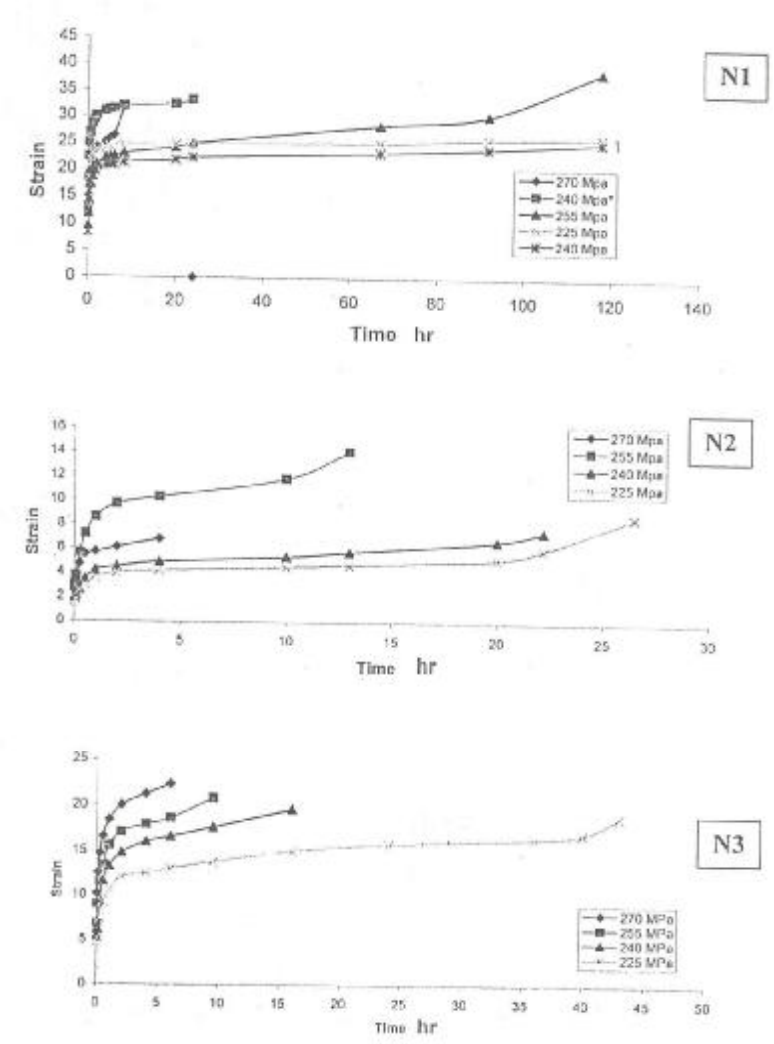


شكل (5) تشابه طبيعة التشققات للعينات المختبرة A - المحاليل القاعدية B- المحاليل الحامضية



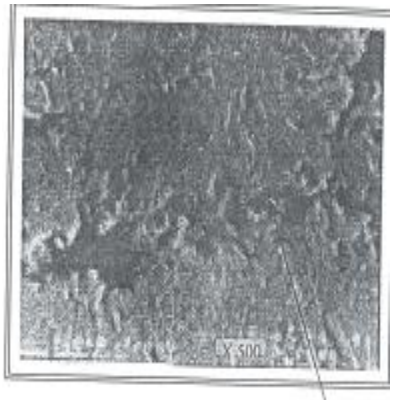
شكل 6 سلوك الزحف للعينة الأنابيب الجديدة (CuZn20Al2As0.04)
عينة مختبرة بمحلول هانكس pH 5 لمدة 24 ساعة

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



شكل 7منحنيات الزحف لعينات الأنابيب المجهزة

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



شكل (8) تحول التشققات عبر الحبيبات [1]
الى تشققات بين الحبيبات [2].

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com