مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (32) العدد (4) 2010
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (32) No. (4) 2010

رفع وثوقية القطع التبديلية لمعدات درفلة الحديد
"دراسة تطبيقية على المانعة اللابيرانتية في الشركة العربية لدرفلة الحديد"

الدكتور سمير نمر كفا*
أيمن جابر **

(تاريخ الإيداع 18 / 6 / 2009. قُبِل للنشر في 2/ 8 / 2010)

□ ملخّص □

تعاني مصانع درفلة الحديد مشكلات عديدة ومتنوعة في تشغيل معدات الدرفلة، نظراً للطبيعة القاسية التي تعمل فيها هذه المعدات من جهة، والمعدل الزمني لعمل هذه الآلات سنوياً من جهة أخرى.

من الضروري مراقبة وتحليل أداء القطع التبديلية. الخاصة بالآت الدرفلة؛ لما له من انعكاس كبير على أداء المصنع، وتحسين جودة المنتج، وتخفيف كلف الإنتاج.

حتى نتمكن من فهم وتحليل أداء القطع التبديلية لابد من دراسة الأسس التصميمية والتصنيعية لهذه القطع، وطرائق فكها وتركيبها، وصيانتها، ومراقبة أدائها، بعدها يمكن الدخول في وضع أسس تحسين ورفع أداء هذه القطع من خلال اقتراح التعديلات والتحسينات المطلوبة عليها، ومحاولة تصنيعها محلياً، لتخفيف أعباء كلفها من ناحية، وتطوير الصناعة المحلية من ناحية أخرى، والذي يتطلب دراسات تحليلية دقيقة ودراسات ميدانية مدعمه بأحدث التجهيزات اللازمة لإتمام البحث، ورفع موثوقية القطع التبديلية المستخدمة في معدات درفلة الحديد في الشركة العربية لدرفلة الحديد "آسكو"، وتحسين أدائها، وزيادة عمرها الاستثماري، وبالتالي رفع إنتاجية المصنع، وتخفيض كلفة الصيانة فيه.

تركزت الدراسة على قطع التبديل المتحركة (المانعة اللابيرانتية) في المرحلة التمهيدية للدرفلة.

الكلمات المفتاحية: مانعة لابيرانتية – درفلة – صيانة.

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

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (32) العدد (4) 2010
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (32) No. (4) 2010

Raising the Reliability of Spare Parts of the Metalworking (Rolling) Tools Application Research on Labyrinth Seal in Arabian Steel Company (ASCO)

Dr. Samir Nmr Kafa*
Aiman Jaber**

(Received 18 / 6 / 2009. Accepted 2 / 8 / 2010)

□ ABSTRACT □

Many rolling mills have a lot of problems in running of rolling machines because of hard conditions and the fast consuming of this machines.

It is necessary to watch and analyze the performance of spare parts of the rolling machines to raise the quality and decrease the cost of products.

To be able to understand and analyze the performance of spare parts we must study designing and manufacturing structure for relevant spare parts and the ways of assembling disassembling and making right maintenance and watching the performance, and then we can start putting a new structure to improve and raise the performance of these spare parts through suggesting few modifications and manufacturing it locally to reduce the cost from side and to improve the local industry from the other side. This requires specifications and accurate studies with best elements and tools all these is to raise the reliability of spare parts which used in rolling steel machines in Arabian Steel Company (ASCO) and improve its performance to increase its investment age and then raise the productivity of rolling mill and decrease the cost of production and maintenance on it.

The research has concentrate on Labyrinth seal in roughing area.

Key words: Labyrinth seal – rolling- maintenance.

* **Professor, Department of Design and production, Faculty of Mechanical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**
** **Postgraduate student, Department of Design and production, Faculty of Mechanical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**

مقدّمة:

يتركز موضوع البحث حول إيجاد مفهوم متكامل للصيانة، ترسم من خلاله العلاقة ما بين عمل الصيانة Maintenance functions و أداء العمل الكلي Overall business performance في المنشاة بشكل اقتصادي Cost effective، أي بيان أثر الصيانة في تحسين مواصفات العملية التصنيعية للمنشاة، وفي قدرتها التنافسية.

أهمية البحث وأهدافه:

رفع وثوقية قطع التبديل المستخدمة في معدات درفلة الحديد في الشركة العربية لدرفلة الحديد " آسكو " وتحسين أدائها، وزيادة عمرها الاستثماري، وبالتالي رفع إنتاجية المصنع وتخفيض كلفة الصيانة فيه.

طرائق البحث ومواده:

يعرض البحث منهجية عمل جديدة لإعادة هندسة الأعمال في المعمل، و ذلك من خلال إدخال تطبيق مفهوم الصيانة النوعية الوقائية الاستباقية، وباستخدام قطع تبديلية ذات وثوقية عالية.

هذه المنهجية الجديدة والمتطورة راعت علمياً، وأخذت بمنظورها، حال واقع المعمل و طبيعة الثقافة السائدة فيه، إضافة إلى الظروف المختلفة المحيطة به، فكانت محاولة علمية متواضعة لتحسين المردود، وتعزيز القدرة التنافسية لمنتجات المعمل في السوق، و أملاً أن يكون ذلك نموذجا للتطبيق في منشآت صناعية أخرى، على الرغم من المصاعب والعقبات العديدة التي اعترضتها في أثناء التطبيق .

لقد أظهرت نتائج البحث من خلال الدراسة العملية في الشركة العربية لدرفلة الحديد " آسكو " أهمية وحيوية هذا الموضوع، وأثبتت أن الصيانة والصيانة الوقائية هي مسالة اقتصادية أكثر منها فنية، وأن منهجية الصيانة الجديدة المقترحة هي مصدر للربح واسترداد الخسائر، وليس، كما يعتقد بعضهم أن الصيانة التقليدية شر لابد منه.

النتائج والمناقشة:

1- المانعة اللابيرنتية (Labyrinth Seal):

نتيجة لظروف التشغيل القاسية في معامل درفلة الحديد لابد من اختيار أدوات إنتاج تتناسب مع هذه الظروف (مياه صناعية تحوي مواد كيماوية – أكاسيد الحديد – الكربون – الحرارة العالية...إلخ)[1].

في موضوع هذا البحث تم اختيار المانعة اللابيرانتية التي تقوم بحماية المحاور والمسننات و الزيت من الماء والشوائب الموجودة فيه، وتتألف من الأجزاء التالية:

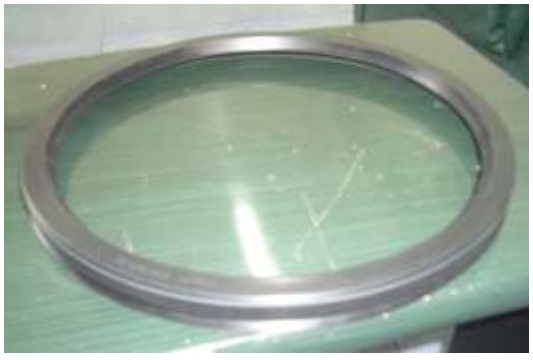
1- لابيرانت، وهو مؤلف من قطعتين متداخلتين لا يمكن فكهما، ويكون بينهما فراغ يمر عبره الهواء المضغوط، ويخرج من ثقوب جانبية لمنع دخول الماء والشوائب في أثناء دوران المحاور، وهي مبينة في الشكل (1).

الشكل (1) يبين قطعتي الليبرنت

2- رقبة المحور، وتتوضع على المحور بشكل ثابت، وتدور معه، وهي مقابلة للابيرانت، وهي موضحة في الشكل (2).

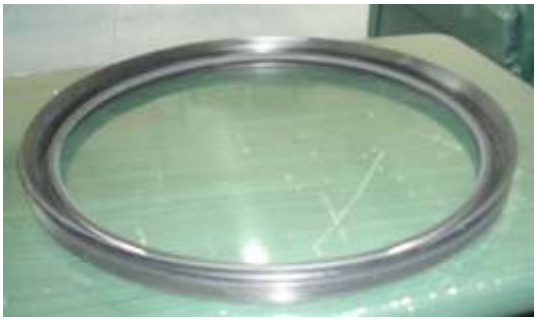
الشكل (2) يبين رقبة المحور

3-مانعة الزيت، وتتوضع بين رقبة المحور واللابيرانت من الأسفل، وهي مبينة في الشكل(3).



الشكل (3) يبين مانعة الزيت

4-مانعة الماء، وتتوضع بين رقبة المحور واللابيرانت من الأعلى، وهي مبينة في الشكل(4).

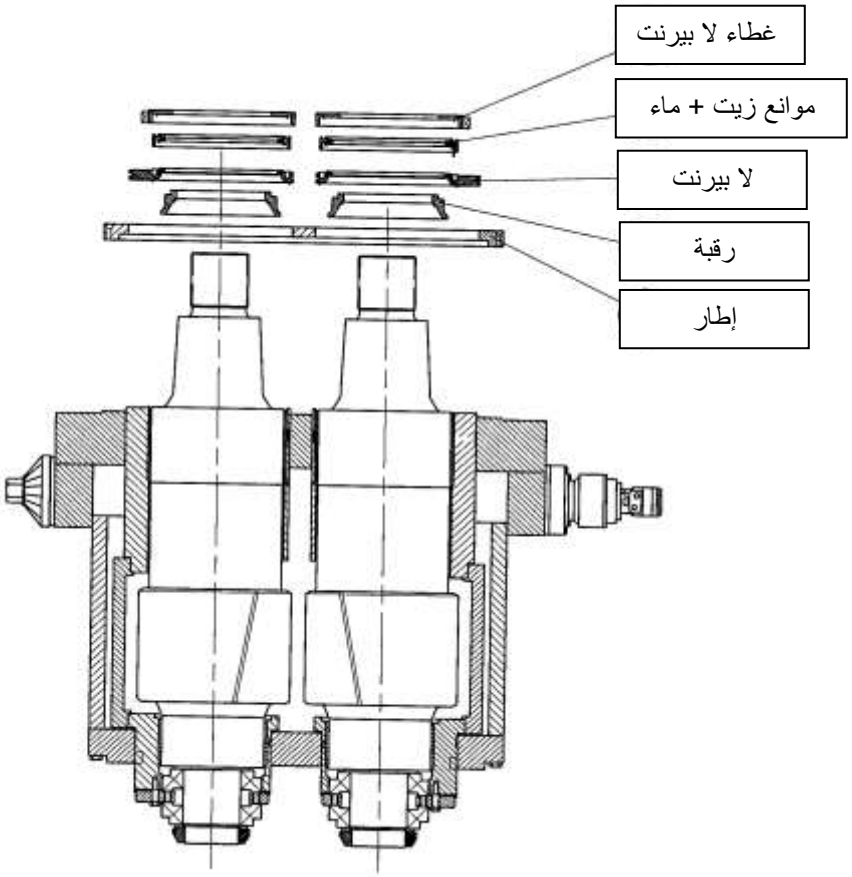


الشكل (4) ويبين مانعة الماء

5-غطاء اللابيرانت، يتوضع فوق اللابيرانت، و يكون ثابتاً على رقبة المحور، و يدور معها، وهو مبين في الشكل (5).

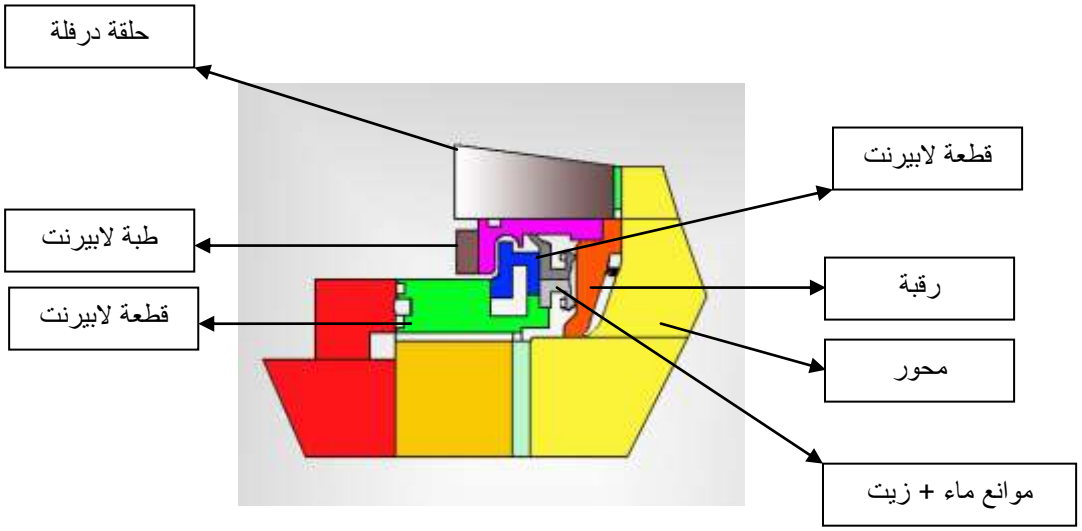
الشكل (5) يبين غطاء اللابيرنت

تعتمد آلية عمل هذه المانعة على التداخل بين الأجزاء المكونة لها؛ إذ يتم تركيب اللابرينت أولاً، ويكون ملاصقاً ومثبتاً على الجلبة الثابتة التي تحضن المحور بوساطة براغٍ مسدسة غاطسة، لكي لا تعيق تركيب بقية الأجزاء وحركة حلقة الدرفلة، ثم يتم تركيب رقبة المحور عن طريق تحمية الرقبة إلى 120 درجة مئوية، ليتم تثبيتها على المحور المتحرك بطريقة التداخل الحراري لتكون مثبتة عليه بشكل قوي، بعدها تركب مانعة الزيت بين اللابيرانت والرقبة بطريقة الحشر، ثم يتم وضع مانعة الماء فوق مانعة الزيت بين اللابيرانت والرقبة بطريقة الحشر أيضاً، ثم يركب غطاء اللابيرانت على رقبة المحور عن طريق تحمية الغطاء إلى 120 درجة مئوية، ليتم تثبيته على الرقبة بطريقة التداخل الحراري، ليكون مثبتاً عليه بشكل قوي، ويستطيع أن يدور معه فوق اللابيرانت لحمايته، وأخيراً يركب كاشط على الغطاء لإزاحة الخبث عن اللابيرانت في أثناء العمل، ويتم الآن تركيب حلقة الدرفلة فوق غطاء اللابيرانت، ويكون ملاصقاً له و مثبتاً على مخروط (كونيك) المحور، والشكل (6) يوضح تسلسل التركيب[1].



الشكل (6) يبين تسلسل تركيب المانعة اللابيرنتية

التداخل بين القطع بعد التركيب مبيناً في الشكل (7).



الشكل (7) يبين تداخل قطع المانعة اللابيرنتية بعد التركيب

وأكثر العوامل التي تؤثر في أداء المانعة اللابيرانتية هو الخبث (السكيل) الموجود في المياه الصناعية، حيث تقوم بعملية حت و تآكل بين مانعة الماء المطاطية و غطاء اللابيرانت و المانعة و رقبة المحور، إضافة إلى القشر الناتج من عملية الدرفلة الذي ينحشر أحياناً بين غطاء اللابيرانت و اللابيرانت في أثناء العمل، مما يساعد المياه الصناعية على الدخول إلى ماكينة الدرفلة (الستاند). في الشكل (8) نشاهد اثر الحت والتآكل واضحاً في اللابيرانت.

الشكل (8) يبين أثر الحت والتآكل في اللابيرنت

لذلك تمت تغطية الاجزاء التي تتعرض للحركة والاحتكاك مع الموانع (الزيت و الماء) بطبقة من السيراميك لحمايتها.

و تكون هذه الطبقة السيراميكية متوضعه كما في الشكل (9).

الشكل (9) يبين توضع الطبقة السيراميكية

للسيراميك عدة مساوئ أهمها:

1- عند حدوث أي نقر في الطبقة السيراميكية تصبح ضعيفة جداً، وتتكسر، مما يؤدي إلى نتائج سيئة جداً على المانعة اللابيرانتية، من حيث آلية عملها، والوظيفة المطلوبة منها.

2- عند عملية فك و تركيب رقبة المحور و غطاء اللابيرانت نضطر إلى تسخين القطع حتى 120 درجة مئوية من أجل تأمين التداخل الجيد بين القطع، وهنا، في حال حدوث أي خطأ عند التركيب و الفك من ناحية التبريد، يحدث تقصف في الطبقة السيراميكية؛ لذلك لا تتحمل الصدم الحراري.

3- عدم استخدام أدوات الفك و التركيب المعتمدة من قبل المصنّع ستؤدي إلى إعطاب الطبقة السيراميكية.

4- تكاليف تصنيع الطبقة السيراميكية عالية جداً.

5- عدم توافر تقانات تلبيس و تجليخ السيراميك.

في النماذج الموضحة في الشكل (10) يمكن مشاهدة أضرار الطبقة السيراميكية.

الشكل (10) يبين أضرار الطبقة السيراميكية

لذلك، وللأسباب الآنفة الذكر كان لابد من البحث عن البديل لهذه الطبقة السيراميكية.

بعد الدراسة والبحث في خلائط المعادن وجدنا أن أكثر الخلائط ملاءمةً هي خلائط الألمنيوم؛ لذلك تم اختيار خليط من المجموعة السادسة (6061) الذي يتكون من السيلكون والمغنزيوم وبنسب محددة لينتج مغنزيوم سيليساید، وهكذا يصبح قابلاً للمعالجة الحرارية[2].

الخليط الأساس لهذه المجموعة 6061 واحد من أكثر الخلائط التي تقبل أنواعاً متعددة من المعالجة الحرارية، وهو ليس أقوى من الخلائط الموجودة في المجموعة الثانية، والمجموعة السابعة، ولكن خليط المغنزيوم سيلكون أو المغنيزيوم سيليساید يملك خواص عالية لمقاومة التآكل و شداً متوسطاً، ويوضح الجدول (1) تركيب هذا الخليط[3].

الجدول (1) تركيبة الخليط 6061

Zr	Ti	Zn	Cr	Mg	Mn	Cu	Fe	Si	الدولي	التسمية
0	0.15	0.25	0.35	1.2	0.15	0.40	0.7	0.8	6061	Al Mg1Sicu

تصنف الخلائط في هذه المجموعة القابلة للمعالجة الحرارية بالدرجة T4 (المعالجة الحرارية المحلولية ولكن غير المصلدة اصطناعياً) و تصل إلى الدرجة T6 بالتصليد الاصطناعي.

وبعد أن تم تشكيله و خراطته وفق المخططات التصنيعية (رقبة المحور و غطاء اللابيرانت) أجريت عملية المعالجة الحرارية التي تُعدّ أهم العمليات المطبقة على المواد الصلبة لتغيير البنية المجهرية، أو الخواص الفيزيائية، كما في الشكل (11).

الشكل (11) يبين رقبة المحور وغطاء اللابيرنت

يمكن تلخيص الأهداف الأساسية لعملية المعالجة الحرارية بما يلي:

1. تنعيم المادة لتحسين قابليتها للتشغيل.
2. زيادة صلابة المادة وقساوتها.
3. زيادة قوة أو مقاومة المادة للاحتكاك.
4. تثبيت الخواص الفيزيائية والميكانيكية ضد التغيرات التي ربما تحدث لها نتيجة التعرض للعوامل البيئية.
5. الحفاظ على ثبات الأبعاد.
6. التخلص من الأحمال غير المرغوب فيها أثناء عملية التصنيع.

مختلف المعادن تستجيب للمعالجة عند درجات الحرارة متعددة، وكل معدن يملك مكونات كيميائية محددة، وبالتالي التغيير في الخواص الفيزيائية والبنيوية يتم تطبيقه في مختلف درجات الحرارة المطبقة .

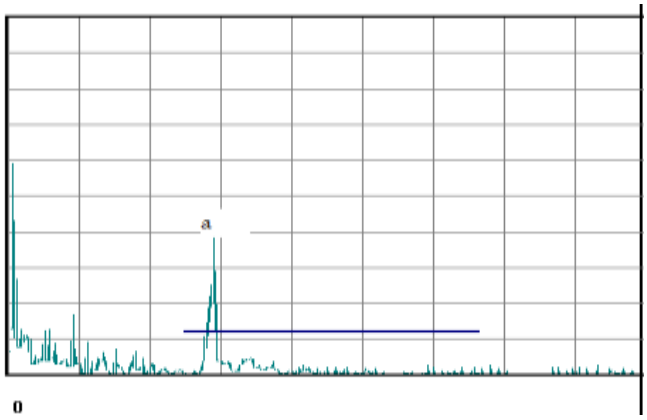
كما أن النسب القليلة للعناصر في تركيبة المعدن، مثل الكربون، تتأثر كثيرا بدرجات الحرارة، معدل التسخين، وأيضا في درجة التبريد التي يحتاج لها المعدن خلال المعالجة الحرارية.

البنية الذرية أو المجهريه للمادة ربما تتغير حسب حركة الإزاحة، زيادة أو نقصاناً في محلولية الذرات، زيادة في حجم الحبيبات في نفس أو مختلف مراحل التغيرات في البنية الكريستالية و الآليات المختلفة.

تم تركيب رقبة المحور و غطاء اللابيرانت على الستاند، وتم وضعهما في الإنتاج، و بعد 500 ساعة تشغيل (20000طن) تم فك رقبة المحور و غطاء اللابيرانت والنتيجة موضحة في الشكل (12).

الشكل (12) يبين رقبة المحور وغطاء اللابيرنت

من التحليل وجد أنه تم حفر الرقبة و الغطاء مكان احتكاك مانعة الزيت ومانعة الماء، كما هو واضح في الشكل السابق، وقمنا أيضا بفحص القطع عن طريق جهاز قياس التشققات عن طريق الأمواج الصوتية Sonatest Sitescan 130 فلوحظ وجود شقوق عميقة داخل المعدن، مما قد يسبب في انهياره في أية لحظة، كما في المخطط البياني الموضح في الشكل (13)[4].



الشكل (13) ويبين وجود شقوق عميقة داخل المعدن

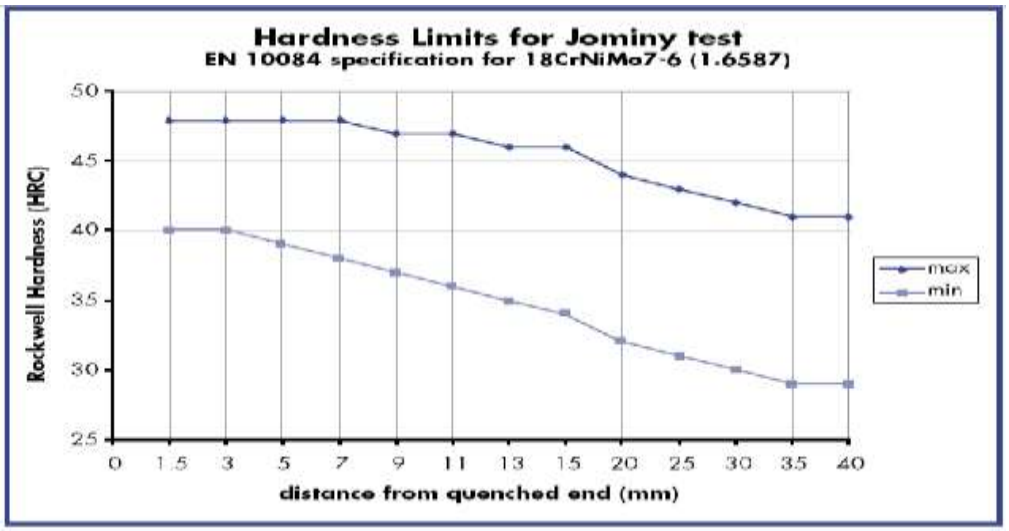
إذ يظهر المخطط البياني عند النقطة a مقدار الشق، بالتالي لا يمكن اعتماد هذا الاختيار لعدم نجاح التشغيل، و لعدم قدرة المعدن على القيام بالوظيفة المرجوة منه.

وبعد اختيار المعدن الخليط 18 NiCrMo7 (UNI7846) و التركيب الكيميائي المبين في الجدول(2)[3].

الجدول (2) يبين التركيب الكيميائي لمعدن 18 NiCrMo7 (UNI7846)

Ni	Mo	Cr	Mn	Si	C	UNI 7846
1.55	0.30	1.65	0.50	0.25	0.17%	18 NiCrMo 7

الخليط هو معدن قابل للمعالجة تم تشكيله وخراطته وفق المخططات التصنيعية لرقبة المحور وغطاء اللابيرانت، ثم بدأت عملية التقسية (Hardening) بالزيت حتى درجة حرارة 928 درجة مئوية، بعد ذلك قمنا بعملية المعالجة الحرارية (Tempering) بالفرن لدرجة حرارة 688 درجة مئوية، أصبحت القساوة تقريبا 48–50 روكويل (HRC) حسب المخطط الموضح في الشكل (14)[3].



الشكل (14) يبين عمليتي المعالجة لحرارية والتقسية للمعدن

الجدول (3) يظهر الخواص الميكانيكية التي وصل إليها المعدن من الداخل إلى السطح وبعدة أقطار، بعد عملية المعالجة الحرارية والتقسية[2].

الجدول (3) يبين الخواص الميكانيكية للمعدن بعد المعالجة

Diameter (mm)	Yield Strength (MPa)	Tensile Strength (MPa)	Elongation (A%)	Impact Value (DVM) (J) min.
11	835 min	1180 - 1420	7 min	41
30	785 min	1080 - 1320	8 min	41
63	685 min	980 - 1270	8 min	

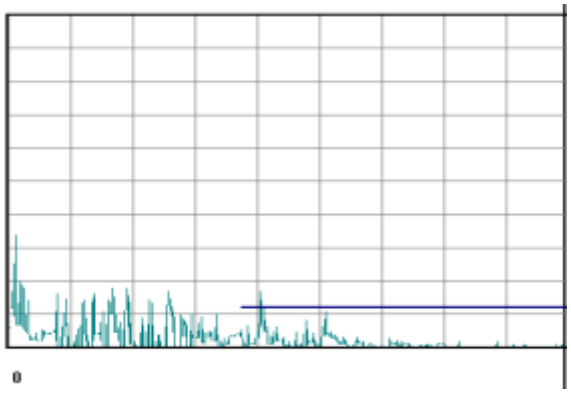
ثم بعد ذلك تم تنعيم السطح الذي يتعرض للاحتكاك (مكان طبقة السيراميك) لدرجة عالية كما في الشكل (15).

وأخيرا ركبنا رقبة المحور وغطاء اللابيرانت على الستاند، ووُضعا في الإنتاج، والجدول (4) يظهر نتائج عملية الاختبار كما يلي:

الجدول (4) يبين نتائج عملية الاختبار

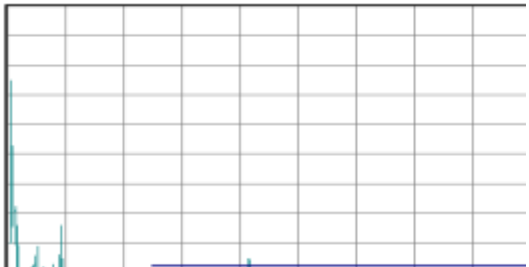
رقم الاختبار	ساعات التشغيل	النتيجة
1	500 ساعة	لا يوجد أي اثر على العينة
2	1000 ساعة	لا يوجد أي اثر على العينة
3	1500 ساعة	لا يوجد أي اثر على العينة
4	3000 ساعة	وجد أثار تشققات سطحية و ثقوب بسيطة

فيما يلي شرح مفصل الاختبار، بعد تشغيل القطع موضوع الاختبار ل500 ساعة تشغيل (20000طن) تم فك رقبة المحور وغطاء اللابيرانت، وبعد الفحص لم نجد أي اثر على القطع، ثم تم فحصها بجهاز قياس التشققات عن طريق الأمواج الصوتية Sonatest Sitescan 130 فلم نجد أي تشققات، كما في الشكل (16)[4].

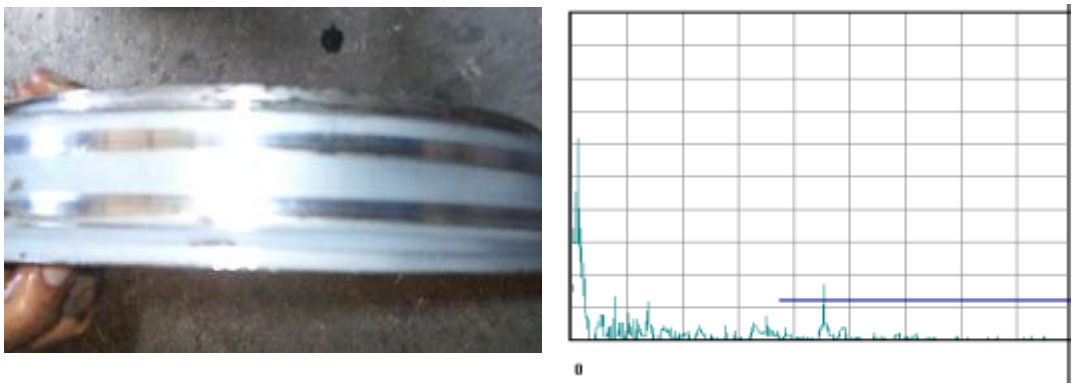


الشكل (16) يبين نتائج الفحص بعد 500 ساعة عمل

تم إجراء اختبار آخر بعد 1000ساعة تشغيل (40000 طن) فلم نجد أي اثر على القطع، و تم فحصها بجهاز قياس التشققات عن طريق الأمواج الصوتية Sonatest Sitescan 130 فلم نجد أي تشققات، كما في الشكل (17)[4].



تم إجراء اختبار آخر بعد 1500 ساعة تشغيل (60000 طن) وُجد أثر بسيط على القطع، تم فحصها بجهاز قياس التشققات عن طريق الأمواج الصوتية Sonatest Sitescan 130 فلم نجد أي تشققات، كما في الشكل (18)[4].



الشكل (18) يبين نتائج الفحص بعد 1500 ساعة

تم إجراء اختبار آخر بعد 3000ساعة تشغيل (120000 طن) وُجد حفر على القطع، ثم قمنا بفحصها بجهاز قياس التشققات عن طريق الأمواج الصوتية فوجدنا تشققات وثقوباً بسيطة سطحية غير عميقة، كما في الشكل (19).

الشكل (19) يبين نتائج الاختبار بعد 3000 ساعة

تمتاز هذه العملية بسهولة عملها، وتكلفتها البسيطة، وإنتاجيتها الجيدة، وعدم تأثرها بالتبادلات الحرارية في أثناء كل عملية فك وتركيب، وكذلك حرارة التشغيل.

الاستنتاجات والتوصيات:

1- العمر الإنتاجي لطبقة السيراميك في ظروف التشغيل المثالية طويل، وهذا غير ممكن في ظروف العمل الحالية؛ لذلك تكون عملية استبدالها أفضل.

2- عدم توافر إمكانية تصنيع الطبقة السيراميكية في السوق المحلية بنفس مواصفات و جودة الطبقة الأصلية؛ لذلك لابد من البحث عن بديل.

3- وجد من خلال البحث و التجارب العلمية المطبقة على الخليط المقترح (بعد المعالجة) كبديل عن طبقة السيراميك، أنه في ظروف التشغيل الحالية يُعد عمره الإنتاجي جيداً جداً مقارنة بطبقة السيراميك.

4- إمكانية تشكيل الخليط ومعالجته ممكنة في ورشات المعمل دون الحاجة إلى الاستعانة بالخارج.

5- تكاليف تصنيع وتشكيل ومعالجة الخليط أقل بكثير من تكاليف الطبقة السيراميكية.

6- الطبقة السيراميكية قابلة للانهيار تحت ظروف عمل معينة (لما لها من آثار كارثية على الآلة) بينما الخليط البديل يعطي مؤشرات عند بدء تآكل الطبقة المحتكة (المظهر – الحرارة– .....إلخ).

المراجع:

1- *SMS-MEER catalogs*, Printed in Milano, Italy, 2000 , 882.

2- *Atlas engineering handbook*, copyright Atlas specialty Metals revised, Germany ,January 2005,715 .

3- JOHN, E. B . *Comparative World Steel Standard (HCWSS*) , ASTM DS67A, 2nd Edition, 2009, 498.

4- www.ASCO.com , *Laboratories of ASCO* , *Lattakia* ,Syria , 2008.