أسباب فشل بشارة ضاغطة ألـ (CO_2) العائدة إلى شركة الأسمدة الجنوبية

سمير خضر ياسين العاني* منير عبد الواحد الكواز*

تاريخ قبول النشر ٢٠٠٥/١١/٩

الخلاصة

تم في هذا البحث دراسة فشل البشارة رقم (١٠) للمرحلة الرابعة لضاغطة ثاني أو كسيد الكاربون الخاصة بالشركة العامة للأسمدة الجنوبية والتي تكررت بها حالات الفشل لاكثر من مرة ولنفس البشارة .

تم أجراء دراسة تفصيلية للبشارة تضمنت سلسلة من الفحوصات للخواص الميكانيكية والتركيبية إضافة إلى الفحوصات المجهرية وفحوصات المجهر الالكتروني الماسح . تبين من هذه الدراسة وجود معالم الفشل بالكلال كذلك بينت هذه الفحوصات وجود شقوق داخلية قديمة في معدن البشارة ناتجة عن عملية التصنيع والتي تلعب دوراً كبيراً في فشل المعدن . أجري فحص مناطق ثقوب البرشام والتي بينت وجود ندب تكون كمناطق تمركز اجهادات والتي تساعد على الفشل .

أشرت فحوصات الصلادة المايكروية وفحوصات الصدمة تشتت كبير في النتائج والتي تعطي مؤشر واضحاً على عدم تجانس المعدن .

أتضح من منحنيات الأداء ان ظروف التشغيل الاعتيادية للبشارة بالرغم من كونها خارج حدود منطقة السرج إلا إنها قريبة منها حيث ان انخفاض الجريان بمقدار ضئيل يؤدي إلى اقتراب حصول حالة السرج وما ينجم عن ذلك من صدمات تساعد على الإسراع في الفشل .

مقدمة نظرية

تعمل ضاغطة غاز ثاني أو كسيد الكاربون موديل 272 B 6/4 على رفع ضغط الغاز ويحصل ذلك في الضاغطة العائدة للشركة العامة للأسمدة نوع الطرد المركزي بصورة تدريجية وعلى التتابع خلال أربعة مراحل لضغط الغاز في المرحلة الأخيرة (التي يحصل فيها فشل البشارة) حيث يرتفع ضغط الغاز إلى ١٦٠ كغم /سم^2 ودرجة حرارة ١٧١م°. تعمل بشارة الضاغطة تحت تأثير زخم غاز ثاني أوكسيد الكاربون وتتعرض أيضاً إلى القوة الطاردة المركزية . يرتفع الضغط جزئياً بسبب القوة الطاردة المركزية في البشارة وبسبب تحول الطاقة الحركية نتيجة الاختزال في مساحة مقطع قناة جريان المائع خلال ريش البشارة . يشترك كل من البشارة والزعانف (الريش) باستيعاب الضغط المتولد والتغير في الحمل .

استناداً إلى منحنيات الأداء شكل ١،٢ التي من خلالها يتم تحديد معولية ومقبولية الأداء على أساس الابتعاد عن مناطق حدوث حالات السرج (Surge) ،تم مطابقة ظروف التشغيل الطبيعية مع منحنيات الأداء ، واتضح ان حالة الأداء بالرغم من اقترابها من منطقة حدوث السرج ، وهذا بحد ذاته يؤشر على احتمال حصول حالة السرج عند انخفاض سرعة جريان المائع واقترابه من ٣٠٠٠٠م٣ /ساعة. تجدر الإشارة ان عدم وجود جداول بيانات التشغيل (log sheet) والخاصة بتشغيل الضاغطة في معمل الأسمدة قبل حدوث فشل البشارة لا يساعد على التيقن من معرقة حصول أم عدم حصول حالة سرج في المنظومة خلال الأداء .

أن حدوث حالة السرج تؤدي إلى صدمة قاسية داخل المنظومة وعلى الأجزاء القريبة كالبشارة ، وهذا بالتالي يؤدي إلي تحميل البشارة بأحمال تفوق القدرة التصميمية . ان فشل بشارة ضاغطة ثاني أو كسيد الكاربون الخاصة بمعمل الأسمدة ليس بالأمر الجديد في العالم حيث يوثق التقرير الفني للماكنة البريطانية عن حصول حالة فشل بشارة ضاغطة مماثلة دون إنذار مسبق[4]. يرد في التقرير ان فشل البشارة اقترن بوجود تشققات عند ثقوب البرشام . حيث كان معدن البشارة من فولاذ السبائكي (نيكل ، كروم ، مولبدينوم) وكانت البشارة مصنوعة بالطرق و لم تشير الفحوصات الواردة في الدراسة أية دلالة للكسر الهش ، وقد اعزي فشل البشارة آنذاك إلى وجود تشققات عند مواقع البراشيم وطيات معدن البشارة والتي اعتبرت مواقع محفزة لبداية شقوق الكلال (١).

* د/ رئيس قسم الحاسبات-كلية التربية للبنات-جامعة بغداد

**/ الجامعة التكنولوجية-قسم هندسة الإنتاج والمعادن

الجزء العملي والنتائج :-

تم استلام مقطع كسر للبشارة الرومانية المنشأ بقياس ١٥ سم٢ تقريبا وكذلك استلام بشارة يابانية المنشأ مكسورة خالية من أثار الكسر .اجريت في البداية تهيئة عينات قياسية تمهيداً لإجراء سلسلة من الفحوصات وبقدر ما يتيحة المعدن المستلم .

-نتائج التحليل الكيميائي:-

أجريت عملية التحليل الكيميائي باستخدام جهاز التحليل الطيفي لنماذج من البشارة الرومانية واليابانية ومعدن البرشام والجداول (١و٢) يبين نتائج التحليل الكيميائي أعلاه والتي بينت اقتراب نسب مكونات النموذج الياباني مع المواصفة القياسية .

-فحص البنية المجهرية:-

أجري فحص البنية المجهرية بأستخدام المجهر الضوئي حيث تم إظهار التركيب المجهري لنموذج البشارة الرومانية واليابانية والشكل -١- يبين صور التركيب المجهري والذي يظهر البنية المارتنسايتية للبشارة اليابانية والرومانية، اختلفت البنية للبشارة الرومانية نسبيا بوجود طور خشن نوعا ما.

-فحص الصلادة المايكروية :-

تم إجراء فحص الصلادة المايكروية لنماذج البشارة اليابانية والرومانية والبرشام وبمعدل ستة قراءات لكل عينة مسندة في قالب والجداول (٣،٤،٥) يبين نتائج الفحص التي أظهرت تقاربا واضحا مع المواصفة القياسية المستلمة كذلك تم إجراء عملية فحص الصلادة المايكروية على البشارة اليابانية والشكل (٢) يبين صورة النموذج مع نتائج توزيع الصلادة حيث تتراوح قيم الصلادة ما بين 232HV -330HV صلادة فيكرية.

-تصوير نموذج البشارة ومواقع البرشام :-

تم تصوير نموذج البشارة اليابانية المنشأ لتحديد موقع تقريبي للقطعة المكسورة العائدة للبشارة الرومانية كما هو مبين في الشكل (٣-أ) كما تم هيكلة قطع الكسر للنموذج الروماني على مخطط الكسر الشكل(٣-ب) لتحديد مواقع البرشام لدراسة احتمالية اقتران هذه المواقع ببداية الفشل حيث تم دراسة المنطقة المحيطة بالبرشام وتبين وجود ندب حول الثقب والتي تكون كمناطق ممركزة للاجهادات التي قد تسبب الفشل.

-فحص الشد :-

اجري فحص الشد لنموذج البشارة اليابانية فقط لعدم كفاية النموذج الروماني المستلم لتهيئة عينة قياسية وتم الحصول على منحني حمل-استطالة والذي بموجبه تم حساب مقاومة الشد ونسبة الاستطالة وكما مبينة نتائجها في الجدول -٦-.

-فحص الصدمة :-

تم إجراء فحص الصدمة للعينات المهيئة لهذا الغرض بدرجة حرارة (10^0c) ودرجة حرارة (30^0c) والجدول -٧-يبين نتائج الفحص .

-فحص الكلال:-

تم إجراء فحص الكلال لمجموعة من العينات القياسية المعدة لهذا الغرض وعند فحص مقطع الكسر للعينات تبين بوضوح وجود شقوق قديمة في المعدن شغلت حوالي ٨٠% من مقطع الكسر والشكل -٤- يبين صورة فوتوغرافية لمقطع الكسر للعينة والجدول -٨- يبين نتائج فحص الكلال .

-المعاملة الحرارية :-

للتحقق من المواصفات للمعدن المستلم مقارنة مع المواصفة القياسية المستلمة للنموذج الياباني فقد اجريت المعاملة الحرارية ثم اجري فحص الصلادة للنموذج بعد المعاملة وكما هو مبين تفاصيلها في الجدول -٩-.

-نتائج دراسة سطح الكسر :-

تم فحص العينات المهيئة لدارسة سطح الكسر لنموذج البشارة الرومانية المنشأ باستخدام المجهر الماسح الالكتروني نوع Cambridge حيث تم تصوير مواقع مختلفة على الكسر لدارسة معالمه المتبقية والتي بينت وجود آثار الفشل بالكلال .والشكل -٥- يمثل صور المجهر الماسح الالكتروني .

المناقشة :-

تشير نتائج التحليل الكيميائي جدول رقم (١،٢) للبشارتين اليابانية والرومانية، الى مطابقة النسب الواردة في التحليل مع قائمة المواصفات الفنية حيث كان التطابق واضحا" لبعض العناصر في نموذج البشارة اليابانية إلا ان التحليل ابرز وجود عنصر المولبيدينوم بنسبة 0.18 % والنيكل بنسبة 0.14 %اما التحليل الكيميائي الذي يخص نموذج البشارة الرومانية المنشأ جدول رقم (٢) فقد كان مقاربا" لما ورد بخصوص البشارة اليابانية أعلاه عدا الاختلاف في نسبة الكاربون حيث كانت 0.228 % مقارنة بـ0.1205 % للبشارة اليابانية ، ولعدم توفر قائمة المعلومات الفنية الخاصة بالبشارة الرومانية تعذر مطابقة نتائج التحليل الكيميائي مع مواصفة البشارة .

بينت فحوصات الشد ارتفاع قيم إجهاد الخضوع وإجهاد الشد الأقصى بمقدار 10 % لمعدن البشارة اليابانية عما ورد في المواصفة. اتضح من فحوصات الصلادة المايكرويه لنموذج البشارة اليابانية والرومانية والبرشام ان الصلادة

المايكرويه لنموذج البشارة اليابانية 257HB وهو مقارب لما ورد في المواصفة ، في حين تعذر أيضا" مطابقة الصلادة المايكرويه لنموذج البشارة الرومانية لعدم توفر مواصفاتها إلا أن قيم الصلادة للبشارة الرومانية كانت نسبيا" أعلى من الصلادة المايكروية للبشارة اليابانية ، في حين كانت صلادة البرشام منخفضة نسبيا" .

ان انخفاض صلادة البرشام بمقدار 6.2% تعتبر عامل يؤشر على انخفاض المقاومة الميكانيكية للبرشام مقارنة بمعدن الشارة . كما بينت فحوصات الصلادة المايكروية لثلاث قطاعات من البشارة شكل رقم (٢) تباين في قيم الصلادة المايكروية اعتمادا" على الموقع حيث أشرت الفحوصات إلى اعلى قيمة قدرها 330HV وكانت ادنى قيمة هي 232HVان هذا التباين يؤشر على عدم تجانس معدن البشارة [5].

بينت فحوصات البينة المجهرية تشابه كبير بين البينة المجهرية لنموذج البشارة اليابانية والرومانية حيث لوحظ وجود طور المارتنسايت والبينايت لكلاهما إلا ان بنية البشارة الرومانية كانت نسبيا مختلفة بوجود طور خشن نوعا ما، من جهة أخري اتضح من العينات المعاملة حراريا بموجب جدول المواصفة للبشارة اليابانية تطابق البينة المجهرية مع ما ورد في جدول المواصفة إلا ان الصلادة بعد المعاملة الحرارية (238HV)كانت نسبيا اقل من الصلادة التي وردت في جدول المواصفة .

بينت نتائج فحص الصدمة تشتت كبير في القيم للفحوصات في درجة حرارة الغرفة ودرجة (10^0c) ان مقاومة الصدمة للفولاذ من خلال القيمة ٦٠,٦ جول تعتبر مقاربة لما ورد بخصوص الفولاذ المقاوم للصدا نوع 410 إلا ان القيم المتدنية ١,٨٢ و٢٦,٩٧ جول تؤشر هشاشية عالية في مواقع اخرى من البشارة كما يلاحظ من مقطع الكسر بوضوح معالم الهشاشية في سطح الكسر لعينة فحص الصدمة .

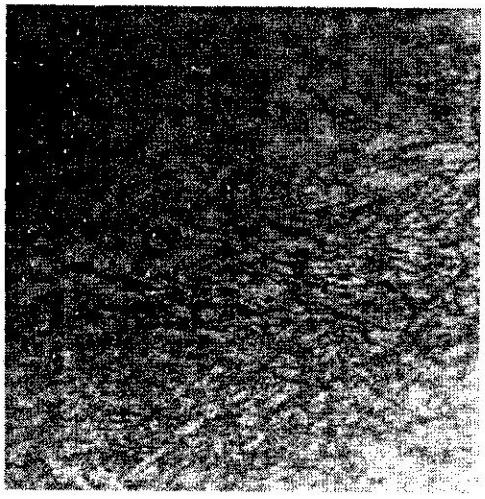
اتضح من نتائج فحص الكلال اقتراب مقاومة التحمل من القيمة المشتقة من مقارنة الخضوع وبينت سطوح كسر الكلال وجود شقوق قديمة تشغل ما بين 80-20% من مساحة مقطع الكسر ان وجود هذه الشقوق يعتبر عامل رئيسي في خفض مقاومة الكلال ، وبما ان عينات الكلال المفحوصة مقطعة من جسم البشارة في مواقع قريبة من مناطق الفشل الفعلي للبشارة فانه يمكن اعتبار هذه الشقوق سببا"رئيسا" في فشل البشارة إضافة إلى ما ذكر عن الدور الذي تلعبه ثقوب البرشام خصوصا" المقترنة منها بالندب والشقوق التي أظهرها الفحص العياني لمناطق البرشام على سطح البشارة .

من خلال دراسة سطح الكسر لعينة البشارة الرومانية تم تحديد بعض المناطق على سطح الكسر والتي اتصفت بمعالم الفشل بالكلال شكل رقم (٥) ان الموقع التقريبي للقطعة المكسورة (من البشارة الرومانية) نسبة إلى هيكل البشارة اليابانية شكل (٣-أ) يؤشر إلى احتمال حصول بداية الفشل في واحد أو اكثر من مواقع البرشام حيث يتولد عند هذه الثقوب تركيز عالي للاجهادات إضافة لذلك فعند فحص سطوح الكسر لعينات الكلال اتضح وجود شقوق قديمة تشغل مساحات كبيرة من مقطع الكسر شكل رقم (٥). لم تظهر سطوح الكسر في مناطق الشقوق القديمة معالم الفشل بالكلال مقارنة بالمناطق المحيطة شكل رقم (٤) وهذا دليل آخر على وجودها في معدن البشارة قبل ان يأخذ المعدن شكل البشارة [6].

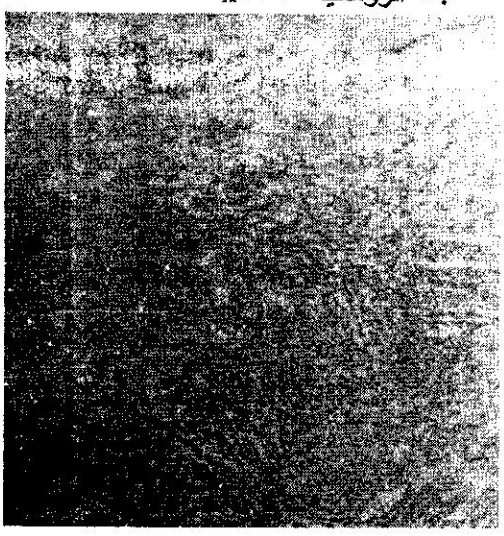
شكل -١-

البنية المجهرية لنموذج البشارة

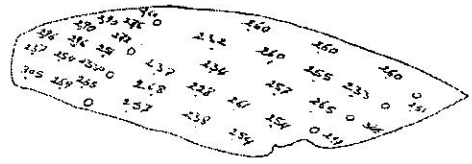
أ- اليابانية x٥٠٠

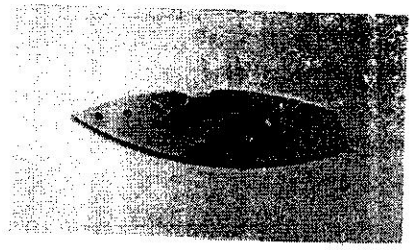


ب- الرومانية x٥٠٠

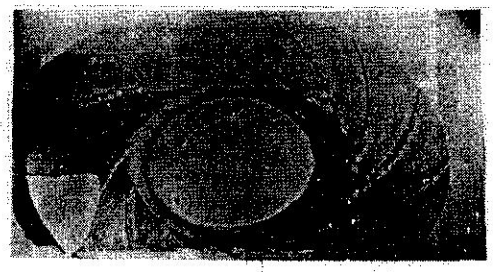


شكل –٢–
صورة لنموذج البشارة اليابانية مع توزيع الصلادة على السطوح





شكل –٣–



–أ– صورة فوتوغرافية للبشارة اليابانية المنشأ موضح عليها موقع مقطع تقريبي للبشارة الرومانية المنشأ

–ب– صورة لشكلة قطع الكسر للنموذج الروماني

شكل –٤–
صورة فوتوغرافية لمقطع كسر عينة الكلال رقم (١)

شكل –٥–
طوبوغرافية سطح الكسر توضح بعض معالم الفشل بالكلال

جدول -١-

نتائج التحليل الكيميائي لعينة نموذج البشارة اليابانية المنشأ

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu	V	Fe
0.1205	0.930	0.841	0.054	0.027	>12	0.1793	0.1388	0.072	0.03	Rem

جدول -٢-

نتائج التحليل الكيميائي لعينة نموذج البشارة الرومانية المنشأ

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu	V	Fe
0.228	0.805	0.441	0.036	0.0208	>11	0.1675	0.1264	0.139	0.070	Rem

جدول -٣-

نتائج فحص الصلادة لعينة نموذج البشارة اليابانية المنشأ

الحمل المستخدم : 1.96 N

$$HV = \frac{1.854 \times 0.2\ KG}{d^2(mm)^2}$$

رقم القراءة	قطر الأثر µm	قراءات فيكرز للصلادة HV
١	٣٧	٢٧٠,٨
٢	٣٧	٢٧٠,٨
٣	٣٧	٢٧٠,٨
٤	٣٧	٢٧٠,٨
٥	٣٧	٢٧٠,٨
٦	٣٧	٢٧٠,٨

معدل قراءة فيكرز = ٢٧٠,٨

معدل قراءة برنيل = ٢٥٧

جدول -٤-

نتائج فحص الصلادة لعينة نموذج البشارة الرومانية المنشأ

الحمل المستخدم : 1.96 N

$$HV = \frac{1.854 \times 0.2\ KG}{d^2(mm)^2}$$

رقم القراءة	قطر الأثر µm	قراءات فيكرز للصلادة HV
١	٣٦,٧٥	٢٧٤,٥
٢	٣٦	٢٨٦
٣	٣٦	٢٨٦
٤	٣٦	٢٨٦
٥	٣٦	٢٨٦
٦	٣٧	٢٧٠,٨

معدل قراءة فيكرز = 281.55

معدل قراءة برنيل = ٢٦٦

جدول -١-

نتائج التحليل الكيميالي لعينة نموذج البشارة اليابانية المنشأ

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu	V	Fe
0.1205	0.930	0.841	0.054	0.027	>12	0.1793	0.1388	0.072	0.03	Rem

جدول -٢-

نتائج التحليل الكيميائي لعينة نموذج البشارة الرومانية المنشأ

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu	V	Fe
0.228	0.805	0.441	0.036	0.0208	>11	0.1675	0.1264	0.139	0.070	Rem

جدول -٣-

نتائج فحص الصلادة لعينة نموذج البشارة اليابانية المنشأ

الحمل المستخدم : 1.96 N

$$HV = \frac{1.854 \times 0.2\ KG}{d^2(mm)^2}$$

رقم القراءة	قطر الأثر µm	قراءات فيكرز للصلادة HV
١	٣٧	٢٧٠,٨
٢	٣٧	٢٧٠,٨
٣	٣٧	٢٧٠,٨
٤	٣٧	٢٧٠,٨
٥	٣٧	٢٧٠,٨
٦	٣٧	٢٧٠,٨

معدل قراءة فيكرز = ٢٧٠,٨

معدل قراءة برنيل = ٢٥٧

جدول -٤-

نتائج فحص الصلادة لعينة نموذج البشارة الرومانية المنشأ

الحمل المستخدم : 1.96 N

$$HV = \frac{1.854 \times 0.2\ KG}{d^2(mm)^2}$$

رقم القراءة	قطر الأثر µm	قراءات فيكرز للصلادة HV
١	٣٦,٧٥	٢٧٤,٥
٢	٣٦	٢٨٦
٣	٣٦	٢٨٦
٤	٣٦	٢٨٦
٥	٣٦	٢٨٦
٦	٣٧	٢٧٠,٨

معدل قراءة فيكرز = 281.55

معدل قراءة برنيل = ٢٦٦

جدول –٥–
نتائج فحص الصلادة للبرشام

الحمل المستخدم : 1.96 N

$$HV = \frac{1.854 \times 0.2\ KG}{d^2(mm)^2}$$

قراءات فيكرز للصلادة HV	قطر الاثر µm	رقم القراءة
٢٦٣,٦	٣٧,٥	١
٢٥٣,٤٥	٣٨,٢٥	٢
٢٥٣,٤٥	٣٨,٢٥	٣
٢٥٣,٤٥	٣٨,٢٥	٤
٢٥٦,٧	٣٨	٥
٢٥٦,٧	٣٨	٦

معدل قراءة فيكرز = ٢٥٦,٢٢٥
معدل قراءة برنيل = ٢٤٢

جدول –٦–
نتائج فحص الشد للنموذج الياباني

النموذج	أبعاد النموذج mm	مساحة المقطع mm^2	قوة الشد عند نقطة الخضوع KN	إجهاد الخضوع أو N/mm^2 % ٠,٢	اعظم قوة شد KN	مقاومة الشد N/mm^2	التغيير في الطول mm	الاستطالة %
ياباني	١٠ x 1.9	19 mm	12.95	681.48	15.20	800	5	16.6
ياباني	10.4 x 1.8	18.72	12.18	650.64	14.14	755.34	5	16.6

جدول –٧–
نتائج فحص الصدمة

Specimen	Test temp C^o	Energy Abasorbed (joule)	Impact Strength $Joule/cm^2$	Corrected value Of energy Abasorbed (joule)
1	30	0.3	2.27	1.82
2	30	10	75.75	60.6
3	10	44.5	33.71	26.97
4	10	9.25	70.1	65.1

جدول–٨–
نتائج فحص الكلال

Specimen No.	Bending Stress N/mm^2	Moment Resistance Cm^3	Bending Moment N.m	NO.Cycle	Notes
1	350	0.03738	13.08	1041300	ظهر مقطع كسر تكلل وجود شقوق قديمة شغلت 80% من مساحة مقطع الكسر للعينتين ٢،١ بينما شغلت ما يقارب 20%من مساحة مقطع الكسر للعينة رقم ٣ .
2	350	0.02185	7.6475	79800	
3	350	0.0187717	6.57	528400	

جدول -٩-

المعاملة الحرارية لعينات البشارة اليابانية المنشأ وقيم الصلادة بعد المعاملة الحرارية

For Sample No.1 :- Heat to 1010 c° for ½ hr then Oil Quench. The hardness no :- 463 HV 437HB Temper at 621°C For 1/2hr then Air Cool. The hardness no :- 335 HV 319 HB	For Sample No.2 :- Heat to980 c° for ½ hr then Oil Quench. The hardness no :- 460 HV 437HB Temper at 650 °C For 1/2hr then Air Cool. The hardness no :- 294.6 HV 260 HB
For Sample No.3 :- Heat to 980 c° for ½ hr then Air cool . The hardness no :- 475 HV 453 HB The hardness Temper at 650 c° for ½ hr then Air cool . no :- 293.5 HV 278 HB	For Sample No.4 :- Heat to 980 c° for ½ hr then Oil Quench. The hardness no :- 368 HV 350HB Temper at 690 °C For 1/2hr then Air Cool. The hardness no :- 251 HV 238 HB

المصادر:

1- F. Wittle, "Gas Turbine Aerothermodynamics ", Pergamon Press, 1981.
2- H. Sindey, "Introduction to Physical Metallurgy ",Mcgrawhill Company , 1974 .
3-"Disruption of Centrifugal Compressor", British Engine Technical Report, vol. X, page (22-29), 1971.

The Causes for the Failure of the Propeller of the CO_2 Compressor belonging to the Southern Company for Fertilizers

S.K. Yaseen AL-Ani** * M.A. AL-Quass**

*Dr. Baghdad university, College of education for women, Computer Science epartment.
** Dr.University Of Technology, production and metals engineering department

Synopsis:

In this study, we investigated the causes for the failure of the propeller no.10 of the 4-th stage of the carbondioxide compressor belonging to the southern company for fertilizers, which had failures many times.

A detailed study of the propeller was carried out which consisted of a series of investigations including mechanical and structural properties, as well as microscopic and scanning electron microscope tests.

It was observed from this study failure symptoms due to fatigue besides the existence of old internal cracks in the metal of the propeller which originated from the manufacturing process that played a great rool in the metal's failure.

An investigation of the holes region of the rivet, showed nodes which act as sources of stress concentration which then enhanced the failure process.

Microhardness and impact tests showed a large scatter in the results, which was attributed to metal's nonuniformity.

The characteristic curves indicated clearly that although the ordinary operating conditions of the propeller were outside the surge region but they were close enough to this region that a slight decrease in flow leaded to a close approach to the surge condition which resulted in accelerating the failure process.