مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية
المجلد 40- العدد 1 (2024) 257-263

Damascus university Journal for engineering sciences
Vol 40 No.1 (2024): 257-263

أمثلة تصميم مراوح الطرد المركزي والتعزيز من كفاءة وفعالية دورة الحياة الخاصة بها (دراسة عملية لمروحة طرد مركزي من نوع Backward Centrifugal Fan)

ناريمان رفاعية[1]، د. محمد معاذ الخياط[2]، أ. د. عصام قرقوط[3]

[1]طالبة دراسات عليا – قسم هندسة التصميم الميكانيكي – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة دمشق.

[2]دكتور في كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – قسم هندسة التصميم الميكانيكي – جامعة دمشق.

[3]أستاذ دكتور في كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – قسم هندسة التصميم الميكانيكي – جامعة دمشق.

الملخص

يتناول هذا البحث دراسة حالة تلف محامل مروحة الطرد المركزي للهواء وتتصف هذه المراوح بتدفق واستطاعة عالية حيث تستخدم في أنظمة سحب الغبار من المصانع.

تم تحليل أسباب تلف المحامل قبل انتهاء عمرها الافتراضي والمؤدية لتوقفات فجائية لعمل المروحة من خلال أخذ قراءات سرعة الاهتزاز والحرارة للمحامل وجسم المروحة لمقارنتها إن كانت ضمن الحدود الجيدة حسب ISO 10816، ومراقبة نوع الشحم وفترات التشحيم للمحامل كما موصى به من قبل الشركة الصانعة وذلك أثناء عمل المروحة.

ولقد تضمن البحث دور نوعية الشحم في تخفيض مستوى الاهتزازات المرتفعة وبالتالي تقليل الاحتكاك وإطالة العمر الفعلي للمحامل ومنه تقليل تكاليف الصيانة.

تاريخ الإيداع: 2022/6/14
تاريخ القبول: 2022/11/8

حقوق النشر: جامعة دمشق –سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص **CC BY-NC-SA 04**

الكلمات مفتاحية: مروحة الطرد المركزي للهواء، سرعة الاهتزاز، فترات التشحيم، المخمدات

Design optimization of a centrifugal fans and enhance efficiency and effectiveness of its service life (Case study of type Backward Centrifugal Fan)

Nariman Refaieh[1], Dr. Mohammad Mouath Alkhayat[2], Dr. Essam Karkout[3]

[1]Master student - Department of Mechanical Design - Faculty of Mechanical and Electrical Engineering - Damascus University.
[2]Doctor Engineer - Department of Mechanical Design - Damascus University.
[3]Associated Professor - Department of Mechanical Design - Damascus University.

Received: 14/6/2022
Accepted: 8/11/2022

Copyright: Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a CC BY- NC-SA

Abstract

This research studies bearings damage case of centrifugal fan, these fans are characterized by high flow and power as they are used in dust extraction systems from factories.

Analyzing the causes of bearings damage before the end of their service life, which causes sudden stops for the fan's work, Vibration velocity and temperature readings for bearings and fan body were taken for compared to the values if it is within the good limits according to ISO 10816, and monitor grease type and periods for the bearings according manufacturing, during the operation of the fan.

The research included the effect of the quality of grease in reducing the level of high vibrations and thus reducing friction and prolonging the service life of the bearings, including reducing maintenance costs.

Key words: Centrifugal fan, Vibration velocity, Grease periods, dampers

1- المقدمة

هذا النوع من مراوح الطرد المركزي التي تعمل بسرعة دوران واستطاعة عالية ينتج عنها اهتزازات كبيرة تؤثر على جسم المروحة والمحامل الراكبة على المحور، لذلك يتم اختيار وتركيب محامل قادرة على تحمل القوى المحورية والقطرية المتولدة عن دوران مروحة الطرد المركزي لحماية محور الدوران.

ونتيجة سرعات الاهتزاز المرتفعة يتم اختيار نوع من المخمدات ليتم تركيبه على قاعدة جسم المروحة لحمايتها من الاهتزازات المرتدة (حماية المروحة من القصور الذاتي) وهناك العديد من الدراسات لاختيار المخمدات والتي تعتمد على نوعها وشكلها التصميمي ومادتها وعددها تبعا لتموضع الآلة والاهتزاز المتولد منها.

2- هدف البحث

إجراء دراسة لمنهجية الصيانة المتبعة في الشركة للكشف عن مصدر العطل والحد منه وبالتالي قيام مروحة الطرد المركزي بأدائها على أكمل وجه دون توقفات، الحد من الهدر من الاستهلاك الزائد للمحامل والوقت والمواد المستهلكة، تحسين كفاءة فريق الصيانة وتطوير أدائهم عن طريق اتباع منهجية عمل منظمة وفق أسس محددة، استهلاك العمر الكامل لمروحة الطرد المركزي بأفضل أداء وأقل كلفة اقتصادية.

3- المواصفات الأساسية للمروحة المدروسة

- نوع مروحة الطرد المركزي: Backward curve centrifugal fan
- الاستطاعة: 160 kw
- سرعة الدوران: 1490 rpm
- التدفق: 26000 m^3/h
- نوع المحامل الراكبة على المحور: Spherical bearing 22217 EK
- نوع المحرك وطريقة الوصل: MC4 315 والوصل للمروحة مع المحرك وصل مباشر عن طريق قارنة Coupling

الشكل (1) مروحة الطرد المركزي المدروسة "Backward Curve Centrifugal Fan"

4- تحليل أسباب تلف المحامل

خلال عمل المروحة حدث توقف فجائي لها حيث كان السبب تلف المحامل الراكبة على المحور، حيث يوضح الشكل (2) المحامل التالفة:

(b) (a)

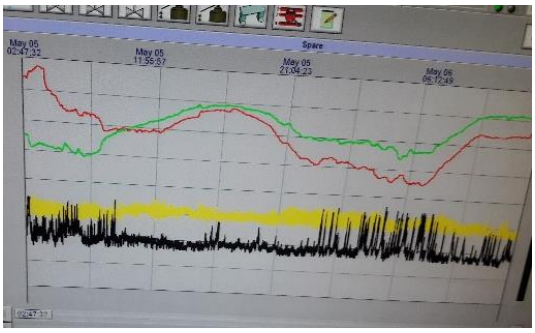
الشكل (2) المحامل التالفة(a)، (b) "Bearing Failure"

4.1- قراءات سرعة الاهتزاز والحرارة للمحامل

أثناء عمل المروحة تم أخذ قراءات وسطية لسرعة الاهتزاز والحرارة للمحامل الراكبة على محور المروحة الموضحة في الجدول (1) وفي الشكل (3)، باستخدام جهاز القياس FLUKE 805 الموضح في الشكل (4)، وبمقارنة هذه القراءات إن كانت ضمن الحدود الجيدة حسب ISO 10816 الموضح في الشكل (5)، تبين أن القيم الوسطية لسرعة الاهتزاز والحرارة خارجة عن الحدود الجيدة حيث يجب أن تكون قيمة سرعة الاهتزاز الحدية 2.8 مم/ثا، ودرجة الحرارة ألا تتجاوز 55 مْ، وفقا لدراسة مرجعية سابقة [1] و [2] تم اتباع نفس النهج في تحليل سبب تلف المحامل من ذات النوع (Spherical Bearing) بدءً من مراقبة قيم تسارع الاهتزاز للمحامل وصولا لسبب التلف.

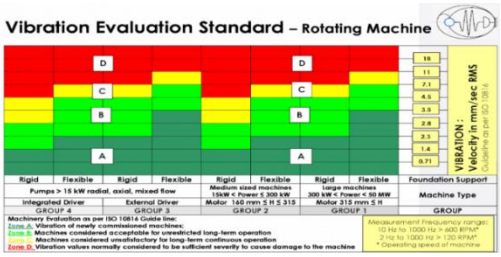
الجدول (1) قراءات سرعة الاهتزاز والحرارة على المحامل من جهة المروحة ومن جهة المحرك

	المحمل من جهة المحرك	المحمل من جهة المروحة
درجة الحرارة ،م	30 - 52	47 - 81
سرعة الاهتزاز مم/ثا	1.8 - 2	2.5 - 3.7



الشكل (3) منحنيات سرعة الاهتزاز والحرارة أثناء عمل المروحة

الشكل (4) جهاز قياس سرعة الاهتزاز والحرارة Fluke 805



الشكل (5) حدود سرعة الاهتزاز للآلات الدوارة حسب الاستطاعة "Standard ISO 10816"

4.2- مراقبة نوع الشحم وفترات التشحيم (Grease type and periods)

تبعا لعدة دراسات مرجعية سابقة [6] تبين أن 64% من أسباب تلف المحامل هي أنه يوجد مشكلة في الشحم أو الزيت كما موضح في الشكل (6)، وأنه في مرحلة ما فقد وظيفته كطبقة حماية بين الدحاريج والحلقة الداخلية والحلقة الخارجية للمحامل.

الشكل (6) تحليل الأسباب الشائعة لتلف المحامل

4.2.1- نوع الشحم (Grease Type)

لوحظ استعمال شحم مغاير عن الشحم الموصى به من قبل الشركة الصانعة والتشحيم بكميات زائدة.

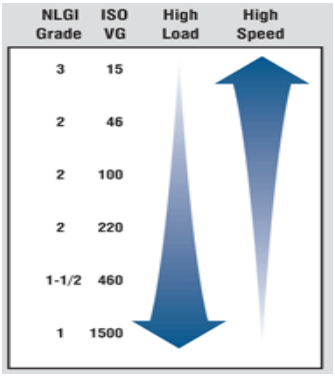
- حيث نوع الشحم المستخدم على المحامل Unirex N3. - الشحم الموصى به من قبل الشركة المصنعة Rimor هو من نوع Shell R2.

- سيتبين في الجدول (2) والشكل (7) الاختلاف بين النوعين:

الجدول (2) مواصفات نوع الشحم المستخدم في الشركة والشحم الموصى به من قبل الشركة الصانعة

REFRANCE COMPANY	الشحم المستخدم في الشركة	الشحم الموصى به من قبل الشركة الصانعة RIMOR
ITEM	UNIREX N3	SHELL R2
GRADE*	3	2
DROPPING POINT °C	210	250
Oil Viscosity of Greases @ 40 C	115	100
OIL TYPE	MINREAL	MINREAL
THICKENER	LITHIUM COMPLEX	LITHIUM COMPLEX

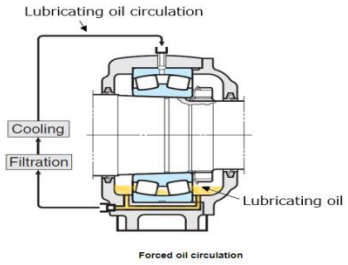
حيث*Grade: مقدار النفوذية للشحم.



الشكل (7) اختلاف مقدار النفوذية NLGI Grade وفقا للحمولة وسرعة الدوران

4.2.2- كمية التشحيم (Grease Quantity)

يجب التشحيم بحيث لا تتجاوز كمية الشحم 1/2 إلى 1/3 كما مبين في الشكل (8)، حيث موضح كمية الشحم اللازمة للمحامل تبعاً لكتلوك SKF [4].



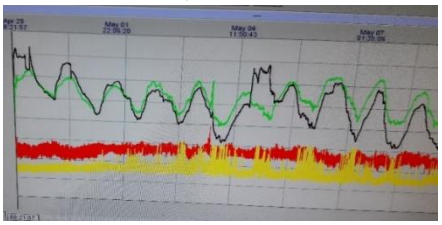
الشكل (8) كمية الشحم تبعاً لحجم المضجع

4.2.3- فترات التشحيم (Grease Periods)

كمية الشحم اللازمة للمحمل من نوع "Spherical Bearing 22217 EK" كما في الجدول (3) هي بما يقارب 10 غرام كل 380 ساعة (بما يعادل أسبوعي عمل متواصلة للمروحة)، وعادةً يتم التشحيم من قبل فريق الصيانة كل 120 ساعة عمل وبكميات زائدة.

4.3- مراقبة سرعة الاهتزاز بعد تعديل نوع الشحم وفترات التشحيم

تم تعديل نوع الشحم كما موصى به من قبل الشركة الصانعة نوع Shell R2، والتشحيم للمحامل كل أسبوعي عمل متواصلة بمقدار 10 غرام لوحظ أنه مازالت قيم سرعة الاهتزاز مرتفعة وصلت لقيمة 4 مم/ثا، بينما درجة الحرارة انخفضت وأصبحت كقيمة وسطية 50 مْ، كما مبين في الشكل (9).

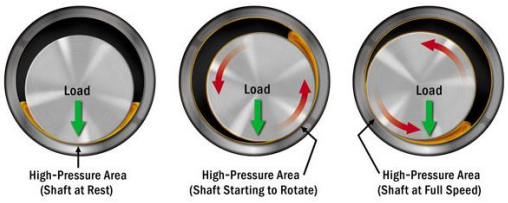


الشكل (9) منحنيات سرعة الاهتزاز والحرارة أثناء عمل المروحة

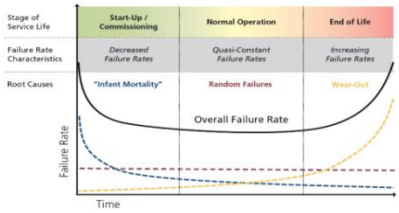
بعد توقف عمل المروحة تم الاستعانة بشركة صيانة خارجية ومن خلال قياس قيم سرع الاهتزاز تبين أنه مازال يوجد مشكلة في الشحم ونصحت باستخدام شحم من نوع Polytron EP-2 [5]، يختلف شحم Polytron عن الشحم التقليدي الذي يفقد فعالية لزوجته عند درجات الحرارة العالية و يميل للسيلان نحو الاسطح المجاورة دون فائدة بينما Polytron يحتوي على إضافات مدعمة ومعززة لعمل الشحم، حيث أنه يقلل الاحتكاك بين الاسطح المعدنية المتلامسة ويزيل التآكل بنسبة 95% ويقلل من تكاليف الصيانة بنسبة 60% للمعدات الميكانيكية ويطيل العمر الفعلي للمحامل، كما مبين في الشكل (10) و (11) و (12).

الجدول (3) كمية الشحم وفقاً لنوع المحمل

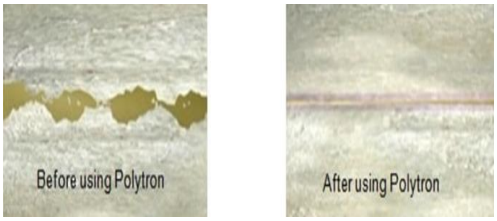
QUANTITY OF GREASE FOR DETACHED SUPPORTS - FOLLOWING FILLINGS													
Detached support	Impeller side bearing	RPM				Grease quantity (g)	Detached support	Pulley side bearing	RPM				Grease quantity (g)
		1000	2000	3000	4000				1000	2000	3000	4000	
		Greasing frequency (hours)							Greasing frequency (hours)				
SN 509	22209 EK	3500	1500	1000	680	10	SN 509	22209 EK	3500	1500	1000	680	10
SN 510	22210 EK	3350	1300	930	650	11	SN 510	22210 EK	3350	1300	930	650	11
SN 511	22211 EK	3200	1250	850	600	13	SN 511	22211 EK	3200	1250	850	600	13
SN 512	22212 EK	2950	1200	810	580	18	SN 512	22212 EK	2950	1200	810	580	18
SN 513	22213 EK	3100	1250	850	680	19	SN 513	22213 EK	3100	1250	850	680	19
SN 515	22215 EK	2900	1180	780	560	20	SN 515	22215 EK	2900	1180	780	560	20
SN 516	22216 EK	2750	1100	750	480	23	SN 516	22216 EK	2750	1100	750	480	23
SN 517	22217 EK	2600	1050	700	300	27	SN 517	22217 EK	2600	1050	700	300	27



الشكل (11) تأثير استخدام شحم Polytron EP-2 في تقليل الاحتكاك



الشكل (12) Failure Rate with Service Life Cycle Curve



الشكل (10) تأثير استخدام شحم Polytron EP-2 في تقليل الاحتكاك

5- الخاتمة

إن النتائج التي توصلنا إليها في بحثنا أنه يجب على فريق الصيانة اتباع توصيات الشركة الصانعة للآلة، حيث من خلال دراستنا تبين أن نوع الشحم المستخدم على المحامل كان مخالف للنوع الموصى به من قبل الشركة الصانعة، وكان يتم التشحيم بكميات زائدة، بعد التقيد بنوع الشحم وفترات التشحيم انخفضت درجة الحرارة للمحامل أثناء عمل المروحة، وتم اللجوء لاستخدام شحم مكافئ للمطلوب لكن يحتوي على إضافات مدعمة ومعززة لوظيفة الشحم، وينصح باستخدام هذا النوع من الشحم للمحامل ذات السرعات العالية ودرجات الحرارة المرتفعة والتي تعمل ضمن ظروف تشغيل قاسية من حرارة ورطوبة وتلوث، ولتخفيض قيم سرعة الاهتزاز لجعلها ضمن الحدود المسموح بها سيتم دراسة تحليل ستاتيكي للقوى المؤثرة على جسم المروحة والقاعدة وإن كانت المخمدات المتوضعة على قاعدة المروحة تقوم بدورها في تخميد الاهتزاز.

التمويل: هذا البحث ممول من جامعة دمشق وفق رقم التمويل (501100020595).

Reference

1. Prof U.A. Patel, Shukla Rajkamal, “Vibrational Analysis Of Self Align Ball Bearing Having Local Defect Through FEA And Itsvalidation Through Experimental”, International journal of modern engineering research, vol.2, issue 3, May-June 2012, pp 1073-1080.
2. Y.-T. Sheen, An analysis method for the vibration signal with amplitude modulation in a bearing system, J. Sound Vib. 303 (3–5) (2007) 538–552.
3. Michael Weigand, Rolling Bearing Lubrication for Critical Running Conditions.
4. SKF General Catalogue.
5. POLYTRON PRODUCTS APPLICATION GUIDE, Updated September 2019.