



الجمهورية العربية السورية
جامعة دمشق
كلية الهندسة الميكانيكية و الكهربائية
قسم : هندسة التصميم الميكانيكي
ماجستير الهندسة الصناعية

بناء نظام صيانة متكامل لتعزيز جودة أداء عناصر الآلات
(دراسة حالة : محطة تشرين الحرارية)

Arranging an Integrated Maintenance System
For Enhancing the Quality Performance of Machine's Elements
(Case study: Tishreen Thermal Power Plants)

مشروع أعدّ لنيل درجة الماجستير في هندسة التصميم الميكانيكي
باختصاص الهندسة الصناعيّة

إعداد الطّالب المهندس

عبد الرحمن محمد زهير بارودي

المُشرف العلمي

الدكتور المهندس محمد معاذ الخياط

تم إجراء جميع التعديلات في هذه الرسالة وتعد هذه النسخة معتمدة كنسخة نهائية لرسالة الماجستير للمهندس عبد الرحمن بارودي.

1	الاستاذ الدكتور المهندس عصام قرقوط	
2	الدكتور المهندس محي الدين الرفاعي	
3	الدكتور المهندس محمد معاذ الخياط	

قَرَار لَجْنَةِ الْمُنَاقَشَةِ

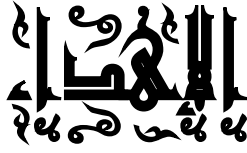
نوقشت رسالة الماجستير للطالب المهندس عبد الرحمن محمد زهير بارودي بتاريخ 06 / 08 / 2019 والتي عنوانها :

**بناء نظام صيانة متكامل لتعزيز جودة أداء عناصر الآلات
(دراسة حالة : محطة تشرين الحرارية)**

**Arranging an Integrated Maintenance System
For Enhancing the Quality Performance of Machine's Elements
(Case study: Tishreen Thermal Power Plants)**

وقد أجرى الطالب جميع التعديلات التي طلبت من قبل لجنة الحكم المؤلفة من السادة :

أعضاء لجنة المناقشة	الصفة	التوقيع
الدكتور المهندس عصام قرقوط	عضواً	
الدكتور المهندس محي الدين الرفاعي	عضواً	
الدكتور المهندس محمد معاذ الخياط	عضواً ومشرفاً	
وعليه، فقد أجازت وأصبحت قابلة للنشر.		



إلى من استلهم فيه الصبر والجلد

من علمنا أن الطموح لا ينتهي

إلى الشخص النبيل الذي كرس حياته من أجل مستقبلنا

إلى من زرع في نفوسنا التفاؤل والأمل

والدي الغالي رحمه الله

إلى الملاك الطاهر.. إلى قدسية البشرية...

من تعلمت منها الصبر وأنارت لي دربي حتى الوصول إلى شاطئ الأمان.

إلى أعز وأغلى مخلوق

أمي أدامها الله

إلى الروح التي عانقت روحي ..

إلى القلب الذي سكب أسرارهِ في قلبي..

إلى اليد التي أوقدت شعلة عواطفِي.....

إلى أول نسمة من عاصفة حياتِي.....

إلى الروح النبيلة التي تحب النسمات وتسير مع العواصف..

زوجتي الغالية حفظها الله

إلى أنصاف الروح وتوائمها

إلى القلوب التي تقاسم الدماء

طيور تغريدها أنعش لحظاتي

أخواتي الغوالي

إلى الأيدي المعطاءة التي زرعت في أنفسنا الثقة والطموح وقدمت كل غال وثمين..

إلى من منحنا غذاء الروح والعقل

إلى من علمنا أنه بالعمل نحول اليأس أملاً والظلام نور.... من تفخر بهم دوماً

الهيئة التدريسية

إلى من بنفوسهم العظيمة والمتواضعة وبضمايرهم الحية يعملون

من شفاههم يتبسمون وبأرواحهم يضحون وبقلوبهم يعشقون

جميع أصدقائي

عبد الرحمن بارودي

2019

كلمة شكر وتقدير

تتحنى الكلمات تواضعاً وشكراً للجهود والعلم والمعرفة التي ما بذل علينا بها ...

وقدمها لنا بكل إخلاص ليمثل شرف العلم وهدفه ومعناه ...

فكانت نتيجة العلم والمعرفة وحصيلة هذه الجهود هي هذا المشروع ... مع كل التقدير والاحترام إلى:

المالك نور المهندس

محمّد محاسن الجبار

الذي تكّرم وقام بالإشراف على هذا المشروع ولم يبخل من علمه ووقته وكان سنداً وخير عون وقدم كل ما يلزم من مراجع و كتب لإنجاز هذا المشروع.

كل الشكر والتقدير لتعاون وزارة الكهرباء والمؤسسة العامة لتوليد الكهرباء متمثلة بـ المهندس بسام جبوري مدير الشركة العامة لتوليد تشرين على تقديم كل التسهيلات اللازمة لإنجاح الجزء العملي في هذا المشروع ونخص بالشكر والتقدير المهندس علوان الأطرش مدير الصيانة في الشركة العامة لتوليد تشرين كما نشكر أيضاً المهندس محمد محاسن على تقديم المعلومات والبيانات وخبرته وإشرافه ومتابعته لإنجاح هذا المشروع والشكر والتقدير أيضاً للمهندس جبر الرفاعي على تقديم كافة الوثائق والمعلومات التي تفيد وتغني المشروع. والشكر أيضاً لفريق العمل المتعاون في قسم صيانة محطة تشرين البخارية على تقديم كل التسهيلات والدعم في إنجاز هذا المشروع.

التَّصْرِيح

أُصْرَحُ بأن هذا البحث الموصوف برسالة الماجستير والتي تحمل العنوان:

بناء نظام صيانة متكامل لتعزيز جودة أداء عناصر الآلات

(دراسة حالة : محطة تشرين الحرارية)

لم يسبق أن قُدمت للحصول على أية درجة جامعية أخرى، وأن كافة الأعمال والنتائج المذكورة هي نتيجة جهودي الشخصية، ويتوجيه من الأستاذ المشرف على هذه الدراسة، وأن المعلومات النظرية قد نُسبت صراحةً وبوضوحٍ إلى مصادرها ومؤلفيها.

الطالب المهندس

عبد الرحمن محمد زهير بارودي

التفويض

أنا المهندس عبد الرحمن محمد زهير بارودي أفوض جامعة دمشق كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، بتزويد من نشاء بنسخ من رسالتي هذه عند طلبها.

الاسم : المهندس عبد الرحمن محمد زهير بارودي

التوقيع :

التاريخ :

فَهْرَسُ الْمُحْتَوَيَاتِ

الصفحة	العنوان
i	i. قرار لجنة المناقشة.
ii	ii. الإهداء.
iv	iii. الشكر والتقدير.
v	iv. التصريح.
vi	v. التفويض.
vii	vi. فهرس المحتويات.
x	vii. قائمة الأشكال.
xiii	viii. قائمة الجداول.
xiv	ix. قائمة المصطلحات والاختصارات.
xv	x. ملخص الدراسة.
1	المقدمة.
3	الفصل الأول : الإطار العام للدراسة
4	1-1- مشكلة البحث.
4	1-2- مبررات مشروع البحث.
4	1-3- أهمية البحث.
5	1-4- هدف البحث.
5	1-5- منهجية البحث.
5	1-6- النتائج التطبيقية المتوقعة من البحث والجهات المستفيدة منها.
5	1-7- خطة البحث.
6	الفصل الثاني : الإطار النظري للدراسة
7	2-1- مقدمة.
7	2-2- أنواع المضخات.
10	2-3- أجزاء المضخة الطاردة المركزية Centrifugal Pumps
11	2-4- كيفية إدارة المضخات.
12	2-5- الدفع المحوري في المضخات.
13	2-6- الاستطاعة اللازمة لتشغيل المضخة.
14	2-7- العوامل التي تؤثر على أداء المضخة.
14	2-7-1- تأثير السرعة على أداء المضخة.
14	2-7-2- تأثير الخلوص على أداء المضخة.

15	3-7-2- تأثير تقليل قطر المروحة على أداء المضخة.
15	4-7-2- التكيف Cavitation.
16	5-7-2- صافي الضغط الموجب للسحب (NPSH) Net Positive Suction Head.
16	6-7-2- تأثير درجة الحرارة.
16	7-7-2- اللزوجة.
16	8-2- تشغيل المضخات.
17	1-8-2- تحضير المضخات Priming Of Pumps.
17	2-8-2- المضخات ذاتية التحضير Self-Priming Pumps.
17	9-2- إرشادات بدء وإيقاف المضخات Starting And Stopping Procedures.
17	1-9-2- خطوات تشغيل المضخات.
18	2-9-2- ما يجب مراعاته أثناء تشغيل المضخة.
18	3-9-2- خطوات إيقاف تشغيل المضخات.
18	4-9-2- الأسباب التي من أجلها يتم إيقاف المضخة اضطرارياً وتسليمها للصيانة.
19	الفصل الثالث : الصيانة الفنية للمعدات الميكانيكية
20	1-3- نبذة عن تطور الصيانة.
21	2-3- مفهوم وتعريف الصيانة.
21	3-3- أهمية وأهداف الصيانة.
22	4-3- أنواع الصيانة.
22	1-4-3- الصيانة الطارئة (الإسعافية).
22	2-4-3- الصيانة التصحيحية أو العلاجية المخططة.
22	3-4-3- الصيانة الوقائية Preventive Maintenance.
22	(1) التزييت و التشحيم.
22	(2) ضبط حلقات الاحكام.
23	(3) نظافة المضخة.
23	1-3- الملاحظة اليومية لتشغيل المضخة Daily Observation.
23	2-3- الفحص الاسبوعي Weekly Maintenance.
23	3-3- الفحص النصف سنوي Semi Annual Maintenance.
24	4-3- الفحص السنوي Annual Maintenance.
24	5-3- العمر الكاملة Complete Overhaul.
24	4-4-3- الصيانة التنبؤية Predictive Maintenance.
24	I. مميزات الصيانة التنبؤية.
25	II. التقنيات المستخدمة في الصيانة التنبؤية.

26	3-5- طبيعة الأعطال وعلاقتها بنوع الصيانة.
26	3-6- أساليب وتقنيات تنظيم الصيانة.
28	3-7- الموارد البشرية.
30	3-8- تشخيص أعطال المضخة.
30	3-9- الأجزاء الأكثر عرضة للتلف والتغيير في المضخات الطاردة المركزية.
31	3-10- بعض المشكلات وأسبابها وطرق حلها.
34	الفصل الرابع : الدراسة العملية (دراسة الحالة : محطة تشرين الحرارية)
35	4-1- لمحة عن محطة توليد تشرين.
35	4-2- أجزاء المجموعات البخارية.
36	4-2-1- مبدأ عمل المجموعات البخارية.
37	4-3- دراسة الحالة في محطة تشرين الحرارية.
38	4-4- مشكلة المضخة (عينة الدراسة).
39	4-5- بناء نظام الصيانة المتكامل لتعزيز جودة أداء عناصر مضخة تغذية المرجل (عينة الدراسة).
43	أولاً- إجراءات الفك
46	ثانياً- إجراءات الفحص.
50	ثالثاً- إجراءات الصيانة لتعزيز جودة الأداء.
60	رابعاً- إجراءات التجميع.
82	خامساً- جدولة الأعمال الكلية والتكلفة الإجمالية للصيانة.
83	سادساً- تنفيذ إجراء قياس الاهتزازات.
90	سابعاً- إجراءات تحليل زيت تزييت المحامل.
93	ثامناً- تنفيذ تقييم مقاييس الأداء الرئيسية (KPIs).
94	4-6- الصحة والسلامة المهنية اللازمة لنظام الصيانة لعينة الدراسة (مضخة تغذية المرجل).
94	• الشروط الواجب توافرها لتهيئة مكان العمل.
94	• الشروط الواجب اتباعها أثناء العمل.
94	• الشروط الواجب اتباعها عند الانتهاء من العمل.
95	• التعريف بالمواصفة OHSAS 18001.
95	• ضرورات تطبيق المواصفة 18001.
96	• برنامج الصيانة المتكامل.
99	4-7- نتائج الدراسة العملية.
99	4-8- التوصيات والمقترحات.
100	• المراجع.

قائمة الأشكال

رقم الشكل	عنوان الشكل	رقم الصفحة
1.2	التصنيف العام للمضخات.	8
2.2	مقطع عرضي لتوضيح أجزاء مضخة الطرد المركزي.	10
3.2	الطرد المركزي في المضخات.	11
4.2	مقطع لمضخة طاردة مركزية متعددة المراحل.	11
5.2	مصدر الضغوط المؤثرة على المروحة المسببة للدفع المحوري	12
6.2	مثالث السرعة وحساب الاستطاعة اللازمة لتشغيل المضخة.	13
7.2	تآكل واهتراء في المروحة نتيجة التكهف	15
---	بناء نظام الصيانة بمراقبة الحالة	33
1.4	محطة تشرين الحرارية.	35
2.4	عمل المضخات الرئيسية في المحطة البخارية، العنفة البخارية في محطة تشرين الحرارية.	36
3.4	مضخة تغذية المرجل البخاري (عينة الدراسة).	37
4.4	مخطط صندوق لآلية عمل مضخة تغذية المرجل	38
5.4	اهتزاز في مضخة تغذية المرجل وانخفاض في التدفق.	38
6.4	المخطط الصندوقي العام لعملية الصيانة لمضخة تغذية المرجل	42
7.4	مضخة تغذية المرجل بعد إيقاف تشغيلها لتقييم حالتها والبدء بصيانتها.	43
8.4	الجزء الدوار الداخلي لمضخة تغذية المرجل.	44
9.4	البدء بفك مراحل الضخ (المنخفض) بشكل متتابعي.	44
10.4	فك مراحل الضخ (المرتفع) بشكل متتابعي.	45
11.4	مراحل ضخ مضخة تغذية المرجل بعد فكها عن المحور الدوار الرئيسي.	46
12.4	تثبيت المحور الدوار الرئيسي على المخروطة والتحضير لفحصه.	46
13.4	تنظيف المحور الرئيسي من الرواسب والتحضير لفحصه على الاتحناء.	47
14.4	فحص المحور الرئيسي باستخدام ساعة قياس.	47
15.4	عمود الدوران الرئيسي.	48
16.4	فحص وقياس القرص الدوار لكل مرحلة ضخ بمساعدة ساعة قياس.	49
17.4	حلقات إحكام حجرة الضخ.	50
18.4	فحص حجرات الضخ والأقراص الدوارة وقياس الأبعاد وضبط الأبعاد المتناسبة بالتجليخ.	51
19.4	فحص مراحل الضخ وإجراء اللحام وضبط الأبعاد المناسبة.	52
20.4	فحص الترس الأمامي والتأكد من حالته.	53
21.4	إجراء عملية اللحام للترس ومن ثم إجراء عملية تسوية للسطح الملحوم.	54

22.4	إنجاز الخراطة وتسوية السطح اللازم بعد الانتهاء من عملية اللحام.	55
23.4	تنشيت فلنشة الترس الأمامي ومعايرة تنشيت سوار الاحكام الامامي والخلفي الخاص بها.	56
24.4	المتقّب ذو القاعدة المغناطيسية وطريقة تنشيتة على الترس الأمامي للمضخة عند صيانتة.	57
25.4	توضيح لطريقة لحام تلقيط لقرص حديد على الوجه العلوي للترس لإنجاز عملية التنقيب.	58
26.4	القرص الحديدي بعد تلقيطه باللحام.	58
27.4	تنشيت المتقّب والبدء بعملية التنقيب.	58
28.4	تنشيت سوار الفلنشة الأمامي وشد لوالب التنشيت بعد الانتهاء من التنقيب وفتح السن.	59
29.4	تنشيت سوار الفلنشة الخلفي وشد لوالب التنشيت.	59
30.4	تجميع الجزء الدوار للمضخة تغذية المرجل بعد إجراء صيانة وضبط للأجزاء المكونة له	60
31.4	تجميع الجزء الدوار للمضخة تغذية المرجل بعد إجراء صيانة وضبط للأجزاء المكونة له 2	61
32.4	الجزء الدوار بعد الانتهاء من التجميع	62
33.4	الجزء الدوار ضمن جسم المضخة الثابت	63
34.4	عمليات الفحص و التأكد من التوضع الصحيح للجزء الدوار المتحرك	63
35.4	القطع الملحقة لتجميع الجزء الدوار.	64
36.4	عملية فحص قاعدة تنشيت المضجع الأمامي لمضخة تغذية المرجل قبل التجميع	64
37.4	عملية تنظيف الأجزاء المتممة لتنشيت الترس الأمامي والتحصير للبدء بالتجميع.	65
38.4	فحص لولب محور الجزء الدوار قبل التجميع واصلاح مسار الاسنان حيث يلزم.	65
39.4	تنشيت الترس الأمامي للمضخة في مكانه وسنترته مع لوالب تنشيتة مع جسم المضخة.	66
40.4	تنشيت الترس الأمامي.	67
41.4	تصحيح مجرى السن لأحد أسنان اللوالب المتضررة.	67
42.4	عملية شد صواميل لتنشيت الترس الأمامي وقياس تغير التفاوت للترس مع جسم المضخة.	68
43.4	إتمام عملية شد الصواميل بمساعدة فرد شد الصواميل الذي يعمل بالهواء المضغوط.	69
44.4	الانتهاء من عملية الشد الأولي للصواميل و فصل الرافعة الحاملة للترس.	69
45.4	التحصير للشد الثانوي لصامولات تنشيت الترس بمساعدة الرافعة ومقياس قوة الشد.	70
46.4	صور توضح قيم قراءات قوة الشد المطبقة في كل مرحلة.	71
47.4	تطبيق حمل الشد على أحد الصواميل.	71
48.4	معايرة الازاحة المحورية للجزء الدوار وقياس مجال ازاحته الأعظمي.	72
49.4	تركيب قرص التوازن وصامولته وقياس مقدار الازاحة.	73
50.4	انجاز عملية خراطة جبهية وجانبية لقرص التوازن الجديد لتحقيق تفاوت الازاحة المحوري	74
51.4	تنشيت حلقة الاحكام لقرص التوازن.	75
52.4	تركيب قاعدة كرسي المحور على الترس الأمامي لمضخة التغذية.	75
53.4	تفصيل مانعات التسريب لوصلات التبريد والتزييت وفق أبعاد مقاطع الوصلات	76

54.4	تفصيل المانعات من اللباد حراري واستخدام سيلكون حراري أثناء تثبيت المانعة في مكانها.	76
55.4	فحص العناصر الميكانيكية المتممة وتحضيرها للتركيب والتجميع النهائي.	77
56.4	تجميع قرص مركزة العمود.	78
57.4	تركيب قرص المركزة على المحور الدوار وتثبيته.	78
58.4	شد (حلقة) سوار احكام قرص المركزة.	78
59.4	تركيب حلقة أمامية في مقدمة قاعدة كرسي المحور وتثبيتها بالصواميل.	79
60.4	تركيب الجزء السفلي لكرسي المحور الانزلاقي وتثبيته على قاعدته.	79
61.4	تركيب الجزء الداخلي العلوي والسفلي لكرسي المحور الانزلاقي.	80
62.4	تركيب الجزء العلوي الداخلي لكرسي المحور الانزلاقي وتثبيته في مكانه.	80
63.4	تركيب الجزء العلوي الخارجي لكرسي المحور الانزلاقي وتثبيته.	80
64.4	تركيب وتثبيت غطاء كرسي المحور الانزلاقي وبدخله رولمان دحروجي.	81
65.4	مضخة تغذية المرجل بعد الانتهاء من إعادة تأهيلها من جديد للاستثمار والتشغيل.	81
66.4	جهاز قياس الاهتزاز N30.	83
67.4	طريقة قياس الاهتزاز باستخدام مقياس اهتزاز.	83
68.4	تصنيف قيم سرعة الاهتزاز إلى مجموعات حسب الاستطاعة التصميمية.	84
69.4	قياس سرعة الاهتزاز في الاتجاه المحوري للمحمل الرأسي (في مقدمة المضخة).	85
70.4	قياس سرعة الاهتزاز في الاتجاه القطري للمحمل بين المضخة والقارنة الهيدروليكية.	85
71.4	قياس سرعة الاهتزاز في الاتجاه القطري للمحمل الرأسي.	85
72.4	قياس سرعة الاهتزاز في الاتجاه المحوري للترس الامامي والخلفي للمضخة.	85
73.4	قياس سرعة الاهتزاز في الاتجاه الافقي لكرسي المضجع بين المضخة والقارنة الهيدروليكية.	86
74.4	قياس سرعة الاهتزاز في الاتجاه الافقي لغطاء المضخة من جهة القارنة.	86
75.4	قياس سرعة الاهتزاز في اتجاه المحاور الثلاث لكرسي المحور الخاص بالمحرك الكهربائي.	87
76.4	مخطط تغير سرعة الاهتزاز بال (مم/ثا) لنقاط القياس لمضخة تغذية المرجل عينة الدراسة.	88
77.4	مخطط تغير سرعة الاهتزاز (مم/ثا) لنقاط القياس في مضخة تغذية المرجل المجاورة.	89
78.4	جهاز تحليل الزيت وعدد الجزيئات الزيت.	92
79.4	نتائج تحليل الجزيئات لعينتين من زيت تزييت المضاجع الاستنادية لمضخة تغذية المرجل.	92
80.4	نظام OHSAS للصحة والسلامة المهنية	95
81.4	رسم توضيحي لمواقع نقاط قياس الاهتزاز لمضخة تغذية المرجل	97

قائمة الجداول

رقم الصفحة	عنوان الجدول	رقم الجدول
9	المقارنة بين مضخات الضغط الديناميكي والمضخات الإيجابية.	1.2
14	واحدات بارمترات حساب القدرة والمردود في المضخات.	2.2
30	تشخيص وتصنيف الأعطال.	1.3
31	بعض المشكلات الممكن حدوثها في المضخات وأسبابها وطرق حلها.	2.3
32	بعض المشكلات الممكن حدوثها في المضخات وأسبابها وطرق حلها (2).	3.3
37	تحديد عدد مضخات تغذية المرجل وفقاً لعدد المجموعات البخارية	1.4
38	الصفات المميزة العامة لمضخة تغذية المرجل (عينة الدراسة).	2.4
41	المجالات المسموح بها للبارمترات الميكانيكية لمضخة تغذية المرجل	3.4
43	مرحلة فك الأجزاء الميكانيكية الخارجية.	4.4
45	مرحلة فك الجزء الدوار الداخلي.	5.4
48	مرحلة فحص عمود الدوران الرئيسي.	6.4
50	مرحلة صيانة مراحل الضغط المنخفض والمرتفع.	7.4
53	مرحلة صيانة حجرة الضغط المنخفض الأخيرة (ذات ترتيب رقم 7).	8.4
60	مرحلة صيانة الترس الأمامي لمضخة تغذية المرجل.	9.4
62	مرحلة تجميع العناصر الميكانيكية.	10.4
74	مرحلة ضبط أبعاد قرص التوازن الجديد (كروم متجانس).	11.4
77	تفصيل مانعات تسرب حرارية للوصلات الهيدروليكية.	12.4
82	جدولة الأعمال الكلية والتكلفة الإجمالية.	13.4
88	نتائج قياس سرعة الاهتزاز (مم/ثا) لنقاط القياس في مضخة تغذية المرجل بعد الصيانة.	14.4
89	نتائج قياس سرعة الاهتزاز (مم/ثا) لنقاط القياس في مضخة تغذية المرجل المجاورة (التي لم يتم تطبيق منظومة الصيانة لها كما هو الحال للمضخة عينة الدراسة).	15.4
90	نتائج تحليل زيت تزييت المضاجع الاستنادية لمضخة تغذية المرجل عينة الدراسة.	16.4
91	المواصفات القياسية الدولية لزيت التزييت نوع 220 للمحامل	17.4
93	نتائج تقييم مؤشرات الأداء لقسم الصيانة في الشركة العامة تشرين لتوليد الطاقة الكهربائية	17.4
97	نظام الصيانة المتكامل لمضخة تغذية المرجل	18.4
98	مواقع النقاط الأساسية في تقييم سرعة الاهتزاز لمضخة تغذية المرجل	19.4

قائمة المصطلحات والاختصارات

المصطلح بالعربية	المصطلح بالانجليزية	المصطلح بالعربية	المصطلح بالانجليزية
الهندسة الصناعية	INDUSTRIAL ENGINEERING	صافي الضغط الموجب للسحب	NET POSITIVE SUCTION HEAD
الصيانة المنتجة الشاملة	TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE	المضخات ذات الإزاحة الموجبة	DISPLACEMENT POSITIVE PUMPS
الصيانة بمراقبة الحالة	CONDITION BASED MAINTENANCE	مضخات ذات حركة ترددية	RECIPROCATING PUMP
الصيانة الوقائية	PREVENTIVE MAINTENANCE	مضخات ذات حركة دورانية	ROTARY PUMPS
الصيانة المخططة الدورية	PERIODIC PLANNED MAINTENANCE	منحنيات أداء المضخة	PUMP CHARACTERISTIC CURVES
الصيانة العلاجية	CORRECTIVE MAINTENANCE	نقطة التشغيل	OPERATING POINT
الفواقد	WASTE	التشغيل على التوازي	PARALLEL OPERATION
المضخات	PUMPS	التشغيل على التوالي	SERIES OPERATION
اسطوانة	CYLINDER	عدم الإتزان في المراوح	UNBALANCE
شوط السحب	STROKE SUCTION	اللامركزية	ACCENTRICITY
شوط الطرد	DISHARGE STROKE	مشاكل هيدروليكية	HYDRAULIC PROBLEMS
مكبس	PISTON	مشاكل كهربائية	ELECTRICAL PROBLEMS
المضخات الديناميكية	DYNAMIC PUMPS	الفحص الأسبوعي	WEEKLY MAINTENANCE
طاردة مركزية	CENTRIFUGAL	الفحص النصف السنوي	MAINTENANCE SEMIANUNUAL
ذات تأثير خاص	SPECIAL EFFECT	الفحص السنوي	MAINTENANCE ANUNUAL
تدفق محوري	AXIAL FLOW	العمره الكاملة	COMPLETE OVERHAUL
تدفق قطري	RADIAL FLOW	قياس تحليل الاهتزازات	VIBRATION ANALYSIS
أحادية السحب	SINGLE SUCTION	الموجات فوق الصوتية	ULTRASOUND
مزدوجة السحب	DOUPLE SUCTION	ذراع التوصيل	CONNECTING ROD
مرحلة واحدة	SINGLE STAGE	صمام التصريف	RELEIF VALVE
متعددة المراحل	MULTI STAGES	التشغيل	OPERATION
الغلاف	CASING	تحضير المضخات	PRIMING OF PUMPS
الكفاءة	EFFICIENCY	المضخات ذاتية التحضير	SELF PRIMING PUMPS
طاقة هيدروليكية	HYDRAULIC POWER	التشغيل حتى يحدث العطل	RUN TO FAILURE
طاقة ميكانيكية	MECHANICAL POWER	الصيانة الوقائية	MAINTENANCE PREVENTIVE
القدرة الداخلة	INPUT POWER	الصيانة التنبؤية	MAINTENANCE PREDECTIVE
القدرة الناتجة	OUTPUT POWER	مانع التسرب الميكانيكي	MECHANICAL SEAL
ترطيب	LUBRICATION	معدل تدفق السائل	FLOW
القارنة	COUPLING	التكهف	CAVITATION

ملخص الدراسة :

تهدف الدراسة للبحث في إعداد منظومة صيانة متكاملة وفقاً للمعايير العالمية لمجموعة عناصر الآلات لبعض التجهيزات الميكانيكية بهدف تحسين جودة أدائها.

تمت دراسة حالة لأحدى التجهيزات في محطة تشرين الحرارية لتوليد الطاقة الكهربائية كالمضخات بهدف الإقلال من التوقفات غير المخططة (المفاجئة)، وضمان جودة التشغيل وتحسين أدائها فنياً واقتصادياً والعمل على زيادة الفاعلية الاجمالية لمجموعة التجهيزات الميكانيكية الموجودة وكذلك قسم الصيانة المختص وبالتالي زيادة المردود وعمل المحطة بشكل عام، ويكون البحث أحد الاعتبارات الأساسية لتطبيق الصيانة المنتجة الشاملة (Total Productive Maintenance (TPM وتطوير منظوماتها التطبيقية مستقبلاً في محطة (محطات) الحرارية لتوليد الطاقة الكهربائية في سوريا.

يتطلب تحقيق هذه الدراسة جمع كافة المعلومات والبيانات الفنية المتاحة عن التجهيزات وتوصيف حالتها الراهنة، كما تم جمع ودراسة التقانات الهندسية والفنية والسبل العملية ذات الصلة بمواضيع الصيانة الحديثة المتبعة عالمياً، والاستفادة من واقع التجارب وقصص النجاح المختلفة في أعمال الصيانة ذات الصلة، وتم اختيار ودراسة أنسب التقانات الهندسية والفنية والسبل العملية التي يمكن تطبيقها على التجهيزات عينة البحث لتحقيق أهداف البحث وبناء نظام صيانة وفقاً للمعايير العالمية وتطبيقه على الواقع، ومن ثم ملاحظة النتائج وتقييم جودة تطبيق نظام الصيانة من النواحي الفنية والاقتصادية.

عينة البحث المختارة هي مضخة لتغذية المرجل في المجموعة البخارية للشركة العامة تشرين لتوليد الطاقة الكهربائية حيث تم إجراء عمرة فنية كاملة لهذه المضخة بكامل العناصر الميكانيكية المكونة لها من خلال تطبيق أنظمة ومقاييس دولية عالمية مدعومة بأنظمة الجودة، وتم اختبار المضخة بعد الانتهاء من العمرة وقياس الاهتزاز باستخدام جهاز قياس اهتزاز خاص وتم القياس في نقاط مفصلية وفقاً لتصميمها ولوحظ الفرق في النتائج بينها وبين مضخة أخرى لم يتم تطبيق نفس منظومة الصيانة المتكاملة ولوحظ الاختلاف الواضح في النتائج والأداء الفعلي للمضختين، كما تم اختبار زيت التزييت الخاص بكراسي التحميل وتحديد عدد جزيئات الشوائب في زيت التزييت للتأكد من حالته وصلاحيته استثماره وحاجته إلى تصفية وفلترة. وأخيراً تم استخدام مؤشرات الأداء لتقييم قسم الصيانة قبل وبعد تطبيق نظام الصيانة ولوحظت النتائج والفروقات الواضحة في ضرورة تطبيق مثل هذا النظام في التجهيزات الميكانيكية المختلفة.

Abstract:

This study aims to search on prepare integrated maintenance systematic according to International Standards of Machine's Elements for one mechanical equipment to improve Quality Performance.

As study case apply on Tishreen Thermal Power Plants for Boiler feeding pump to reduce the suddenly stoppages without planned, Ensure on quality operation, Improvement technical Performance and Economic, and work to increase the general rate of power plant, To make main consider to apply Total Productive Maintenance and development systematic in near future in Most Power Plants in **SYRIA**.

As well to successfully achieve the aims of this study, we collect all information and technical data about equipment and described the present case, also we collect and study technical engineering methods and trial practical about International modern maintenance, reality experiment benefit, and different successfully fiction in maintenance activity closely related, we select and study best technical engineering and scientific method to apply on the mechanical equipment as study case to attainment the aim of this study **and Arranging an Integrated Maintenance System For Enhancing the Quality Performance of Machine's Elements** and actual apply on case study, then notice the results and evaluate quality of apply this maintenance systematic from technical and economic sides.

We are select as Case study the **Feeding Boiler Pump** in Steam turbine at **Tishreen Thermal Power Plants**, where we make technical complete rehabilitation with all mechanical elements that consisting by apply complete maintenance systematic and International Standards of Machine's Elements, and make testing for this pump after we finished from complete maintenance, measure the vibration by N30 Device and make point for measure depend on design of Feeding boiler pump and write the results and the difference in vibration result with another pump that didn't apply the same maintenance systematic, and see the clear differences in Quality Performance between the two pumps, also we test the lubrication oil for bearings and specifying the number of oil particular to be sure of situation, validity, and needs for clearing and filtration.

Finally we make **(KPIs)** evaluate of Maintenance department before and after apply the Integrated Maintenance System, and see the notice and clear differences on necessary apply like this maintenance systematic in different mechanical equipment.

❖ المقدمة :

شهدت السنوات الأخيرة " بعد عام 2012 م " زيادة كبيرة في الحاجة لمصادر الطاقة الكهربائية، الأمر الذي دفع شركات توليد الطاقة الكهربائية إلى العمل الجاد لمواجهتها، وسعت جاهدة إلى زيادة إنتاجها من الطاقة الكهربائية وتخفيض تكاليفها مستخدمةً شتى الوسائل والسبل مثل تجديد وصيانة بعض محطات التوليد، العمل على تعدد مصادر تشغيل محطات أخرى (الغاز أو الديزل بدلاً عن الفيول)، ومحاولة بناء محطات جديدة، ودعم استثمار الطاقات المتجددة (طاقة شمسية، طاقة رياح، وقود حيوي، ...) الخ.

سيتعرض هذا البحث إلى استخدام ما يعرف بنظام الصيانة المتكامل، سيتم التعرف على الفوائد التي سيحققها تطبيق مثل هذه الأنظمة في محطات توليد الطاقة الكهربائية، ومعرفة متطلبات التطبيق الناجح لها، بالإضافة إلى عرض واقع فعالية تطبيق نظام صيانة فعال ومتكامل لتحسين أداء عناصر الآلات لبعض المجموعات الميكانيكية في محطة تشرين لتوليد الطاقة الكهربائية.

تم إنجاز هذه الدراسة على جزئين: 1- نظري. 2- خاص للدراسة العملية، الجزء الخاص بالدراسة النظرية تضمن المبادئ التي تلزم لإجراء منظومة متكاملة للصيانة من أجل تحسين أداء العناصر الميكانيكية المكونة لمعظم المجموعات الميكانيكية والتي استندت إلى مبادئ الصيانة الحديثة و وفقاً للمواصفات العالمية.

تم تطبيق دراسة الحالة ضمن محطة توليد الطاقة الكهربائية حيث تم اختيار الآلة الميكانيكية الأكثر تأثيراً في المردود الاجمالي لعمل مجموعة التوليد البخارية وهي مضخة تغذية المرجل التي تقوم بتغذية مرجل محطة التوليد البخارية بالماء النقي ليتم تسخينه في المرجل وتحويله إلى بخار رطب ومن ثم بخار جاف ومنه إلى بخار محمص بضغط ودرجة حرارة عاليين ليتم توجيهه إلى العنف البخارية لتدويرها ومنه تدور المنوبة المربوطة مع العنف بشكل مباشر عن طريق قارئة صلبة وبذلك تتولد الطاقة الكهربائية التي ترسل إلى الشبكة للاستهلاك.

تتضمن الدراسة العملية حل مشاكل تشغيل المضخة وهي: 1- أسباب التسرب الكبير للمياه.

2- انخفاض الضغط على مخرج المضخة.

3- اهتزاز في جسم المضخة.

تشمل منظومة الصيانة المتكاملة مجموعة إجراءات التالية:

- 1- إيقاف تشغيل المضخة.
- 2- عمليات الفك والفحص لكل العناصر المكونة لها المضخة.
- 3- فحص وصيانة كل جزء حسب المواصفات الهندسية و وفقاً لمعايير الجودة العالمية وبما يتناسب مع التصميم الهندسي للمضخة.
- 4- إعادة عمرة للأجزاء المتضررة أو استبدالها.
- 5- التجميع والترتيب لكل العناصر المكونة للمضخة ومعايرتها (عناصر ميكانيكية ومانعات تسرب وتوصيلات زيت المضاجع ومياه التبريد و...).
- 6- إعادة تشغيل المضخة.
- 7- تقييم الأداء واختبار الاهتزاز والحرارة و زيوت التزليق لكراسي التحميل.
- 8- المقارنة مع مضخة أخرى لم يتم تطبيق نفس منظومة الصيانة المدروسة للبحث.
- 9- ملاحظة النتائج.
- 10- استمرار عمليات الفحص الاسبوعي والشهري والنصف السنوي.

ستعرض الدراسة كاملة توضيح مفهوم بناء نظام صيانة لتعزيز جودة الأداء لتبني مثل هذه الأنظمة في محطات توليد الطاقة الكهربائية وفعالية تطبيق مثل هذه الأنظمة في مختلف محطات توليد الطاقة الكهربائية السورية، (المحطات المشابهة لها : محطة توليد حلب، محطة توليد بانياس، محطة توليد الزارة، محطة توليد المحردة، بما يعادل أكثر من 30 مضخة تغذية لمرجل توليد البخار)، عليها تكون أحد الاعتبارات لتطبيق أنظمة الجودة الشاملة والتوجه نحو عالم الإنجاز والتميز، لننتقل من خلالها من مكان التقليد إلى عرض الإبداع والابتكار المستمر.

الفصل الأول

الإطار العام للدراسة

يعرض هذا الفصل ما يلي :

- مشكلة البحث.
- مبررات مشروع البحث.
- أهمية البحث.
- هدف البحث.
- منهجية البحث.
- النتائج التطبيقية المتوقعة من البحث والجهات المستفيدة منها.
- خطة البحث.

الفصل الأول

الإطار العام للدراسة

1-1- مشكلة البحث:

تكمن مشكلة البحث في أن محطات توليد الطاقة الكهربائية بشكل عام تعاني من انخفاض انتاجها من الطاقة الكهربائية وضعف في كفاءة عملها، يعود ذلك إلى استخدام طرق الصيانة الطارئة أو الاسعافية المتبعة دون الالتزام بقواعد الصيانة الصحيحة لعناصر الآلات المكونة للمجموعات الميكانيكية للمحطة توليد الطاقة الكهربائية، التشغيل المستمر للآلات بدون توقف، عدم القيام بعمليات الفحص الدوري أو الالتزام ببرنامج وقائي، مما يستدعي ضرورة البحث بشكل سريع ومستمر عن الأدوات والطرق والأساليب الحديثة لعلاج مثل هذه المشاكل.

1-2- مبررات البحث :

تكمن مبررات البحث في تطبيق نظام صيانة متكامل لحل بعض المشكلات الفنية الموجودة في تشغيل واستثمار المجموعات الميكانيكية في محطة توليد الطاقة الكهربائية والعمل على تخفيض الضياعات وتكاليف الإنتاج وتحسين إنتاج الطاقة الكهربائية، بحيث يضمن وثوقية تشغيل المحطة و رفع أدائها.

1-3- أهمية البحث:

تبرز أهمية البحث من خلال:

1. تطبيق نظام صيانة فعال.
2. الإقلال من الإصلاحات الطارئة.
3. تخفيض أزمدة توقف محطة توليد الطاقة الكهربائية وإطالة فترة بقاء المحطة في الخدمة.
4. المحافظة على وظائف المعدات والتجهيزات المكونة للمجموعات الميكانيكية، من خلال توضيح تطبيق إجراءات الصيانة وفق المواصفات الدولية ومعايير الشركة المصنعة وانعكاسها الاقتصادي من ناحية التكلفة وعدد العمال والزمن المستغرق وتقليل الهدر والتوالف أثناء الصيانة، تقليل عدد قطع الغيار المستهلكة أثناء الصيانة، تقليل الوقت اللازم للصيانة، الاستعداد التام لمواجهة الظروف الطارئة والحالات الحرجة التي يمكن أن تحدث أثناء التشغيل.

1-4-هدف البحث :

يتمثل الهدف الرئيس للبحث في إعداد نظام صيانة متكامل وفقاً للمعايير العالمية لمجموعة عناصر الآلات لبعض التجهيزات الميكانيكية في محطة تشرين لتوليد الطاقة الكهربائية كالمضخات (عدد مضخات التغذية في محطة تشرين 6 مضخات) بهدف الإقلال من التوقفات الغير مخططة (المفاجئة)، ويضمن جودة التشغيل والتحسين بالأداء فنياً واقتصادياً والعمل على زيادة الفاعلية الاجمالية لمجموعة التجهيزات الميكانيكية الموجودة وكذلك عمل المحطة بشكل عام، ويكون أحد الاعتبارات الأساسية لتطبيق الصيانة المنتجة الشاملة Total Productive Maintenance (TPM) مستقبلاً في محطة (محطات) توليد الطاقة الكهربائية الحرارية في سوريا.

1-5-منهجية البحث:

سيتم اتباع دراسة الحالة Case Study كمنهج لهذا البحث مع اعتماد المنهج الوصفي التحليلي من خلال الرجوع لعدد من المراجع العلمية.

1-6-النتائج التطبيقية المتوقعة من البحث والجهات المستفيدة منها:

الحصول على جاهزية وكفاءة فنية واقتصادية عالية لعمل المجموعات الميكانيكية في محطة تشرين لتوليد الطاقة الكهربائية، ولاسيما تحسين الأداء الاجمالي لها، من خلال تطبيق نظام صيانة متكامل يضمن تحقيق الجودة الفنية المطلوبة، وكذلك اقتراح تعميم ذلك على باقي محطات توليد الطاقة الكهربائية في سوريا مراعين من خلال ذلك الخصوصية الفنية والتشغيلية لكل محطة من محطات توليد الطاقة الكهربائية.

1-7-خطة البحث:

- اجراء توصيف هندسي وفني لتسلسل مراحل العمل في أقسام محطة تشرين الحرارية.
- فهم آلية عمل المجموعات الميكانيكية الموجودة فيها وتقييمها.
- بناء نظام صيانة متكامل يهدف إلى تعزيز جودة أداء عناصر الآلات الموجودة في المحطة اعتماداً على معايير عالمية، تم إعادة العمرة للمضخة (عينة الدراسة) وبعدها تم اعداد نظام صيانة وقائي لها.
- تطبيق نظام الصيانة وتقييم النتائج لتوضيح مناطق القوة والضعف بعد عملية التطبيق.
- صياغة نتائج البحث و وضع المقترحات والتوصيات أصولاً لأبحاث مستقبلية لاحقة.

الفصل الثاني

الإطار النظري للدراسة

يعرض هذا الفصل ما يلي :

- مقدمة.
- أنواع المضخات.
- أجزاء المضخة الطاردة المركزية Centrifugal Pumps.
- كيفية إدارة المضخات.
- الدفع المحوري في المضخات.
- الاستطاعة اللازمة لتشغيل المضخة.
- العوامل التي تؤثر على أداء المضخة.

الفصل الثاني

الإطار النظري للدراسة

2-1- مقدمة:

تعتبر المضخة ثاني أكثر الآلات انتشاراً بعد المحرك الكهربائي وهي آلة ميكانيكية تستخدم لزيادة الطاقة الهيدروليكية وعادة تستخدم لرفع السوائل من مستوى منخفض إلى مستوى آخر أعلى من مستوى السحب وللمضخات أنواع كثيرة جداً لتنوع التطبيقات والاستخدامات، تدخل المضخات في العديد من الصناعات والمجالات لتخدم مختلف الأنظمة ومنها :

- 1- شبكات المياه والري والصرف الصحي.
- 2- نقل البترول من مواقع الإنتاج لشركات التكرير.
- 3- نقل المنتجات البترولية داخل شركات التكرير بين الوحدات.
- 4- نقل المياه لأنظمة التبريد وأنظمة إنتاج البخار.
- 5- عمليات حقن الكيماويات اللازمة للمعالجة بكميات دقيقة محسوبة.
- 6- توليد ضغوط عالية جداً للمياه لتستخدم في عمليات تنظيف أنابيب المبادلات.

2-2- أنواع المضخات :

تنقسم المضخات إلى نوعين رئيسيين هما :

1- مضخات الضغط الديناميكي Dynamic Pumps :

هي أكثر الأنواع شيوعاً ويمكن استخدامها مع معظم السوائل، وتنقسم إلى مضخات طاردة مركزية ومضخات مروحية وفي النوع الأول يكون اتجاه التدفق في الاتجاه نصف قطري أي من المركز إلى الخارج بينما في النوع الثاني يكون اتجاه التدفق في اتجاه محور المضخة، ويلاحظ أن التدفق يزداد في المضخات المروحية عنها في الطاردة المركزية بينما يزداد الضغط الناتج في المضخات الطاردة المركزية عنها في المحورية.

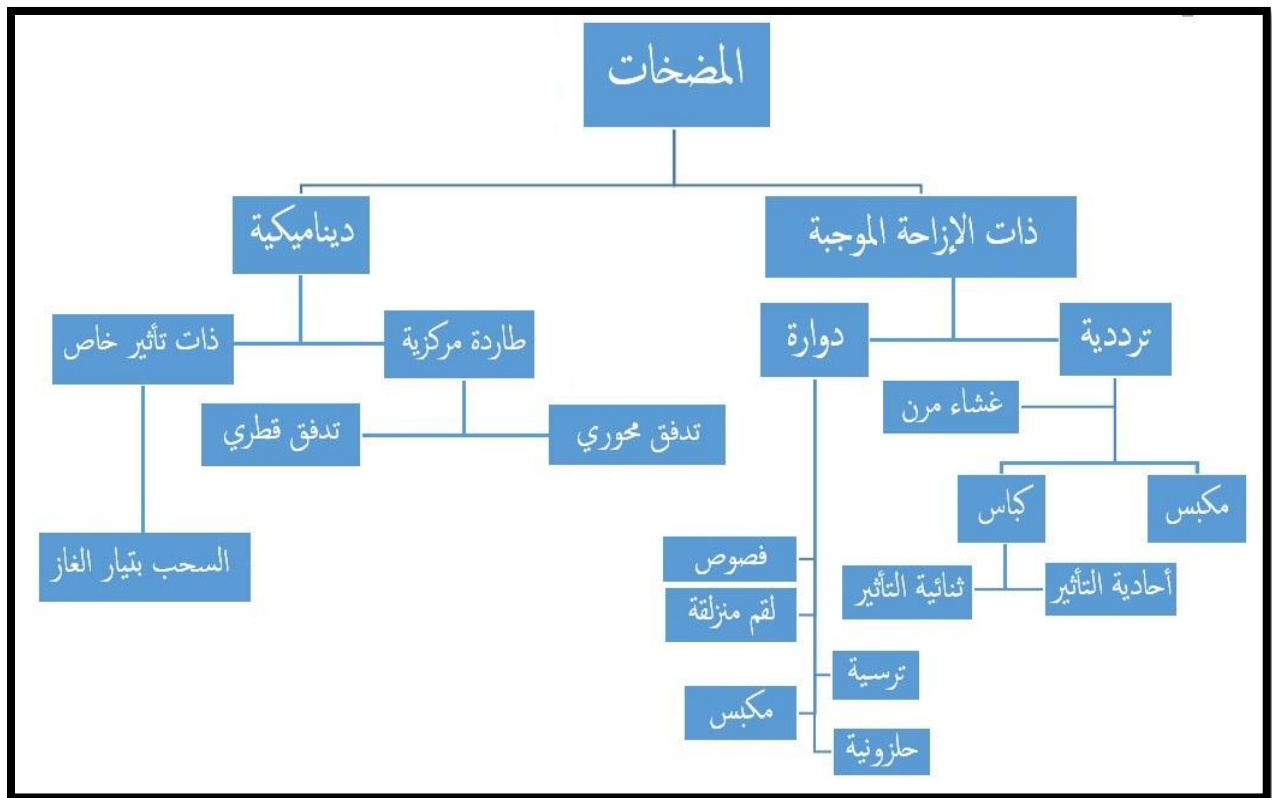
2- المضخات ذات الإزاحة الموجبة Positive Pumps:

وهي تقسم إلى قسمين رئيسيين :

أ. مضخات ذات حركة ترددية Reciprocating Pumps .

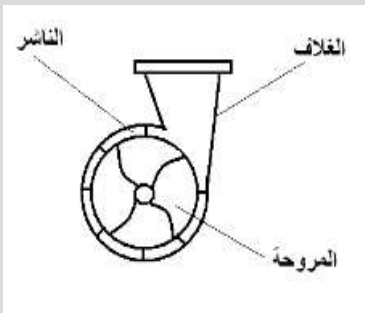
ب. مضخات ذات حركة دورانية Rotary Pumps.

والفرق الأساسي بين النوعين هو أن مضخات الضغط الديناميكي يمكن أن تعطي قيم مختلفة للغزارة (التدفق) بين الصفر وحد أقصى محدد مع دورانها بسرعة ثابتة وذلك باستخدام صمام على مخرج المضخة بينما المضخات الإيجابية تعطي تدفق ثابت إذا دارت بسرعة دوران ثابتة، وعلى هذا إذا وضع صمام على مخرج المضخة الإيجابية فإنه يكون عديم الفائدة إلا أنه إذا إغلق تماماً بطريق الخطأ فإنه يؤدي إلى احتراق محرك التشغيل أو حدوث عطب في أضعف أجزاء أنابيب الشبكة الهيدروليكية.



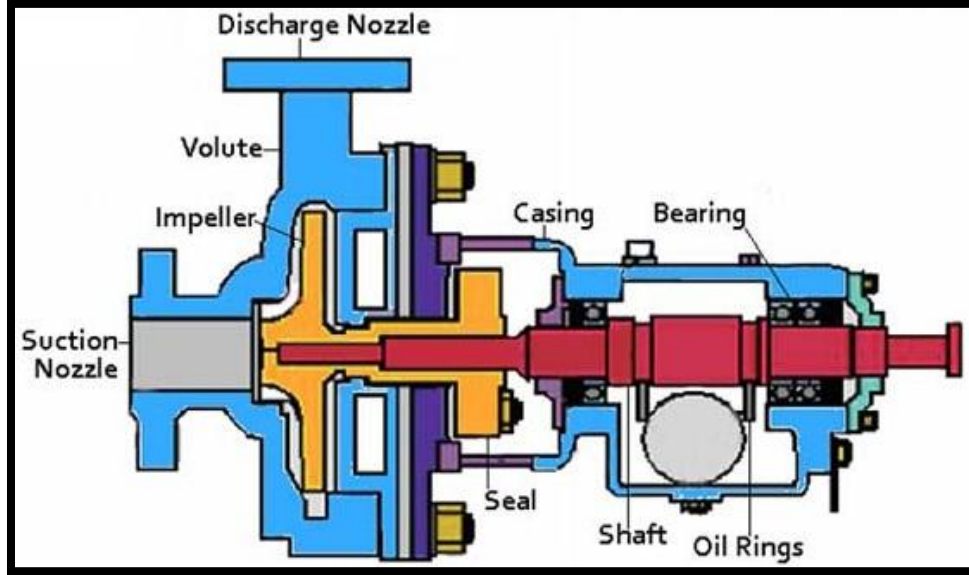
الشكل (1.2) التصنيف العام للمضخات [1]

جدول (1.2) المقارنة بين مضخات الضغط الديناميكي والمضخات الإيجابية [1]

مضخات ذات الإزاحة الموجبة Positive Pumps	مضخات الضغط الديناميكي Dynamic Pumps	وجه المقارنة	مسلسل
يعتمد مبدأ العمل على أنه لو قل حجم سائل ما لزداد ضغطه. $V_2 < V_1$ $P_2 > P_1$ حجم V_2 ضغط P_2 حجم V_1 ضغط P_1	المحرك يكسب دوار المضخة طاقة سرعة تكسب السائل طاقة سرعة تتحول إلى ضغط عندما يمر السائل في الناشرة الحلزونية Diffuser . 	مبدأ العمل	1
1- المضخة الترددية (مكبسية) .Reciprocating 2- المضخة الترسية Gear 3- المضخة الحلزونية Screw 4- المضخة ذات اللقم Vane 5- المضخة ذات الفصوص Lobe	1- المضخة الطاردة المركزية. 2- المضخة المروحية.	أهم الأنواع	2
منخفضة	عالية	السرعة	3
منخفضة	عالية - متوسطة	التدفق - الغزارة	4
عالي	متوسط - منخفض	الضغط	5
مكلفة جداً	غير مكلفة	الصيانة	6

2-3- أجزاء المضخة الطاردة المركزية Centrifugal Pumps :

تتكون المضخة الطاردة المركزية من أجزاء رئيسية كما هي موضحة بالشكل التالي :

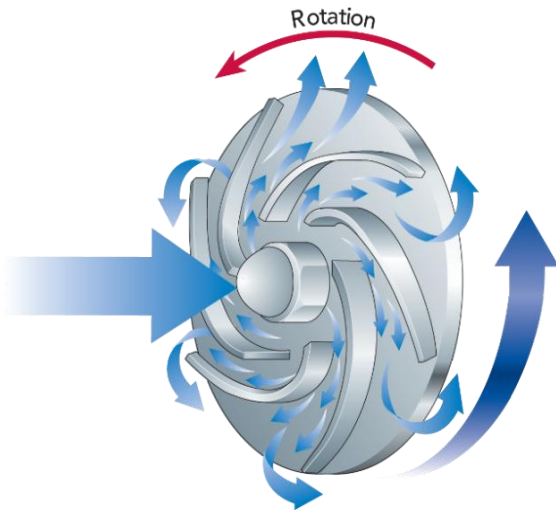


1- الغلاف (Case).	6- فتحة السحب (Suction Nozzle).
2- المروحة (Impeller).	7- فتحة الخروج (Discharge Nozzle).
3- العمود (Shaft).	8- مانعات التسرب (Seal).
4- كراسي التحميل (Bearing).	9- المجرى الحلزوني (Volute).
5- حلقات التزييت (Oil Rings).	10- صامولة تثبيت (Nut).
الأجزاء الرئيسية لمضخة الطرد المركزي	

الشكل (2.2) مقطع عرضي لتوضيح أجزاء مضخة الطرد المركزي، [6]

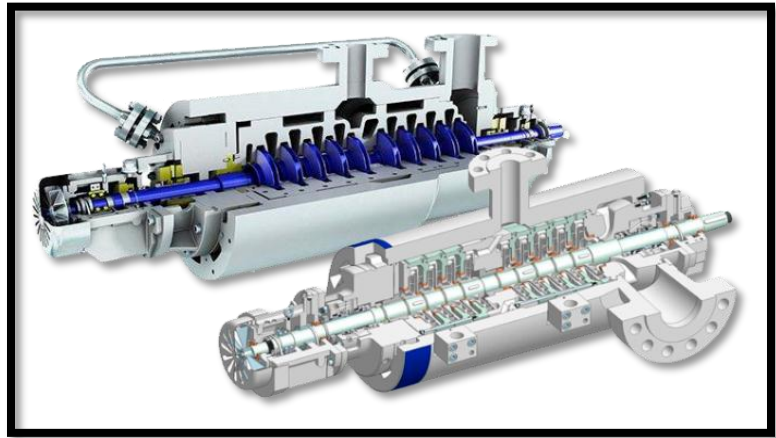
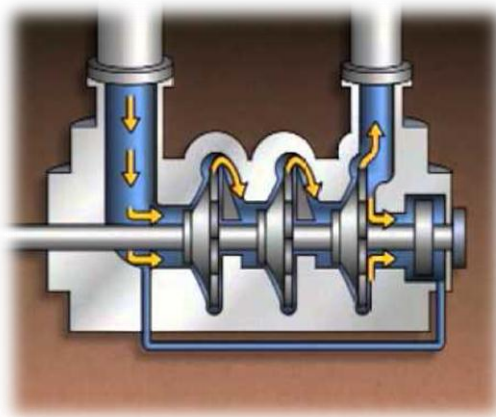
حيث أن المضخة الطاردة المركزية يمكن أن تعطي قيم مختلفة للتدفق بين صفر وحد أقصى معين فإنه من المعتاد أن تعطي الشركات المنتجة للمضخات مجموعة من المنحنيات في كتالوجات المضخات تسمى منحنيات الأداء (Performance Curves) وهي تمثل العلاقة بين التدفق وباقي المتغيرات الخاصة بالمضخة مثل الضغط والمردود والاستطاعة.

يمكن للمضخات الطاردة المركزية أن تكون أحادية المرحلة (Single Stage Pump) أي لها مروحة واحدة



أو متعددة المراحل (Multistage Pump) ولها مروحتان أو أكثر في غلاف واحد، في المضخة متعددة المراحل تعطي كل مرحلة ضغط محدد وبالتالي يكون الضغط الناتج من جميع المراحل يساوي تقريباً ضغط المرحلة الواحدة مضروباً بعدد المراحل، ويتم ترتيب المراوح حتى يكون طرد المروحة الأولى (المرحلة الأولى) هي سحب المروحة الثانية أو التي تليها وهكذا، يكون الهدف من هذه المضخات هو الحصول على تدفق كبير وهذا ما تتميز به مضخات الطرد المركزي.

الشكل (3.2) الطرد المركزي في المضخات



الشكل (4.2) مقطع لمضخة طاردة مركزية متعددة المراحل [6]

2-4- كيفية إدارة المضخات :

هناك طرق عديدة لإدارة المضخات وهي كالتالي:

- 1- المحرك الكهربائي.
- 2- التوربينات البخارية.
- 3- محركات الاحتراق الداخلي (ديزل - غاز).
- 4- التوربينات الغازية.

2-5- الدفع المحوري في المضخات :

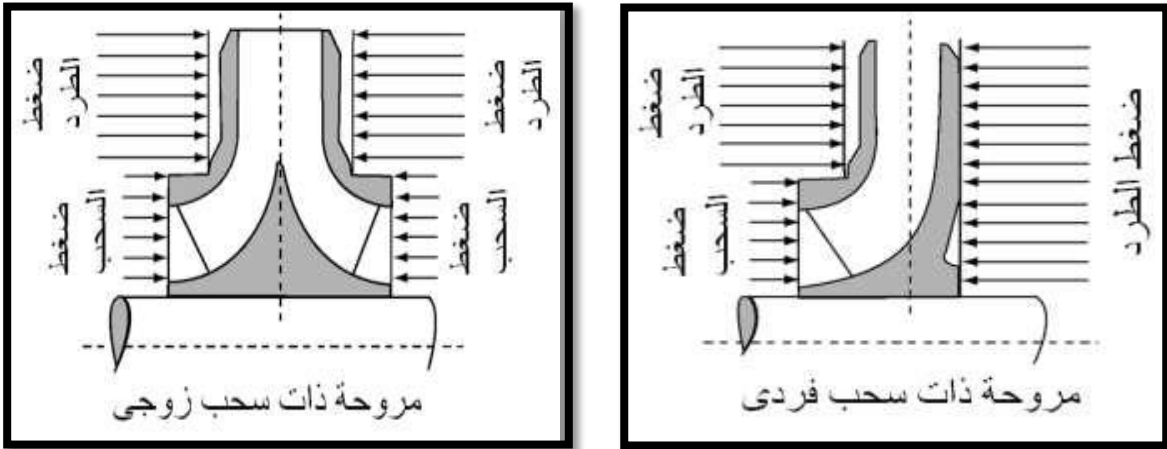
يتعرض عمود الدوران إلى حركة محورية أثناء التشغيل يميناً ويساراً نظراً للقوى الهيدروليكية المتولدة نتيجة مرور السائل المضغوط خلال المروحة وبالتالي تدفع هذه الحركة العمود وكل ما يحمله من أجزاء وبخاصة المروحة والتي من الممكن أن تحتك بالغلاف مما قد يؤدي لتدمير المضخة.

يتعرض السطح الخلفي للمروحة إلى ضغط الطرد بينما يتعرض السطح الأمامي (الوجه) إلى قسمين الأول ضغط الطرد والآخر ضغط السحب ولما كانت المساحة السطحية لوجه المروحة تساوي المساحة السطحية للسطح الخلفي للمروحة فإن مجموع القوى المؤثرة على الظهر سوف تزداد عنها في الوجه بمقدار الجزء المعرض لضغط السحب مما يجعل القوى المؤثرة محورياً على المروحة تدفعها باتجاه جهة السحب، لهذا يمكن استخدام المروحة مزدوجة السحب لموازنة هذه القوى ومع ذلك قد لا تتعادل فيها القوى المحورية للأسباب الآتية:

أ- وجود نقطة ربط قريبة من مدخل السحب قد تتسبب في عدم تساوي السحب لمدخلي المروحة.

ب- وجود اختلاف في تماثل شكل الغلاف بسبب التصنيع على جانبي سطوح الطرد للمروحة.

ت- اختلاف التسريب بين حلقتي الاحتكاك على جانبي مدخل المروحة.

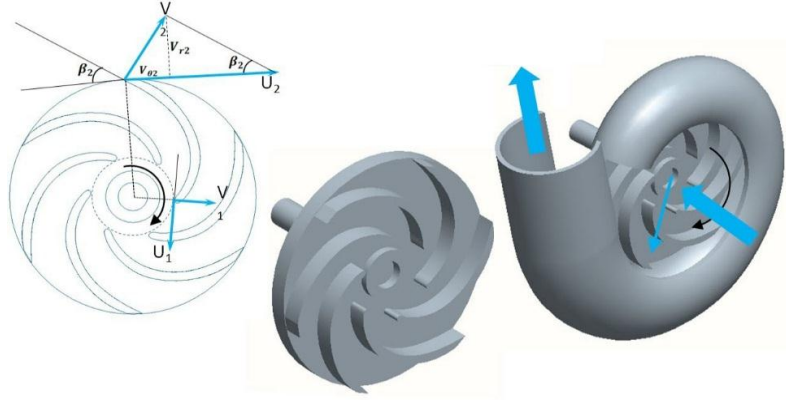


الشكل (5.2) مصدر الضغوط المؤثرة على المروحة المسببة للدفع المحوري، [5]

ولهذه الأسباب فإن المضخة المروحية مهما كان نوعها تحتاج لوسيلة لكبح هذه القوى المحورية ومن أحد الحلول استخدام كراسي رد الفعل المحوري Axial Thrust Bearing.

2-6- الاستطاعة اللازمة لتشغيل المضخة :

بالنظر للمضخة على أنها آلة تحول الطاقة الميكانيكية إلى طاقة هيدروليكية فإن مردود عمل المضخة (Efficiency) يعرف بأنه النسبة بين القدرة الناتجة (Out Power) إلى القدرة الداخلة (Input Power) .



الشكل (6.2) مثلث السرعة وحساب الاستطاعة اللازمة لتشغيل المضخة، [11]

$$\text{Efficiency} = \eta = (\text{Hydraulic Power}) / (\text{Mechanical Power}) \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{Efficiency} = \eta = (P \times Q / \text{Constant}) / (\text{Mechanical Power}) \dots\dots\dots (2)$$

$$(\text{Mechanical Power}) = P \times Q / (\eta \times \text{Constant}) \dots\dots\dots (3)$$

وحيث أن الضغط (P) يمكن التعبير عنه بالعلاقة : $P = \gamma \cdot h$ حيث γ الوزن النوعي للسائل بالـ (kg/m^3) و (h) ارتفاع عمود السائل بالـ (m) (الضاغط) :

$$(\text{Mechanical Power}) = (\gamma \cdot Q \cdot h) / (\eta \times \text{Constant}) \dots\dots (4)$$

حيث أن (Q) هي كمية التدفق (الغزارة) بالـ (m^3/s)، والـ (Constant) هو ثابت يتعلق بمردود المضخة ويحدد من الجداول حسب استطاعة المحرك الكهربائي (بالنسبة للمضخة عينة الدراسة كون استطاعة المحرك الكهربائي لها "3 ميغاواط" تكون قيمة الثابت ضمن المجال [70-80]، بأخذ قيمة وسطية لهذا الثابت يكون (Constant = 75)، [9]

ولحساب القدرة الميكانيكية المطلوبة لإدارة المضخة بالحصان نستخدم الوحدات الآتية :

[η]: المردود الميكانيكي للمضخة، بالتالي يكون :

$$H_p = \frac{\gamma \cdot Q \cdot h}{\eta \times 75}$$

فيما يلي جدول يبين مؤشرات حساب القدرة والمردود في المضخات بشكل عام :

جدول (2.2) وحدات بارمترات حساب القدرة والمردود في المضخات

Mechanical Horse Power	القدرة الميكانيكية بالحصان
γ (kg/m ³)	الوزن النوعي بالكيلو غرام لكل متر مكعب
Q (m ³ /s)	الغزارة أو التدفق بالمتر المكعب لكل ثانية
h (m)	ارتفاع عمود السائل بالمتر
η	مردود عمل المضخة
P (bar)	الضغط المطلوب من المضخة

ومن المعادلة السابقة يتضح أنه لحساب القدرة الميكانيكية المطلوبة لإدارة المضخة يجب معرفة قيمة التدفق والضغط المطلوبين من المضخة وكذلك مردود عمل المضخة.

2-7-العوامل التي تؤثر على أداء المضخة:

2-7-1- تأثير السرعة على أداء المضخة :

كلما أمكن تصميم المضخة الطاردة المركزية لسرعة أكبر استطعنا الحصول على مضخات تعطي معدل أكبر وضغط أعلى وكفاءة أعلى فمثلاً عند سرعة (1500 r.p.m) لا يمكن الحصول على تدفق أكثر من (1250 m³/h) وضغط أعلى من (14 bar) وبمردود (23%) ولكن تستطيع الحصول على (2500 m³/h) وضغط أعلى من (48 bar) وبمردود (40%) لنفس (الدولاب الدائر) المروحة عند سرعة دوران (3000 r.p.m)، وعليه فإن تصميم المضخات لسرعات أعلى أمكن التوصل لمعدلات تدفق وضغوط ومراديد أفضل وبالتالي ينخفض حجم المضخة بالنسبة للاستطاعة المستهلكة لتشغيلها وينعكس هذا على التكلفة المبدئية للمضخة والمحرك وتكلفة التشغيل بعد ذلك.

2-7-2- تأثير الخلوص على أداء المضخة:

للخلوص الذي تكونه حلقات الاحتكاك تأثير كبير على مردود المضخة وقدرتها على الوصول للتدفق الاسمي فكلما زاد الخلوص كانت كمية السائل العائد من انبوب الطرد إلى انبوب السحب أقل كان السائل المار من خلال هذا الخلوص أقل، وبالتالي أمكن للمضخة تحقيق التدفق المطلوب بمردود أكبر.

2-7-3- تأثير تقليل قطر المروحة على أداء المضخة :

تصمم المضخات عادة بحيث تقبل لأغلفتها أقطار متنوعة للمروحة حتى تستطيع الاستجابة لأي تغير في ظروف التشغيل وعليه فإن تقليل قطر المروحة ينتج عن ذلك ضغط للطرْد أقل وتدفق (غزارة) أقل وبالتالي مردود أقل.

2-7-4- التكيف Cavitation :

تطلق كلمة تكيف عند تشكل فقاعات أو جيوب مملوءة بالهواء أو الأبخرة أو الغازات أو خليط ما سبق داخل السائل وتحدث هذه الظاهرة للأسباب الآتية:

- أ- تسرب الهواء لداخل المضخة عبر أحد أجزائها مثل ثقب في الغلاف أو مانعة التسرب الميكانيكي أو أحد أنابيب السحب ويمكن حلها بمعالجة المكان الذي يتسرب منه الهواء.
- ب- عندما تكون ظروف السحب مهيأة لتشكل بخار السائل المضغوط بسبب انخفاض لضغط السحب أو ارتفاع لدرجة الحرارة ونستطيع معالجة هذا الأمر بجعل ظروف السحب لا يتشكل فيها بخار للسائل عبر التحكم بما يسمى (صافي الضغط الموجب للسحب Net Positive Suction Head) وعندما تشكل هذه الجيوب والفقاعات في منطقة السحب فإنها تتجرف مع مرور السائل داخل المضخة ليرتفع ضغطها بدورها مع السائل ولكن كونها في حالة بخارية قابلة للانضغاط أكثر من السائل فإنها تستجيب بصورة أكبر لضغط السائل حولها ويصل ضغطها لحالته القصوى قبل الاصطدام بالمروحة لتتصادم بالمروحة كالقنبلة الدقيقة جداً مكونة شراً فيها ومع انفجار عدد كبير من الفقاعات واستمرار هذه الظاهرة لفترة يسمع للمضخة صوت طرقات عالية جداً واهتزازات وينتج عن ذلك مشاكل كبيرة للمضخة وهي :



- i. تآكل واهتراء في المروحة.
- ii. تآكل المحامل.
- iii. اهتزازات وضوضاء عالية.
- iv. انحناء عمود الإدارة الرئيسي.

الشكل (7.2) تآكل واهتراء في المروحة نتيجة التكيف، [12]

2-7-5- صافي الضغط الموجب للسحب (NPSH) : Net Positive Suction Head :

هو أقل ضغط سحب يمكن للمضخة أن تعمل عنده لتعطي الضغط والتدفق المطلوبين دون التعرض لظاهرة التكيف ولصافي الضغط الموجب نوعان:

أ- صافي الضغط الموجب للسحب المطلوب (NPSH (Required) :

تقوم المصانع المنتجة للمضخات بتحديد صافي الضغط الموجب للسحب والذي يمكن للمضخة أن تعمل عنده لتعطي الضغط والتدفق المطلوبين دون التعرض لظاهرة التكيف.

ب-الضغط الموجب للسحب المطلوب (NPSH (Available) :

بعد تصميم خط أنابيب سحب المضخة يمكن حساب الضغط عند فتحة سحب المضخة بحيث يكون أكبر أو يساوي الضغط داخل المضخة حتى لا يحدث ظاهرة التكيف :

$$NPSH (Available) \geq NPSH (Required) , [10]$$

2-7-6- تأثير درجة الحرارة :

يتأثر السائل المدفوع عبر المضخة عند زيادة درجة حرارته بسبب الاحتكاك أو ظروف تشغيل السائل أو ضعف في طريقة تبريده نظراً لإمكانية تشكل بخار للسائل عند نفس الضغط بعد ارتفاع الحرارة.

2-7-7- اللزوجة :

كلما زادت اللزوجة انخفض مردود المضخة المروحية وفي هذه الحالة يمكن تسخين السائل قبل دخوله للمضخة.

2-8- تشغيل المضخات :

يتم اختيار المضخة لضخ كمية معينة بضغط محدد عندما تدور بالسرعة الاسمية، وتحدد هذه البارامترات وفقاً لحالات التشغيل التي تغطي معظم وقت تشغيل المضخة، ويساعد في ذلك أيضاً منحنيات أداء المضخة، المضخات ذات الإزاحة الايجابية لاتستطيع تغيير معدلات تدفقها إلا بتغيير سرعاتها، أما المضخات الديناميكية فتعمل ضمن مجال واسع من معدلات التدفق (الغزارة): ابتداءً من الصفر تقريباً حتى أقل معدل لها، ويتوقف معدل ضخ المضخة الطاردة المركزية على مقاومات الضغط فإذا زادت هذه المقاومات انخفض معدل تدفق المضخة وإذا انخفضت المقاومات ازداد معدل التدفق ولهذا يمكن تقليل معدل تدفق هذه المضخة بخنق تيار الضغط وذلك بغلق صمام المخرج جزئياً فتزداد مقاومات الضغط، وهناك طريقة أخرى لتغيير معدل التدفق وذلك بتغيير سرعة دوران المضخة، [13].

2-8-1- تحضير المضخات Priming Of Pumps:

يتغير الضغط الناتج عن عمل المضخة بتغير نوع السائل، فإذا دارت المضخة مع وجود هواء بداخلها فإنها لاتعطي الضغط المانومتري المطلوب منها لذلك يجب أن تكون المروحة مغمورة بالسائل المطلوب ضخه، في مثل هذه الحالة يجب تحضير المضخة قبل تشغيلها أي ملأها بالسائل المطلوب ضخه قبل تشغيلها.

2-8-2- المضخات ذاتية التحضير Self-Priming Pumps :

في هذا النوع تكون دائماً مروحة المضخة مغمورة ولو جزئياً في الماء عند توقف المضخة، عند تشغيل المضخة تبدأ بتحريك الماء داخلها (بين الغلاف وانبوب السحب) باستخدام عدد من الصمامات ومع استمرار عملية التحريك تبدأ فقاعات الهواء في الغلاف وانبوب السحب بالخروج من انبوب الطرد وعندما يتم طرد الهواء كلياً تكون المضخة جاهزة للتشغيل العادي.

2-9- إرشادات بدء وإيقاف المضخات Starting And Stopping Procedures :

2-9-1- خطوات تشغيل المضخات :

1- قبل تشغيل المضخة يجب التأكد أن محامل المضخة وزيت التزييت في حالة نظيفة صالحة للاستعمال كما يجب التأكد من أن اتجاه دوران المحرك هو الاتجاه المحدد للمضخة وذلك قبل تركيب القارنة Coupling وبعد تركيب القارنة يجب التأكد أن العمود يمكن إدارته باليد بسهولة وإذا كانت المضخة تدخل سائل ساخن يجب محاولة إدارة المضخة بعد وصول المضخة إلى حرارة التشغيل باليد قبل تشغيل المحرك.

2- تحضير المضخة إذا كانت فوق مستوى سطح السحب.

3- فتح مياه التبريد للمحامل وسائل منع التسرب.

4- إذا كانت المضخة كبيرة ويخشى من ارتفاع درجة الحرارة إذا تم التشغيل وصمام الطرد مغلق فيجب أن تكون للمضخة دائرة عكسية Recycle Line تفتح قبل تشغيل المحرك.

5- بدأ تشغيل المحرك (مع ضرورة إيقافه إذا صدر أي صوت عالي أو إذا لم تعمل المضخة فوراً) ثم فتح صمام الطرد تدريجياً بعد التأكد من عدم وجود أي ظواهر غير عادية.

6- إغلاق الدائرة العكسية Recycle Line.

أما إذا كانت المضخة ترددية فهناك استثناء وحيد أنه لا تبدأ المضخة مطلقاً وخط الطرد مغلق دون التأكد من فتح صمام التغذية الراجعة.

2-9-2- ما يجب مراعاته أثناء تشغيل المضخة :

- 1- استمرار التبريد أثناء التشغيل.
- 2- ثبات حمل المحرك.
- 3- وجود السائل باستمرار داخل المضخة (عدم فقد السحب).
- 4- مراقبة ثبات قيم ضغطي السحب والخرج.
- 5- عدم وجود أي تسريب بالمضخة.
- 6- عدم وجود اهتزازات بالمضخة.

2-9-3- خطوات إيقاف تشغيل المضخات :

- 1- فتح صمام الدارة العكسية إذا كانت موجودة Recycle Line .
- 2- إغلاق صمام الطرد تدريجياً.
- 3- إيقاف تشغيل المحرك.
- 4- إغلاق سوائل التبريد وسائل منع التسرب.
- 5- تصفية وإفراغ المضخة من السائل إذا كانت ستترك لمدة طويلة أو ليتم بها عمليات إصلاح أو صيانة.

2-9-4- الأسباب التي من أجلها يتم إيقاف المضخة اضطرارياً وتسليمها للصيانة:

- 1- تسريب شديد مفاجئ.
- 2- اهتزازات شديدة.
- 3- صدور صوت غير عادي.
- 4- ارتفاع حمل المحرك.
- 5- انخفاض ضغط الطرد والتدفق.
- 6- خلل في دارة التبريد.

الفصل الثالث

الصيانة الفنية للمعدات الميكانيكية

يعرض هذا الفصل ما يلي :

- نبذة عن تطور الصيانة ومفهومها وتعريفها.
- أهمية وأهداف الصيانة وأنواعها.
- طبيعة الأعطال وعلاقتها بنوع الصيانة.
- أساليب وتقنيات تنظيم الصيانة.
- تشخيص أعطال المضخة والأعطال الشائعة فيها.
- بعض المشكلات وأسبابها وطرق حلها.

الفصل الثالث

الصيانة الفنية للمعدات الميكانيكية

3-1- نبذة عن تطور الصيانة:

منذ قديم الأزل كانت الصيانة وظيفة ثانوية وبدائية سيطر عليها الطابع التقليدي وهو الإصلاح وقت حدوث العطل أو ما يسمى بالصيانة الإسعافية وعندها تدفع إدارة المنشأة أضعاف ما تم توفيره من أموال نتيجة تجاهل تطبيق الصيانة الصحيحة بجميع أنواعها.

بدأت العديد من المؤسسات والهيئات المختلفة مع التطور العلمي والصناعي في الاعتراف بأهمية الصيانة والاهتمام بأساسياتها وكيفية التخطيط لتطبيقها والاتجاه نحو الاستغناء عن الطرق التقليدية القديمة والاقتناع بأن الصيانة تساهم في ضبط التكاليف والتنبؤ بأي عطل مفاجئ وتفاذي حدوث أي خطأ إنساني. تركزت الأبحاث الأولية للصيانة على بناء نماذج رياضية للصيانة وذلك في أوائل الستينيات وأظهرت التطبيقات الأولية لهذه النماذج عدة نتائج سلبية وأخرى ايجابية نذكر منها:

- بعض هذه النماذج تعطي حلولاً صحيحة وأخرى غير صحيحة.
 - أن هناك فجوة كبيرة بين النظري والتطبيق خاصة في الدول النامية.
 - أن عمليات تنظيم الصيانة وتخطيطها وأنظمة المعلومات والعمالة التي سوف تطبقها والتكلفة الاقتصادية لها ليست واحدة في جميع المؤسسات.
 - أظهرت بعض التطبيقات الصحيحة آثاراً جوهرية في تطوير أعمال الصيانة وأهميتها.
- مع تطور النماذج والأبحاث التي أظهرت أسس ومفاهيم هامة جداً في مجال التطبيق أصبحت المعرفة العلمية الخاصة بإدارة الصيانة أكثر نضوجاً وتطورت برامج الصيانة لتشمل جميع أنواع الصيانة الوقائية والتوقعية والإسعافية وغيرها من أنواع الصيانة التي تضمن الحفاظ على مكونات المنشأة وزيادة عمرها الافتراضي وتقليل التكلفة.
- ومن ثم تم إخراج نموذج للصيانة قابل للتطوير والتغيير ليتم تطبيقه وتطويره في جميع المؤسسات التي تهتم بهذا الحل من حقول المعرفة.

3-2- مفهوم وتعريف الصيانة :

عرفت الصيانة منذ زمن بعيد ولكن تغير مفهومها وتعريفها حسب الزمان والمكان، وتعرض تعريف الصيانة لتغيرات متعددة في معانيه طبقاً للنواحي العلمية وأساليب تطبيقها ولكن ركزت معظم تعاريف الصيانة على أمور أساسية خلال تعريفها للصيانة:

- الصيانة عمل أو مجموعة أعمال.
- تهدف لإعادة الأصل لحالته الأولية للقيام بوظيفته.
- تتضمن الكشف عن الأعطال كعمل وقائي لتجنب الأعطال المثيلة المتوقع حدوثها مستقبلاً.
- عملية هامة في تحديد وتقنين التكلفة الاقتصادية .

فيما يلي بعض تعاريف للصيانة كما وردت في بعض الأبحاث والكتب العلمية :

1- الصيانة عمل دوري مطلوب للحفاظ على إمكانية المؤسسة أو أي ملكية حقيقية كالحالة التي يمكن الاستفادة منها في حالتها الأصلية أو بالطاقة والفاعلية التي صممت بها.

2- الصيانة هي قابلية أحد الأجزاء لتنفيذ أعمال الإصلاح خلال فترة زمنية محددة بهدف استرجاعه والوصول به إلى حالة معينة تسمح بإعادة قيامه بوظائفه المطلوبة منة بمواصفات مقبولة.

3- الصيانة هي مجموعة من الأعمال الفنية التي يتم القيام بتخطيطها وتنظيمها والرقابة عليها والتي تهدف إلى المحافظة على أصول المشروع في حالة تسمح لها بأداء وظيفتها وفقاً لطاقتها المحدودة بتكلفة اقتصادية". محمد نمر علي أحمد (المفهوم الإداري للصيانة الصناعية وتطورها).

4- " إن كلمة صيانة حسب معجم OXFORD هي (hold it one's hand) أي اجعله في متناول اليد، والمنشأ اللاتيني لمفهوم الصيانة حسب مصطلحات اليوم وكما يعبر عنه في الصناعة الألمانية القياسية DIN 31050 هو ضمان صيانة الآلة والتجهيزات والمعمل لتبلي متطلبات المستوى الانتاجي لقسم الإنتاج"

في النهاية نقترح تعريف الصيانة على أنها ((عمل أو مجموعة من الأعمال المنظمة التي تتم على جزء معين أو مجموعة من الأجزاء بغرض استرجاع الأصل التالف أو الذي سيتلف إلى حالته الأولية التي كان عليها أو الحفاظ عليه مما يضمن قيام الأصل بوظيفته وذلك بتكلفة اقتصادية)).

3-3- أهمية وأهداف الصيانة :

الصيانة عملية مستمرة حتى في حالة توقف الآلة أو المعدة عن العمل وذلك لما تتعرض له تلك المعدات والآلات من عوامل تؤثر عليها مثل التآكل والصدأ خلال فترة عمرها التشغيلي، وتظهر أهمية الصيانة عندما تحقق الأهداف المرجوة منها، ومن هذه الأهداف:

1- المحافظة الدائمة على الحالة الجيدة للآلات أو المعدات وضمان حسن الأداء وبالتالي جودة و زيادة الإنتاج.

2- زيادة العمر الافتراضي للآلات وبالتالي الحصول على عائد اقتصادي كبير .

3- الإقلال من حدوث الأعطال وما تسببه من خسارة اقتصادية نتيجة توقف عملية الإنتاج وتكاليف إعادة التشغيل.

4- تحقيق ظروف تشغيل مستقرة وبالتالي زيادة شروط ومناخ السلامة الصناعية لمواقع العمل.

5- تحديد تكاليف الإصلاح وإدراجها ضمن الموازنة العامة للمنظومة.

3-4- أنواع الصيانة :

3-4-1- الصيانة الطارئة (الإسعافية):

هي مجموعة العمليات التي تتم لإصلاح الآلات نتيجة حدوث تلف أو عطل مفاجئ أدى إلى توقف الآلة عن العمل، وعادة ما يكون السبب في هذا عدم إتباع تعليمات المصنع وتطبيق الصيانة الوقائية الصحيحة.

3-4-2- الصيانة التصحيحية أو العلاجية المخططة (Corrective maintenance):

هي مجموعة العمليات التي تتم لإصلاح الآلات حسب خطة زمنية موضوعة تحدد من قبل مصنعي الآلة أو من قبل الفنيين ذو الخبرة القائمين بالصيانة، ويتم فيها إجراء عمليات الإصلاح على بعض الأجزاء بهدف إعادة استعمالها مرة أخرى مثل إصلاح الجزء المتآكل أو المتشقق باللحام، ويتم فيها أيضاً عمليات الضبط والمعايرة لبعض أجزاء الآلة التي تحتاج الى ذلك.

3-4-3- الصيانة الوقائية (Preventive maintenance) :

وهي القيام ببعض أنشطة الصيانة والتي قد سبق التخطيط لها بعناية شديدة من حيث الوقت وتوفير قطع الغيار والأيدي العاملة المتخصصة مما ينتج عنه الحفاظ على المضخة وزيادة عمرها الافتراضي ومن هذه الأنشطة:

1) التزييت و التشحيم :

يتم تشحيم المحامل أو تزييتها كل 500 ساعة أو كل 60 يوم أو حسب تعليمات الشركة المصنعة.

2) ضبط حلقات الإحكام:

لابد من ضبط حلقات الإحكام بصفة دورية للمحافظة على درجة الاحكام المناسبة بين المانعات وعمود إدارة المضخة وذلك بالربط المتزن لحلقات الإحكام، [14].

(3) نظافة المضخة :

كلما كانت المضخة نظيفة سهل فحصها والكشف عن زيوت التزييت وسوائل التبريد بشكل جيد. وتتكرر هذه الأنشطة بصفة دورية وذلك بتقسيم الأنشطة على كل مضخة حسب ما يلزمها من صيانة :

1- يومية. 2- اسبوعية. 3- نصف سنوية. 4- سنوية.

(1-3) - الملاحظة اليومية لتشغيل المضخة Daily Observation :

يجب على العامل المراقب لتشغيل المضخات أن يركز اهتمامه يومياً على:

- 1) حدوث أي تغيير في صوت المضخة.
 - 2) مراجعة مستوى الزيوت.
 - 3) مراجعة مياه التبريد.
 - 4) ظهور أي تسريب حول المضخة.
 - 5) ارتفاع درجة حرارة محامل المضخة والمحرك.
 - 6) مراجعة مقاييس وعدادات الضغط والتدفق كل ساعة.
- وإن اختلف أي شيء مما سبق ذكره فيجب أن تفحص المضخة جيداً لمعرفة السبب، [18].

(2-3) - الفحص الاسبوعي Weekly Maintenance :

- 1) فحص حلقات الإحكام والتثبيت إن لزم.
- 2) فحص مانعات التسرب الميكانيكي.
- 3) مراجعة مستوى الزيوت.
- 4) مراجعة أنظمة التبريد.
- 5) حدوث أي تغيير في ظروف تشغيل المضخة.

(3-3) - الفحص النصف سنوي Semi Annual Maintenance :

- 1) مراجعة الضبط المحوري Alignment للمضخة وإعادة ضبطه إذا لزم ذلك.
- 2) تغيير زيت التزييت للمحامل.
- 3) فحص حلقات الإحكام و تغييرها إن لزم.
- 4) تنظيف مانعات التسرب الميكانيكي.
- 5) قياس الذبذبات والاهتزازات الناتجة أثناء دوران المضخة.

3-4- الفحص السنوي Annual Maintenance :

بالإضافة إلى الفحص نصف السنوي يجب عمل الآتي :

- 3- تغيير حلقات الإحكام بالكامل.
- 4- اختبار استقامة عمود الدوران والجلب.
- 5- اختبار وصلات التبريد والتزييت.
- 6- قياس الاستطاعة الميكانيكية ومردود المضخة.

3-5- العمر الكاملة Complete Overhaul : [8]

تتوقف مدة عمل العمر الكاملة حسب نوع المضخة ومدى تحميلها ومكان خدمتها ونوع السائل التي تضخه وتكون العمرة عندما يحدث :

- انخفاض مردود المضخة.
- ظهور أصوات واهتزازات عالية عن الحد المسموح.

3-4-4- الصيانة التنبؤية Predictive Maintenance :

وهي عبارة عن إجراءات من شأنها أخذ قياسات وعمل اختبارات معينة للوقوف على حالة المضخة والتنبؤ بما قد يحدث لها من مشاكل سواء على المدى القريب أو البعيد.

1. مميزات الصيانة التنبؤية :

- 1- عدم التعرض للتوقف المفاجئ.
- 2- التقليل من شراء قطع غيار غير لازمة.
- 3- التخطيط الجيد لعمليات التوقف (فترات توقف ذات مدة قصيرة).
- 4- زيادة العمر التشغيلي للمضخة بشكل ملحوظ.
- 5- زيادة عامل الأمان.
- 6- تحسين مردود و أداء المضخة.

II. التقنيات المستخدمة في الصيانة التنبؤية :

1) قياس وتحليل الاهتزازات Vibration Analysis:

يتم من خلال أجهزة تثبت على المضخة والمحرك لقياس الاهتزازات الناتجة منها وبناء على ذلك يمكن تحديد الأعطال الآتية:

- 1- عدم الإتزان في المراوح Unbalance.
- 2- انحراف محوري Misalignment .
- 3- أجزاء ميكانيكية بحاجة إلى ضبط تثبيت Mechanical Looseness.
- 4- إنحناء في عمود الإدارة Bent Shaft .
- 5- عطل في المحامل Bearing Defect .
- 6- عطل في علبة السرعة Gear Defect.
- 7- اللامركزية Eccentricity .
- 8- أعطال هيدروليكية Hydraulic Problems.
- 9- أعطال كهربائية Electrical Problems [7].

2) الموجات فوق صوتية Ultrasound :

يمكن من خلالها تحديد ما إذا كان هناك تسريب للهواء أو الأبخرة أو حدوث التكيف، وأيضاً تحديد بعض الأعطال الكهربائية كالوصلات الكهربائية الغير معزولة.

3) تحليل زيت التزييت Oil Analysis :

بتحليل الزيت تحليل كيميائي يمكن معرفة حالة الأجزاء التي وصل لها الزيت من حيث معدل التآكل وتقييم الخصائص الأخرى المميزة للزيت كاللزوجة وعدد الشوائب في جزيئات الزيت وغيرها.

4) التصوير الحراري Thermography :

ومنه أمكن معرفة معدلات التآكل للعناصر الميكانيكية نتيجة لاختلاف التباين الحراري.

3-5- طبيعة الأعطال وعلاقتها بنوع الصيانة:

إن العشوائية في تصنيف أنواع الصيانة يؤدي إلى تحميل إدارة المنشأة أعباء وتكاليف مادية من الممكن توفيرها والاستفادة منها في مجال آخر، فمثلاً العشوائية في تطبيق نوع الصيانة الوقائية على كل الآلات يؤدي إلى زيادة في التكاليف ولا يحل مشاكل وعيوب في الآلة والتي يمكن تلافيها عن طريق تطبيق الصيانة التنبؤية على سبيل المثال.

ولتحديد نوعية الصيانة المناسبة وجد من خلال الخبرة أن هناك ثلاثة أشكال رئيسية للأعطال والتي تؤثر في الآلات خاصة التي تحتوي على أجزاء دوارة وهي:

3-5-1- الأعطال المبكرة:

هي التي عادة ما تحدث للآلة نتيجة للإصلاحات السيئة أو تركيب قطع غيار بطريقة خاطئة أو تشغيل غير سليم للآلة وطبيعة هذا النوع من الأعطال أنه يقل مع تقدم الزمن فالصيانة التي يجب أن تطبق في هذا النوع من الأعطال هي الصيانة التنبؤية.

3-5-2- الأعطال العشوائية:

تحدث عادة نتيجة اضطرابات في عملية التشغيل أو نتيجة أخطاء بشرية وهذا النوع غير معتمد على الزمن أي أنه لا توجد علاقة بين الزمن والأعطال، أما نوع الصيانة الواجب تطبيقه في هذه الحالة فهو الصيانة الإصلاحية.

3-5-3- الأعطال الزمنية:

هي الأعطال التي تحدث نتيجة تقادم الزمن كالتآكل والإجهاد في أجزاء الآلة والصيانة المناسبة في هذه الحالة هي الصيانة الوقائية.

3-6- أساليب وتقنيات تنظيم الصيانة :

3-6-1- أساليب تنظيم الصيانة:

(أ) تنظيم مركزي:

تسند فيه جميع أعمال ومسؤولية صيانة الآلات والتجهيزات بأقسام المنشأة بالكامل إلى تنظيم مركزي واحد أي أنه يوجد إدارة صيانة واحدة بالمؤسسة هي المسؤولة عن الصيانة بالكامل من مباني ومعدات وآلات وتجهيزات.

ب) تنظيم لا مركزي:

فيه يملك كل قسم من أقسام المنشأة فريق صيانة خاص به وعليه فإن مسؤولية الصيانة في هذا القسم تعتبر جزء لا يتجزأ من عمله ومسؤولياته.

ورغم سهولة تطبيق النظام اللامركزي إلا أنه من الأفضل استخدام النظام المركزي لأنه يستحيل على أي قسم من أقسام المنشأة أن يلم ويتابع جميع أخطاء الإنتاج والتشغيل لأن إمكانيات فريق الصيانة التابع له لا يمكن مقارنتها بالإمكانيات الكبيرة المتوفرة في قسم صيانة مركزي داخل المؤسسة.

3-6-2- تقنيات تنظيم الصيانة:

(1) الطريقة البدائية اليدوية:

يتم فيها مراقبة ومتابعة أعمال الصيانة بطريقة بدائية من خلال المشرفين والملاحظين.

(2) معالجة البيانات إلكترونياً:

يستخدم هذا النظام عادة عند اكتشاف مشكلات في العملية اليدوية وهذا النظام هو عبارة عن وسيلة فعالة للسيطرة على أداء الآلات والتجهيزات من خلال غرف ولوحات قيادة وتحكم يقودها عامل أو أكثر لمراقبة خطوط الإنتاج وآلات وتجهيزات المؤسسة بالكامل ومن مميزات هذا النظام أنه يفرض سيطرة قوية على عمليات الصيانة بالكامل.

(3) الصيانة باستخدام الحاسوب:

يتم ذلك من خلال استخدام برامج الصيانة باستخدام الحاسوب والتي طرحت مؤخراً من قبل بعض الشركات المتخصصة في المجال ويعد هذا النظام من أحدث الأنظمة التقنية الموجودة ومن مميزاته:

- i. التذكير بجميع أعمال الصيانة ومواعيدها.
- ii. توزيع الأعمال على فرق العمل وتخصيص مسؤولية هذه الفرق.
- iii. تزويد المشرفين بتسهيلات الموازنة والتخطيط.
- iv. حصر وجمع معلومات الصيانة بطريقة منهجية سليمة.
- v. تزويد العاملين بمعلومات كافية حول أسلوب إنجاز العمل.
- vi. تخطيط أعباء الصيانة الوقائية المستقبلية.
- vii. يعتبر مرجع سهل وبسيط لكل ما يخص الصيانة والقائمين عليها داخل أي مؤسسة لسهولة تخزين المعلومات وإعادة استرجاعها.

3-7- الموارد البشرية:

الموارد البشرية هي العمود الفقري في أي نظام ناجح للصيانة سواء كان هذا النظام بسيط أو متقدم، إن لم تكن الموارد البشرية قادرة على تشغيله والتفاعل معه فإن هذا النظام يكون في مأزق حقيقي، لذلك يجب توعية فريق الصيانة لدورهم الهام في تقليل تكاليف الصيانة أي ازدادت بازدياد دورهم في زيادة الانتاج وذلك بتنظيم أعمالهم بالشكل الأمثل مستفيدين من التطور العلمي في مجالات علوم إدارة الأعمال والهندسة الصناعية والتدريب التقني.

لذا يستلزم الأمر اتخاذ بعض الإجراءات بخصوص الكفاءات المتاحة والكفاءات المطلوبة وما يستلزم من برامج تدريب وتوفير جو ملائم ومناسب للعمل واختيار نوعية العمالة حسب احتياج كل مؤسسة وكذلك تحديد مسؤوليات وواجبات كل فرد من أفراد المجموعة.

وعند الحديث عن الموارد البشرية فإنه يجب التطرق لعدة نقاط أساسية هي:

3-7-1- التدريب:

يجب تخطيط برامج التدريب المناسبة لكل مجموعة من الموارد البشرية حسب متطلبات وظيفتهم ويمكن تقسيمهم إلى: (ماهرين - غير ماهرين - تقنيين - رؤساء عمال - مهندسين - متمرنين).

ويجب أن يشمل نظام التدريب على ما يلي:

1) السلامة والصحة المهنية.

2) التدريب التقني حسب نوع وحاجة العمل.

3) التدريب على الآلات والأجهزة الموجودة بقسم الصيانة.

لكي تحصل الإدارة على كفاءات حقيقية يجب تطبيق التدريب على أرض الواقع وذلك من خلال تحديد مسؤوليات كل عامل وموقعة في التنظيم حسب مهاراته سواء كان عامل أو مشرف أو مهندس.

وتدريب العمالة يؤدي إلى نتائج جيدة نذكر منها:

1- رفع كفاءة تشغيل الوحدات.

2- تقليل النفقات اثناء عمليات الصيانة.

3- تقليل قطع الغيار المستهلكة.

4- تقليل الوقت اللازم للصيانة وإتمامها في التاريخ المحدد طبقاً للجدول.

5- الاستعداد التام لمواجهة الظروف الطارئة والحالات الحرجة.

3-7-2- حجم استخدام القوة العاملة الخارجية:

إن العدد الحقيقي للأشخاص الواجب استخدامهم في أي تنظيم للصيانة يختلف بالطبع من مكان لآخر، وفي مرحلة التخطيط لأي إدارة صيانة يجب اتخاذ قرار بشأن حجم استخدام العمالة الخارجية من أجل انجاز بعض المهام ويمكن أن يكون هذا التخطيط كالاتي:

إنشاء قسم كبير من العمل الخدمي والفحوصات وتكون من قبل متخصصين متدربين من المؤسسة.

تسند أعمال الإصلاح الكبرى والتركيبات إلى عمالة خارجية، ومن خلال النموذج التالي يمكن تحديد الحجم الأمثل للقوة العاملة بإدارة الصيانة:

(1) التكلفة.

(2) تكلفة الأجور.

(3) الحجم الأمثل.

(4) تكلفة توقف العمل.

(5) عدد العمال.

ومنه فإنه مع زيادة عدد العمال في القسم فإن نفقات الأجور تزداد وفي نفس الوقت فإن تكلفة توقف العمل تقل ويعتبر الحجم الأمثل لقوة العمل عند النقطة التي يكون عندها التكلفة الإجمالية في حدها الأدنى.

3-7-3- تحفيز الموارد البشرية على العمل:

إن المطلب الأساسي في أي وظيفة هي أن تتفد بإخلاص وعلى أكمل وجه ويتحقق ذلك عندما تحفز الموارد البشرية على إنجاز مهامها بأسلوب فعال.

تختلف بالطبع الحوافز من عمل لآخر ومن بلد لآخر فهناك الحوافز التقليدية للعاملين مثل برامج الإسكان والصحة والمنافع الاجتماعية الأخرى وكذلك الحوافز المادية والنفسية.

يعتبر توفير مناخ وبيئة جيدة للعمل حافز كبير للعاملين مثل توفير أبنية المستودعات والورش بإمكانيات مناسبة وصحية وأن يتوفر بها أماكن الخدمات العامة مثل غرف تبديل الملابس، فكل ما هو متعلق بالعامل يجب أن ينفذ بشكل لائق يحقق له الإحساس بذاته وأهميته.

3-8- تشخيص أعطال المضخة :

تتقسم المسببات للأعطال في المضخة كما يوضحها الجدول التالي :

جدول (1.3) تشخيص وتصنيف الأعطال، [17]

تصنيف العطل	سبب العطل المحتمل
أعطال هيدروليكية	(1) عدم قدرتها على ضخ التدفق المطلوب. (2) عدم قدرتها على إكساب السائل الضغط المطلوب. (3) فقد تحضير المضخة عند التشغيل. (4) التكيف.
أعطال ميكانيكية	(1) استهلاك قدرة أكبر من المحرك. (2) تسرب في نظام مانع التسرب. (3) خلل في عمل المحامل. (4) اهتزازات عالية. (5) كسر لأي جزء في المضخة.
أعطال متداخلة	زيادة التآكل عند أماكن الخلوص بين الأماكن الثابتة والدوارة.

3-9- الأجزاء الأكثر عرضة للتلف والتغيير في المضخات الطاردة المركزية:

الأجزاء التي تتدهور سريعاً وتؤثر على أداء المضخة الطاردة المركزية هي :

1- حلقات الإحكام.

2- مانعات التسرب الميكانيكي.

3- المحامل.

4- الجلب.

3-10- بعض المشكلات الفنية وأسبابها وطرق حلها :

جدول (2.3) بعض المشكلات الممكن حدوثها في المضخات وأسبابها وطرق حلها، [13]

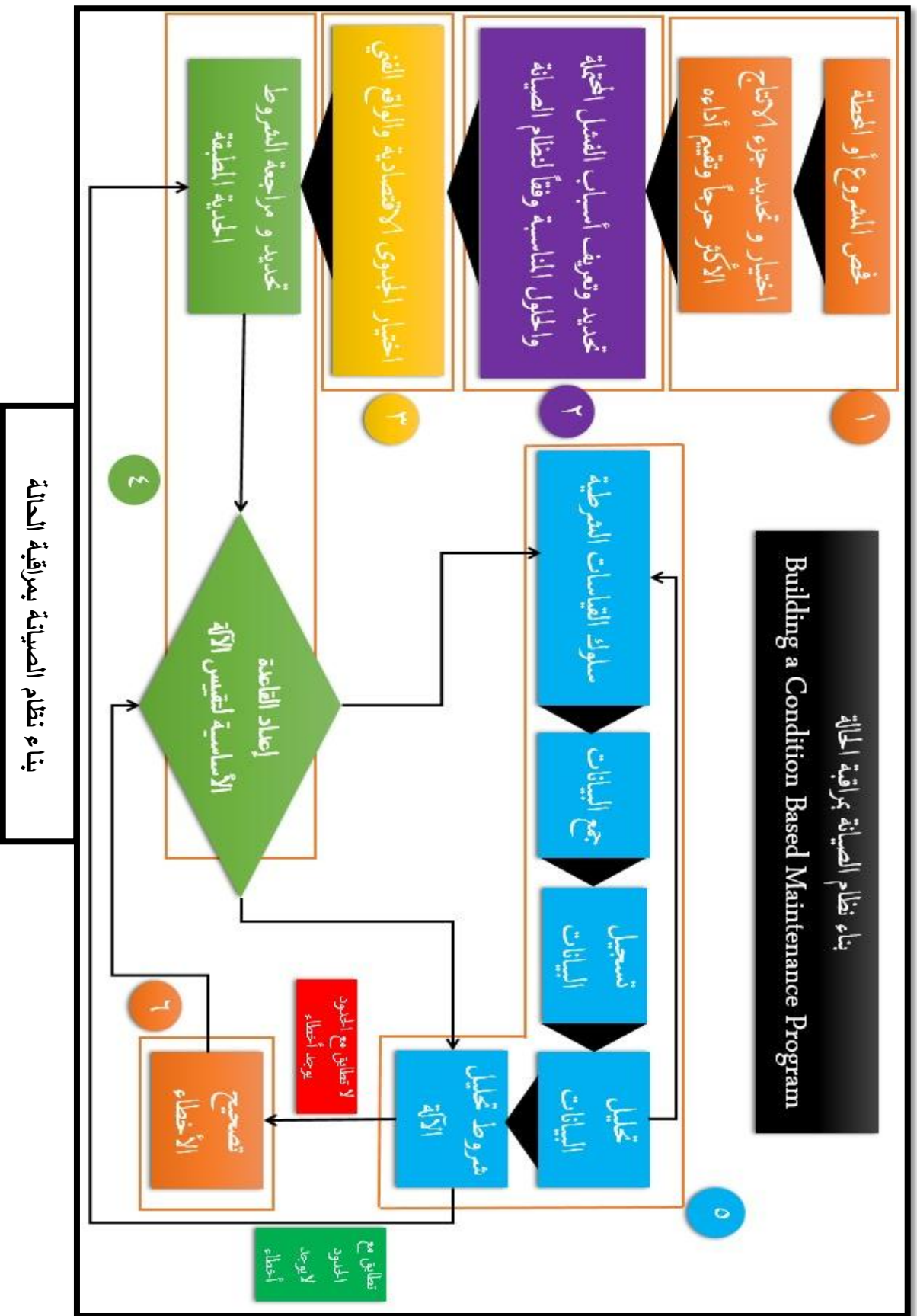
نوع العطل	الأسباب المحتملة	الحلول
المضخة تدور ولا تضخ سائل	المضخة لم يتم تحضيرها	إعادة تحضير المضخة
	خط السحب به شوائب	إزالة الشوائب وتأكد أن الخط خالي من الشوائب
	المروحة بها شوائب تسببت في انسداد الغلاف	تنظيف المروحة والغلاف من الشوائب
المضخة لا تنتج الضغط والتدفق المطلوبين	تسريب هواء للمضخة من خلال مانعات الهواء	تغيير مانعات الهواء
	تسريب هواء للمضخة من خلال مانع التسرب	تغيير مانعات التسرب
	المروحة بها شوائب تسببت في انسداد جزئي للغلاف	تنظيف المروحة والغلاف من الشوائب
	مسافة الخلو بين المروحة والغلاف كبيرة	استبدال حلقات الاحتكاك
	ضغط السحب أقل من المطلوب	تأكد من أن صمام السحب مفتوح تماماً وأن الخط غير مسدود
	تآكل أو كسر في المروحة	فحص المروحة وتغييرها إذا كان بها كسر أو تآكل.
المضخة بدأت في العمل ثم توقفت عن الضخ	إعداد المضخة وتحضيرها غير مناسب	إعادة تحضير المضخة بشكل مناسب
	تكون جيوب هواء و أبخرة في خط السحب	تنفيس الهواء من فتحة التهريب (Vent)
	تسرب هواء لخط السحب	منع تسرب الهواء لخط السحب
حرارة الكراسي عالية	انحراف عمود نقل الحركة بين المحرك والمضخة Misalignment	إعادة ضبط تسامت عمود نقل الحركة بين المضخة والمحرك
	تشحيم المحامل غير مناسب أو قليل	ضبط نوع الشحم وكميته في المحامل
	نظام التبريد لا يعمل بصورة جيدة	تأكد من التبريد على المحامل

بعض المشكلات الفنية وأسبابها وطرق حلها :

جدول (3.3) بعض المشكلات الممكن حدوثها في المضخات وأسبابها وطرق حلها، [13]

المشكلة	الأسباب المحتملة	الحلول
صوت واهتزازات المضخة عالية	صواميل تثبيت العناصر الميكانيكية محلولة وغير مثبتة بشكل جيد	شد صواميل وقلل ووظ التثبيت لكافة الأجزاء
	المروحة بها سدود جزئي أدى إلى عدم الإتزان	تنظيف المروحة
	اتجاه دوران المضخة معكوس	التأكد من طريقة توصيل المضخة وتشغيلها
	تآكل في المحامل	استبدال المحامل المتآكلة
	خطوط السحب أو الطرد غير مثبتة جيداً	التأكد من التثبيت الأماكن المتحررة
	تكهف في المضخة	فحص المضخة ونظامها ومعرفة سبب التكهف وعلاجها
تسرب عالي من مانعات التسرب	حلقات الإحكام غير مربوطة بصورة جيدة	ربط صواميل حلقات الإحكام حتى يتوقف التسرب
	حلقات مانعة التسرب Packing غير مثبتة بشكل صحيح	فحص مانع التسرب وإعادة التثبيت بشكل صحيح
	تآكل الأجزاء الميكانيكية في مانعة التسرب	استبدال الأجزاء المتآكلة
	تعرض مانعات التسرب الميكانيكي لحرارة عالية	فحص التزييت والتبريد الخاص بمانعات التسرب الميكانيكي
	جلبة العمود متآكلة	إعادة تشغيل الجلبة أو استبدالها
المحرك يحتاج لقدره زيادة	الضغط الناتج قليل والتصرف عالي	تركيب صمام تنظيم للتدفق
	السائل أصبح لزوجه أعلى من المتوقع	فحص اللزوجة والوزن النوعي
	غطاء المضخة يعيق حركة عمود نقل الحركة ويصدر ضجيجاً	إعادة تثبيت الغطاء بشكل صحيح
	أحد الأجزاء الدوارة في المضخة بها انحناء	فحص الأجزاء الميكانيكية داخل المضخة وصيانة أو استبدال الأجزاء التي بها انحناء

فيما يلي مخطط صندوقي عام لبناء نظام الصيانة بمراقبة الحالة والذي تم الاستعانة به في الدراسة العملية :



الفصل الرابع

الدراسة العملية (دراسة الحالة : محطة تشرين الحرارية)

يعرض هذا الفصل ما يلي :

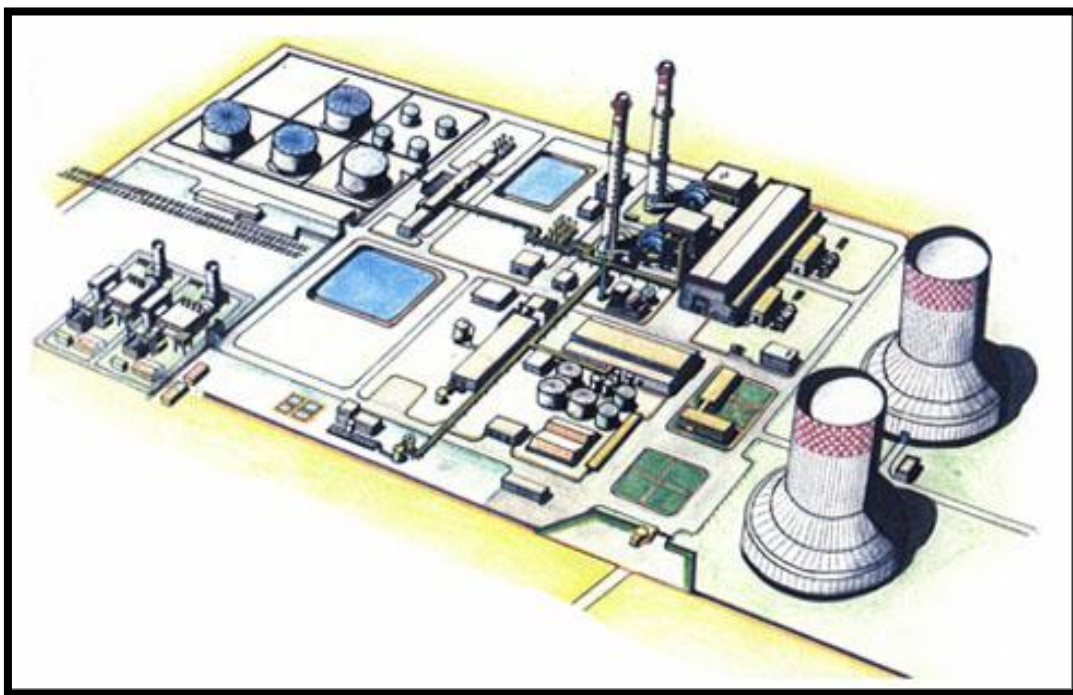
- لمحة عن المحطة البخارية تشرين لتوليد الكهرباء.
- توصيف لدراسة الحالة في محطة تشرين وتوضيح لمشكلة مضخة تغذية المرجل (عينة الدراسة) والمراد تطبيق منظومة الصيانة لتعزيز جودة أداء العناصر الميكانيكية المكونة لهذه المضخة.
- تنفيذ منظومة الصيانة على عينة الدراسة و إعادة عمرة المضخة وقياس الاهتزاز بعد التشغيل.
- تنفيذ تحليل زيت التزييت لكراسي محور المضخة عينة الدراسة.
- تقييم لمقاييس الأداء الرئيسية (KPIs) وملاحظة النتائج.
- الصحة والسلامة المهنية اللازمة لنظام الصيانة لعينة الدراسة (مضخة تغذية المرجل).
- نتائج الدراسة العملية مع التوصيات والمقترحات لأبحاث لاحقة.

الفصل الرابع

الدراسة العملية (دراسة الحالة : محطة تشرين الحرارية)

4-1-لمحة عن محطة تشرين الحرارية:

تم إحداث الشركة العامة تشرين لتوليد الطاقة الكهربائية بموجب المرسوم رقم /13/ لعام 1994م، وتم تشغيل المحطة في نفس العام، كإحدى الشركات التابعة للمؤسسة العامة لتوليد ونقل الطاقة الكهربائية، حيث تعتبر من أهم محطات التوليد في القطر لأنها تساهم في رفع التوتر في المنطقة الجنوبية وزيادة استقرار الشبكة الكهربائية في سورية وهي تقع إلى الجنوب الشرقي من مدينة دمشق وتبعد عنها مسافة (50 km).



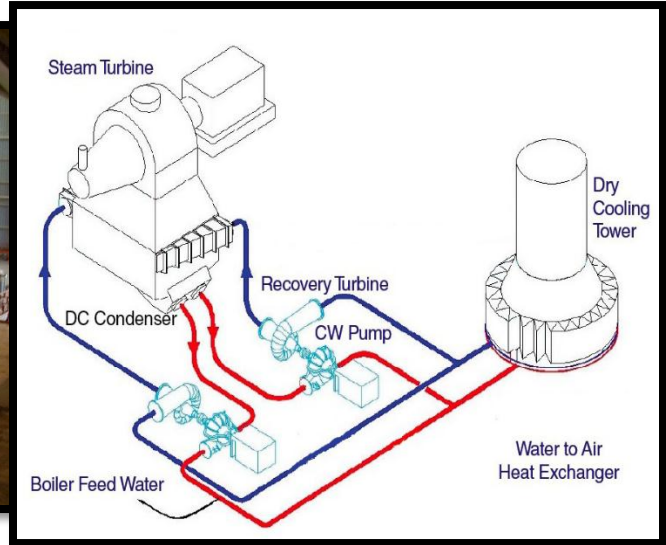
الشكل (1.4) محطة تشرين الحرارية، [4].

4-2-أجزاء المجموعات البخارية:

- تتألف الدارة الحرارية لمحطة توليد تشرين الحرارية من قسمين المرجل والعنفة .
- المرجل: ويتألف المرجل من (خزان + غرفة احتراق + محمصات ضغط عالي ومتوسط ومنخفض متوضعة في مجرى الغازات + المسخن الاسترجاعي + الموفر).
- العنفة: تقسم العنفة إلى ثلاثة أقسام (عنفة الضغط العالي وعنفة الضغط المتوسط وعنفة الضغط المنخفض).

4-2-1- مبدأ عمل المجموعات البخارية :

- يتم تسخين المياه المعالجة في المرجل حتى نحصل باستمرار التسخين على بخار جاف مخرج المرجل درجة حرارته (545°) بضغط (140 bar) ويتدفق (670 T/hour) عند حمولة (200 MW).
- يوجه البخار الجاف الناتج في المرجل إلى عنفة الضغط العالي حيث يستفاد من الطاقة الكامنة الموجودة فيه لتحويلها إلى طاقة حركية في العنفة.
- يتم استنزاف قسم من البخار الناتج عن عنفة الضغط العالي حيث يعود إلى المرجل ليمر على محمصات الضغط المتوسط ليتم رفع درجة حرارته إلى (545°) و ضغطه إلى (24 bar) ثم يتم تمريره إلى عنفة الضغط المتوسط للاستفادة من الطاقة الكامنة في تدوير عنفة الضغط المتوسط.
- يوجه البخار الناتج عن عنفة الضغط المتوسط إلى عنفة الضغط المنخفض لتدوير العنفة حتى الوصول إلى سرعة (3000 r.p.m).
- يوجه البخار الناتج عن عنفة الضغط المنخفض إلى المكثف حيث يتم تكثيف البخار إلى مياه يتم تدويرها و تبريدها عبر نظام التبريد الجاف.



الشكل (2.4) عمل المضخات الرئيسية في المحطة البخارية ، العنفة البخارية في محطة تشرين الحرارية

4-3 - دراسة الحالة في محطة تشرين الحرارية:

تم اختيار مضخة تغذية المرجل في المجموعة البخارية لما لها من تأثير على مردود المحطة البخارية لتوليد الطاقة الكهربائية، حيث كان تنفيذ أعمال الصيانة على المضخة يتم بشكل طارئ وعند خروجها عن العمل بشكل كامل ولا تتم الصيانة لها بأسلوب مخطط وعلمي، من هنا تم اختيارها لتطبيق نظام صيانة صحيح ورقابة على إنجاز أعمال الصيانة الشاملة كإعادة عمرة لها حيث بالإمكان تطبيق نفس النظام على بقية مضخات تغذية المرجل، وفي محطة تشرين يوجد العديد من المضخات لمختلف الدارات الهيدروليكية، ومن هنا يمكن تعميم هذه الدراسة على باقي محطات توليد الطاقة الكهربائية لأقسام الصيانة الميكانيكية.

تم تحديد عدد مضخات تغذية المرجل وفقاً للمجموعات البخارية كما يلي :

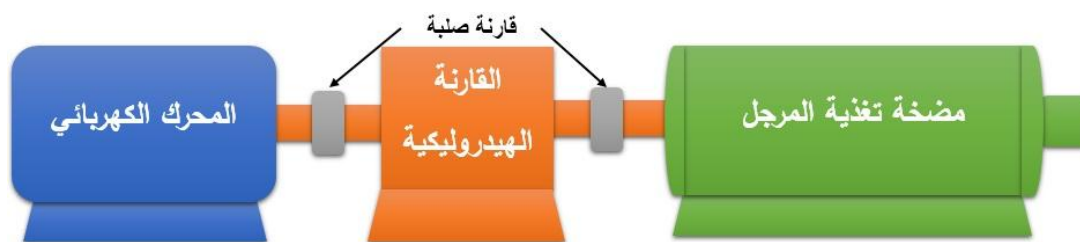
جدول (1.4) تحديد عدد مضخات تغذية المرجل وفقاً لعدد المجموعات البخارية

عدد مجموعات التوليد للمحطة البخارية	عدد مضخات التغذية لكل مجموعة بخارية
2	3



الشكل (3.4) مضخة تغذية المرجل البخاري (عينة الدراسة)

تتألف مضخة تغذية المرجل من المضخة التوربينية والمحرك الكهربائي والقارئة الهيدروليكية التي تعمل دور علبة السرعة لتحقيق التوازن بين السرعة والعزم اللازم المطلوب لأداء عمل العنف من خلال تحديد مقدار تدفق المياه إلى المرجل، حيث يربط عمود مضخة تغذية المرجل مع عمود القارئة الهيدروليكية باستخدام قارئة صلبة، وفيما يلي توصيف فني لهذه المضخة، [5]:



الشكل (4.4) مخطط صندوقي لآلية عمل مضخة تغذية المرجل

جدول (2.4) المواصفات العامة لمضخة تغذية المرجل (عينة الدراسة)

المواصفات العامة لمضخة تغذية المرجل (عينة الدراسة)					
الاسم	القيمة	الوحدة	الاسم	القيمة	الوحدة
ضغط المرحلة الواحدة	18	bar	التدفق (الغزارة)	350	m ³ /hour
ضغط الدخل للمضخة	6	bar	تدفق زيت الهيدروليك للقارئة	59	m ³ /hour
ضغط الخرج للمضخة	204	bar	استطاعة المحرك الكهربائي	3	MW
الحد الأدنى لضغط حجرة التوازن	8	bar	عدد دورات المحرك الكهربائي	3000	r.p.m
الحد الأقصى لضغط حجرة التوازن	12	bar	نوع قارئة الربط : قارئة هيدروليكية		
عدد مراحل الضخ : 11 مرحلة			معادن المضخة : مصنعة من خليطة سبائكية (فاناديوم 60%، كروم 25%، موليبيدينوم 5%، معادن أخرى 10%).		

4-4- مشكلة مضخة تغذية المرجل (عينة الدراسة):

تم تحديد أعطال المضخة عينة الدراسة كالتالي :

- 1- حدوث حالة من تسرب المياه.
- 2- انخفاض في قيمة الضغط المتدفق.
- 3- حدوث اهتزاز كبير.
- 4- حدوث حالة فصل فجائية وخروج المضخة عن العمل.



الشكل (5.4) اهتزاز في مضخة تغذية المرجل وانخفاض في التدفق

4-5- بناء نظام الصيانة المتكامل لتعزيز جودة أداء عناصر مضخة تغذية المرجل (عينة الدراسة):

- تم تحضير المضخة لإنجاز أعمال الصيانة الاصلاحية واستعادة الأداء النموذجي الذي يضمن التدفق المطلوب المتوافق مع نسبة النقل التي تحققها القارئة الهيدروليكية بمساعدة المحرك الكهربائي، (يؤخذ بعين الاعتبار أن مضخة التغذية تعمل على سحب مياه نقية من محطة معالجة المياه).

- قبل البدء بعملية الفك يجب اتخاذ مجموعة من الترتيبات وهي :

1- تجهيز مساحة كافية بجوار المضخة المطلوب صيانتها تسمح لعمال الصيانة بالعمل والحركة بشكل سهل، وكذلك تسمح بوضع الأجزاء المفكوكه وخاصة الكبيرة منها بشكل صحيح.

2- التأكد من وجود المعدات اللازمة كافة من روافع ومثبتات وعناصر استناد وغيرها بالإضافة إلى تجهيز مايلزم من طاولات وبطانات مختلفة لوضع الأجزاء المفكوكه.

3- يتم فك المضخات إلى عناصرها المكونة لها باستخدام طاولات خاصة بعمليات الفك.

4- بعد إنجاز عملية فك الوحدات والمجموعات الآلية المختلفة عن المضخة (مجموعة هيدروليكية، قارنات ربط بأنواعها، دارة قيادة وتحكم الكترونية وغيرها) يتم توجيه كل واحدة أو مجموعة منها إلى القسم أو الورشة المتخصصة كما هي دون تفكيكها.

- كما يجب مراعاة الشروط كافة التي من شأنها تأمين السلامة المهنية للعاملين من خلال المعايير والتدابير التالية:

1- إجراء عملية فك المضخة (وكذلك التجميع) وهي في وضع مستقر وثابت.

2- الكشف الدوري على معدات النقل والرفع من حيث استطاعة التحميل، متانة الحبال والكوابل والسلاسل المستخدمة.

3- التحقق من صحة أماكن مسك (قمت) الأجزاء والوحدات الآلية والعناصر الضخمة.

4- لايسمح بفك (أو تجميع) الوحدات الآلية والميكانيزمات وهي معلقة على ميكانيزمات الرفع.

5- لايسمح أثناء نزول الحمل القيام بوضع البطانة أو الألواح تحته وإنما يتم تجهيزها و وضعها في المكان المناسب لتوضع الجزء الآلي عليها بشكل مسبق.

6- إن استخدام العدة والأدوات المناسبة في عمليات الفك يشكل واحدة من شروط السلامة والأمن.

7- من الضروري عند فك (أو تجميع) العناصر والوصلات ذات الازدواجات التداخلية تأمين مسك (قمط) آمن وفعال لهذه العناصر.

8- يجب استخدام الأدوات والعدة الكهربائية المعزولة قبضاتها بشكل جيد بالإضافة إلى ارتداء قفازات عازلة عند إصلاح المعدات والأجهزة الكهربائية إذا كانت موصولة بالشبكة.

• تم البدء بعملية الصيانة للعناصر الميكانيكية المكونة لمضخة التغذية وتقييمها وفقاً للواقع الموجود الحالي واعتماداً على الإجراءات التالية:

1- إيقاف تشغيل المضخة.

2- البدء بمراحل الفك للعناصر الخارجية للوصول للجزء الدوار الداخلي باعتباره الجزء الرئيسي في عمل المضخة وتشمل :

أ- الوصلات الهيدروليكية للتزييت والتبريد الوصلة للمحامل.

ب- أغطية الحماية للمضخة وقواعد المحامل.

ت- المحمل من الجهة الأمامية للمضخة مع القاعدة الحاملة له.

ث- الغطاء الأمامي (الترس الأمامي) للمضخة.

ج- المحمل من جهة القارنة الهيدروليكية.

ح- إخراج الجزء الدوار الرئيسي من داخل جسم المضخة بمساعدة رافعة.

خ- فك الجزء الدوار الرئيسي إلى مراحل الضخ (المروحة+حجرة الضخ) لكل من مراحل الضخ المنخفض والمرتفع وترقيمها.

3- تنظيف الأجزاء المفككة لتسهيل فحصها وكشف العيوب.

4- تنظيف عمود الدوران الرئيسي وفحص استقامته.

5- تحديد عيوب العناصر المفككة.

6- استبدال العناصر التالفة بعناصر صالحة للاستثمار أو جديدة واستبدال جميع مانعات التسرب الميكانيكي وحلقات الإحكام لمراحل الضخ.

7- تجميع الجزء الدوار الرئيسي بعد التأكد من استبدال مانعات التسرب وتناسب الأبعاد والخلوصات لمراحل الضغط المنخفض والمرتفع.

8- تركيب الجزء الدوار في مكانه في المضخة والتأكد من معايرة الانحراف المحوري له.

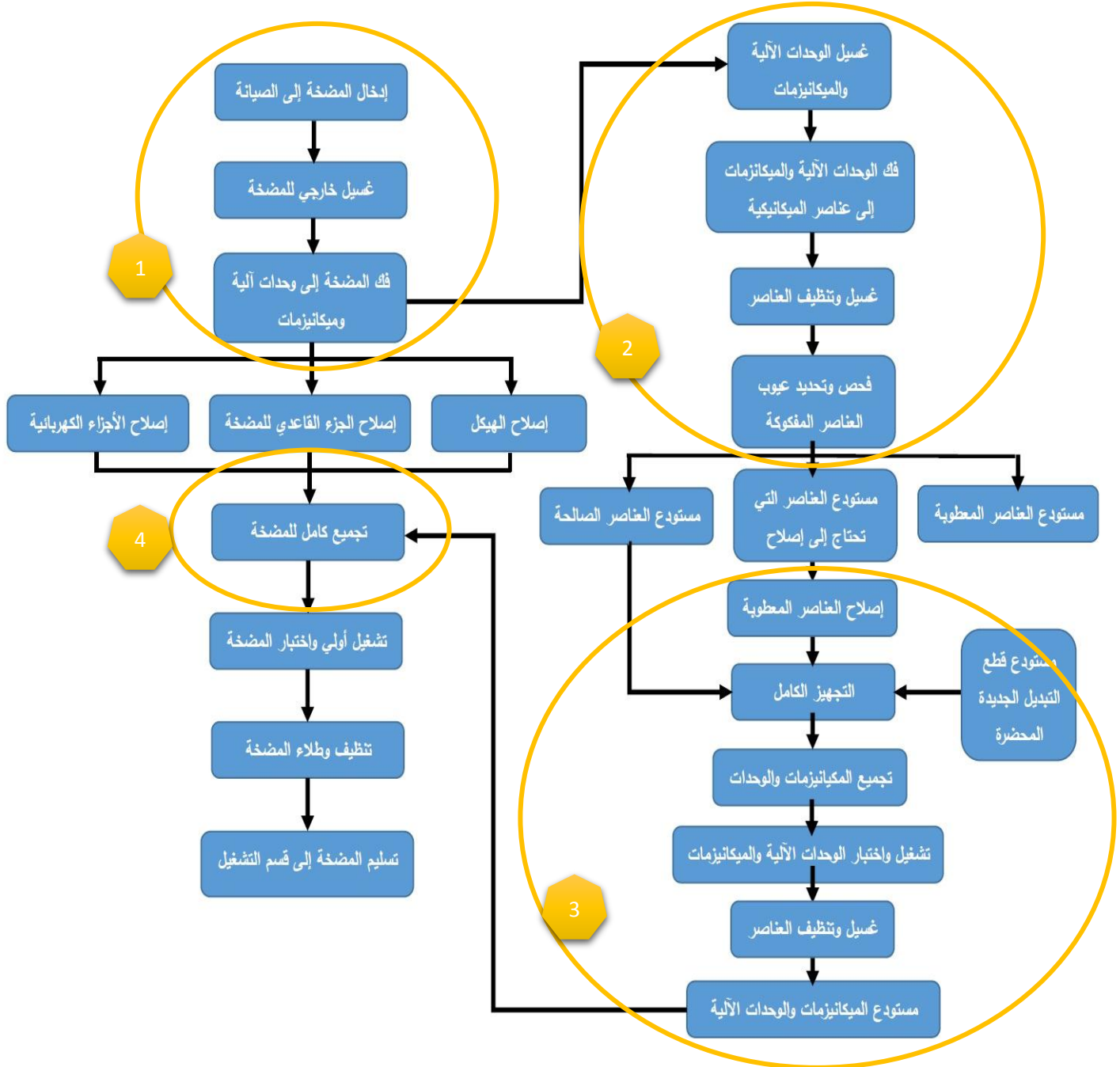
9- التحضير والتجهيز الكامل للعناصر الميكانيكية المتممة لمضخة تغذية المرجل.

- 10- تجميع الميكانيزمات والعناصر الميكانيكية والأجزاء التابعة وتركيب الوصلات الهيدروليكية.
 - 11- تشغيل واختبار الميكانيزمات والعناصر المجمعة وضبط أبعادها.
 - 12- تجميع كامل للمضخة بعد تجهيز وتحضير مكان العمل.
 - 13- تشغيل أولي واختبار أداء المضخة.
 - 14- تسليم المضخة إلى قسم التشغيل.
- يؤخذ بعين الاعتبار أثناء عملية الصيانة العلاجية (التصحيحية) المجالات المسموح بها للبارمترات الميكانيكية لمضخة تغذية المرجل وهي كما يوضحها الجدول التالي :

جدول (3.4) المجالات المسموح بها للبارمترات الميكانيكية لمضخة تغذية المرجل

اسم البارمتر الميكانيكي	ملاحظات
الازواج بين المحمل وعمود الدوران الرئيسي	ازواج خلوصي بقيمة (0.8 mm)
الازواج بين حجرة الضخ والمروحة لكل مرحلة	ازواج خلوصي بقيمة (0.3 mm)
الانزياح المحوري لعمود الدوران الرئيسي	3 mm
حلقات الإحكام لمراحل الضخ	تفحص عند فك الجزء الدوار الداخلي ويتأكد من تثبيتها، تستبدل عند العمرة الكاملة للمضخة
العمرة الكاملة لمضخة تغذية المرجل	بعد ما يعادل 50000 ساعة عمل

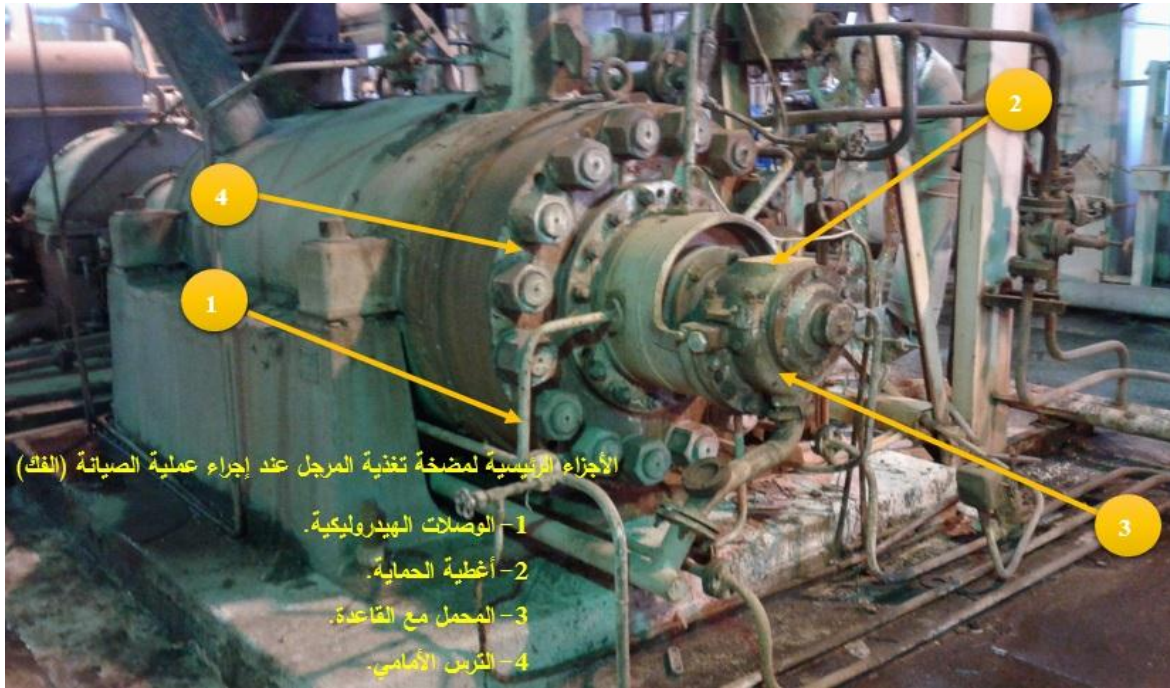
فيما يلي المخطط الصندوقي العام لآلية إنجاز منظومة الصيانة العلاجية لمضخة تغذية المرحل، حيث سيتم توضيح كافة الإجراءات المنفذة وفقاً لترتيب إنجازها كما يلي :



الشكل (6.4) المخطط الصندوقي العام لعملية الصيانة لمضخة تغذية المرحل، [3]

أولاً- إجراءات الفك :

تم فك الغطاء (الترس) الأمامي والملحقات المتعلقة به من قواعد المحمل الخارجي وأغطية الحماية وفك الوصلات الهيدروليكية الخاصة بكرسي المحمل بالإضافة إلى وصلات مياه التبريد بشكل كامل، والشكل التالي يوضح الأجزاء التي تم فكها :



الشكل (7.4) مضخة تغذية المرجل بعد إيقاف تشغيلها لتقييم حالتها والبدء بصيانتها

فيما يلي جدول أعمال الصيانة الفنية والتكاليف المالية لعملية الفك للمضخة عينة الدراسة :

جدول (4.4) مرحلة فك الأجزاء الميكانيكية الخارجية							
الرقم	اسم العنصر	العدد	تقييم الحالة الفنية عند الفك	الوزن (kgf)	زمن المستغرق للفك (hour)	عدد الفنيين	الأجور و الرواتب (L.S)
1	الوصلات الهيدروليكية	8	بحاجة لاستبدال الموانع	-	2	4 (ميكانيك) + 1 (سائق رافعة)	5×3000 =15000 + أجرة رافعة : 5000×3= 15000
2	أغطية الحماية	2	جيدة	3	1		
3	المحمل + قاعدة	2+2	جيدة	5	2		
4	الترس الأمامي	1	تآكل واهترأ من الجهة الداخلية	1200	9		

تمت ازالة الأجزاء المعيقة في الفك للوصول إلى الجزء الدوار الداخلي المراد فكّه وتقييم حالته الفنية والصور التالية توضح الأجزاء الرئيسية للجزء الدوار الداخلي لمضخة تغذية المرجل :



الشكل (8.4) الجزء الدوار الداخلي لمضخة تغذية المرجل

تم تحضير الجزء الدوار لمرحل الضخ (11 مرحلة) لفكّه بشكل متسلسل كما يلي:

1- تثبيت الجزء الدوار على قاعدة خاصة للبدء بفك :

- i. مراحل الضغط المنخفض وعددها (7 مراحل)، (المرحلة تشمل حجرة الضخ بالإضافة إلى المروحة أو القرص الدوار الموجود ضمنها).
 - ii. مراحل الضغط المرتفع وعدد (4 مراحل).
 - iii. يراعى ترتيب المراحل بحيث ترقم بشكل متسلسل ليتم تجميعها بعد الانتهاء من الصيانة لضرورة تناسب الأبعاد بين كل حجرة ضخ مع المروحة التابعة لها.
 - iv. يراعى عند فك كل مرحلة تنظيف المحور عند مكان المرحلة المزالة لتسهيل فك المرحلة التي تليها.
- 2- عزل عمود الدوران الرئيسي و وضعه على قاعدة خشبية لإجراء فحصه اللاحق.



الشكل (9.4) البدء بفك مراحل الضخ (المنخفض) بشكل متتابعي



الشكل (10.4) فك مراحل الضخ (المرتفع) بشكل متتابعي

فيما يلي جدول أعمال الصيانة الفنية والتكاليف المالية لمرحلة فك الجزء الدوار الداخلي :

جدول (5.4) مرحلة فك الجزء الدوار الداخلي							
الرقم	اسم العنصر	العدد	تقييم الحالة الفنية عند الفك	الوزن (kg _f) الأبعاد (mm)	زمن المستغرق للفك (hour)	عدد الفنيين	الأجور و الرواتب (L.S)
5	مراحل الضخ المنخفض	7	6 جيدة 1+ بحاجة لاستبدال	المروحة : 3.8 حجرة الضخ : 15	8	3	$9000 = 3000 \times 3$ + أجرة رافعة : $15000 = 3 \times 5000$
6	مراحل الضخ المرتفع	4	جيدة	المروحة : 3.8 حجرة الضخ : 22			
7	عمود الدوران الرئيسي	1	جيدة	700 kg _f الطول : 5500 القطر : 145			

تم وضع كل حجرة ضخ مقابل المروحة أو القرص الدوار الخاص بها لكل مرحلة بما يتوافق مع تسلسل الفك من عمود الدوران الرئيسي كما تم ترقيمها وكتابة القطر الداخلي على كل حجرة لضمان التأكد من الخلوصات:



الشكل (11.4) مراحل ضخ مضخة تغذية المرجل بعد فكها عن المحور الدوار الرئيسي

ثانياً- إجراءات الفحص :

تم فحص استقامة عمود الدوران الرئيسي بعد إزالة مراحل الضخ بمساعدة آلة خراطة كبيرة كما يلي :

- 1- تثبيت ومركزة عمود الدوران الرئيسي على ترس المخرطة.
 - 2- تنظيف السطح الخارجي للعمود من الرواسب والشوائب بمساعدة دوران المخرطة بسرعة دوران (حوالي 60 r.p.m) واستخدام ورق زجاج (نوع GMT AA-100).
 - 3- تركيب ساعة قياس (دقة قياسها : 0.01 mm) لفحص حالة انحناء العمود وذلك بتثبيتها على القاعدة المتحركة للمخرطة وتحريكها على طول العمود مع ضبط عدد دورات المخرطة (حوالي : 10 r.p.m).
- تم توضيح ذلك في الصور التالية:



الشكل (12.4) تثبيت المحور الدوار الرئيسي على المخرطة والتحضير لفحصه



1



2



3

الشكل (13.4) تنظيف العمود الرئيسي من الرواسب والتحضير لفحص استقامته



4



5



6

الشكل (14.4) فحص استقامة العمود الرئيسي باستخدام ساعة قياس (دقة قياسها 0.01 mm)

تم ضبط ساعة القياس وثبيتها مكان أداة القطع في المخرطة لفحص العمود على كامل طوله وتقييم وجود انحناء او تآكل في سطحه من خلال تصفير ساعة القياس و الحركة بها ضمن شوط طولي و دوران العمود

بسرعة ثابتة وملاحظة تغير قيمة مؤشر القياس أثناء حركة الساعة، وقد تبين بعد الفحص أن قيم انحراف إبرة المؤشر المقاسة كانت (0-0.2)mm أي ضمن القيم المسموح بها وهي (0.3 mm) وبالتالي العمود سليم فنياً ، [4].



الشكل (15.4) عمود الدوران الرئيسي

فيما يلي جدول أعمال الصيانة الفنية والتكاليف المالية لفحص عمود الدوران الرئيسي :

جدول (6.4) مرحلة فحص عمود الدوران الرئيسي							
الرقم	اسم العنصر	العدد	تقييم الحالة الفنية عند الفك	الوزن (kgf) الأبعاد (mm)	زمن الصيانة (hour)	عدد الفنيين	الأجور و الرواتب (L.S)
7	عمود الدوران الرئيسي	1	جيدة	700 kgf الطول: 5500 القطر: 145	6	1 (ميكانيك) + 1 (فني خراطة)	3000 + أجرة آلة خراطة : 30000=5000×6

تم أيضاً فحص المروحة (القرص الدوار) لكل مرحلة ضخ على قاعدة خاصة (التسامح المسموح به لتغير أبعاد المروحة (0.1 mm) ودقة ساعة القياس المستخدمة (0.01 mm))، تم وضع مادة تنظيف (شحمة مع برادة زجاج ناعم) لتنظيف سطوح القرص الدوار، والصور التالية توضح كيفية فحص الأقراص الدوارة :



القياس من الجزء العلوي



القياس من الجزء السفلي



التحريك بشكل دائري وتنظيف الاسطح والقياس

الشكل (16.4) فحص وقياس القرص الدوار لكل مرحلة ضخ بمساعدة ساعة قياس

تم أيضاً تنظيف وفحص الحواف والأجزاء المتداخلة بين القرص الدوار ومرحلة الضخ لضبط خلوصاتها كحلقات الاحكام وموانع التسرب.



الشكل (17.4) حلقات إحكام حجرة الضخ

بنتيجة فحص الأقراص الدوارة تبين وجود تآكل بالقرص الخاص لمرحلة الضغط المنخفض الأخيرة (المرحلة السابعة) وانحراف قياسه بمقدار (2 mm) (بينما الحد المسموح به (0.2 mm)) وحدث انحناء كبير على سطحه العلوي واهترائه، يعود السبب في تلف القرص الدوار وتغير الأبعاد الخارجية للقرص وخروجها عن مجال التسامح المحدد: بسبب التسرب غير المنتظم من حجرة الضخ نتيجة تلف الموانع وحلقات الإحكام بين القرص وحجرة الضخ لهذه المرحلة أدى إلى نشوء قوى ضغط غير متوازنة على نقاط السحب والطرء للقرص الدوار أثناء دوران المضخة.

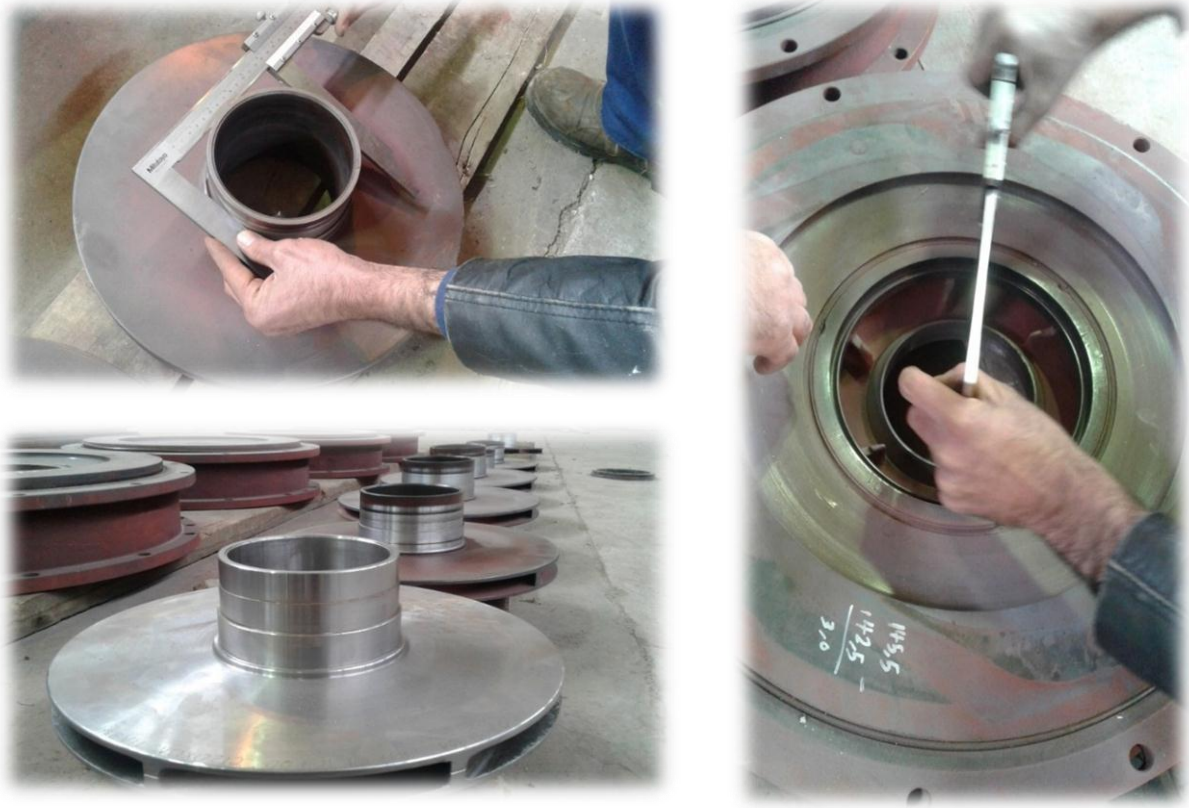
ثالثاً- إجراءات الصيانة لتعزيز جودة الأداء :

تم استبدال القرص التالف بقرص جديد من المستودع وتم تحضير سطحه لكي تتناسب أبعاده مع أبعاد وخلوصات حجرة الضخ الموافقة كما في الصور اللاحقة.

فيما يلي جدول أعمال الصيانة الفنية والتكاليف المالية لمرحلة فحص مراحل الضغط :

جدول (7.4) مرحلة صيانة مراحل الضغط المنخفض والمرفع							
الرقم	اسم العنصر	العدد	الحالة الفنية	الوزن (kgf)	زمن الصيانة (hour)	عدد الفنيين	الأجور و الرواتب (L.S)
5	مراحل الضخ المنخفض	1	استبدال بقرص دوار جديد لتآكلها للمرحلة الأخيرة	المروحة : 3.8 حجرة الضخ : 15	2	1 (ميكانيك)	3000 + ثمن قرص دوار جديد +جـلـخ : 124000

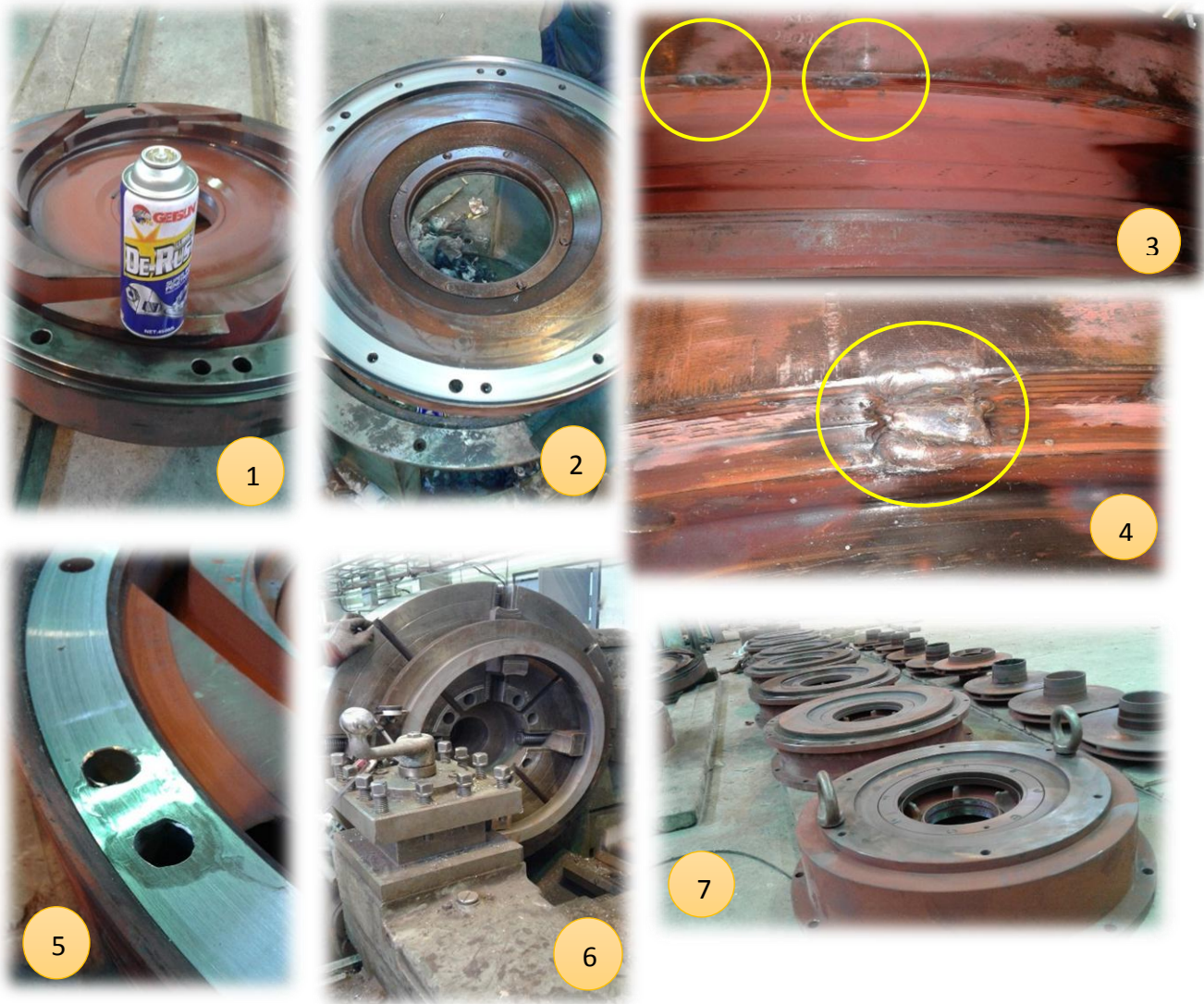
بالنسبة لحجرات الضخ أيضاً تم قياس الأقطار الداخلية بمساعدة بياكوليس (دقة قياسه 0.01 mm) للتأكد من تناسب الأبعاد والخلوصات مع مروحة الضخ لكل مرحلة وتسجيل القطر على السطح الخارجي لحجرة الضخ لمعرفة توجه تغير الأبعاد عند الصيانة مرة أخرى.



الشكل (18.4) فحص حجرات الضخ والأقراص الدوارة وقياس وضبط الأبعاد المتناسبة بالتجليخ

تم التأكد من حجرات الضخ لكل مرحلة وفحصها وتنظيفها بشكل جيد من الرواسب والشوائب، وتبين حدوث تآكل في حجرة الضخ الأخيرة والتي كانت السبب في تسرب المياه وضياح في قيمة الضغط .
تم انجاز عملية لحام كهربائي بالكترود سبائكي بنسبة عالية من الكروم (نسبة 70% كروم وعناصر اخرى سبائكية) وبتيار كهربائي شدته (140 A) حيث كان قطر الالكتروود المستخدم (2 mm)، حيث تم لحام الجزء المتضرر، وبالنسبة للجزء المتضرر على سطح مرحلة الضخ فقد تم لحامه بنفس الالكتروود أيضاً ، كما تم انجاز تسوية لسطحه وتنظيفه من زوائد اللحام بمساعدة قرص تجليخ من نفس قياس قطر الخارجي لمرحلة الضخ حوالي (400 mm) والذي تم اعداده وتنظيفه بمساعدة المخرطة و وضعه على السطح المراد اعداد تسوية سطح له وبنتيجة تحريكه بشكل دائري مستمر تتم تسوية السطح وإنهائه وفق المطلوب لكي يتسنى

لمرحلة الضخ التالية أن تتركب بالتسلسل مع هذه المرحلة وبإحكام ولمنع التسرب فيما بين مراحل الضخ، تم تكرار عمليات الفحص بالقياس لكل مراحل الضخ والصور التالية توضح ذلك:



الشكل (19.4) فحص مراحل الضخ وإجراء اللحام وضبط الأبعاد المناسبة

بانجاز هذه المراحل يكون تم الانتهاء من ضبط وصيانة الأجزاء المكونة للجزء الدوار الداخلي فقط، حيث تم الانتهاء من عملية التجميع الكامل لكل هذه الأجزاء المضبوطة بالأبعاد وفق المواصفات وإجراء عمليات القياس اللازمة وضبط الأبعاد والصيانة واللحام والتنظيف وتسوية السطح واستبدال التالف منها بحيث يتم رفع أداء المنظومة كاملة كجزء من مضخة التغذية.

فيما يلي جدولة أعمال الصيانة الفنية والتكاليف المالية لمرحلة صيانة حجرة الضغط المنخفض الأخيرة :

جدول (8.4) مرحلة صيانة حجرة الضغط المنخفض الأخيرة (ذات ترتيب رقم 7)							
الرقم	اسم العنصر	العدد	الحالة الفنية	الوزن (kgf)	زمن الصيانة (hour)	عدد الفنيين	الأجور و الرواتب (L.S)
5	مراحل الضخ المنخفض	1	وجود تآكل وشرخ في حجرة الضخ المنخفض الأخيرة	المروحة : 3.8 حجرة الضخ: 15	2	1 (لحام)	أجور لحام : 9000 + جلخ : 4500

تم أيضاً فحص الترس الأمامي للمضخة من التشققات والشرخ الممكن أن تحصل نتيجة تشغيل المضخة المستمر وتبين أنه سليم من الجهة الخارجية وخالي من العيوب ولا يوجد شرخ أو تشققات، لكن تبين وجود تآكل كبير من الجهة الداخلية نتيجة لاحتكاك الجزء الدوار بالترس من الجهة الداخلية وتآكلها نتيجة لاستمرار الحركة الدورانية على المدى الطويل لعمل المضخة، السبب في ذلك يعود لعدم قدرة الجزء الدوار على ضبط ضغط التوازن (كانت قيمة ضغط التوازن تتغير بين القيم الحدية المسموح بها للضغط (8-12) bar)) بسبب تلف المانعة وتسرب غير منتظم لحجرة الضخ و اهتراء المروحة الخاصة بمرحلة الضغط المنخفض الأخيرة كما تبين سابقاً، تمت معالجة هذا الشرخ بتعبئة المكان باللحام الكهربائي حيث (قطر الكترود اللحام 3 mm، نوع EV50 ، شدة التيار 200 A)، وهو لحام سبائكي يحوي نسبة عالية من الكروم (أكثر من 65% كروم).

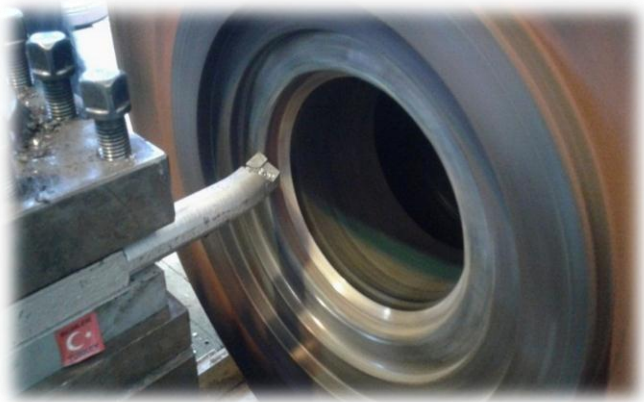


الشكل (20.4) فحص الترس الأمامي والتأكد من حالته

بعدها تمت معالجة السطح الملحوم بالخراطة المناسبة على مرحلتين : الأولى: خراطة جبهية والثانية: خراطة محيطية مع مراعاة إنجاز عملية القياس المستمرة بعد كل عدة أشواط للمخرطة وبسرعة تغذية بطيئة تقدر حوالي (0.05 mm/sec) وسرعة دوران (100 r.p.m)، والصور التالية توضح ما تم إنجازه عملياً:

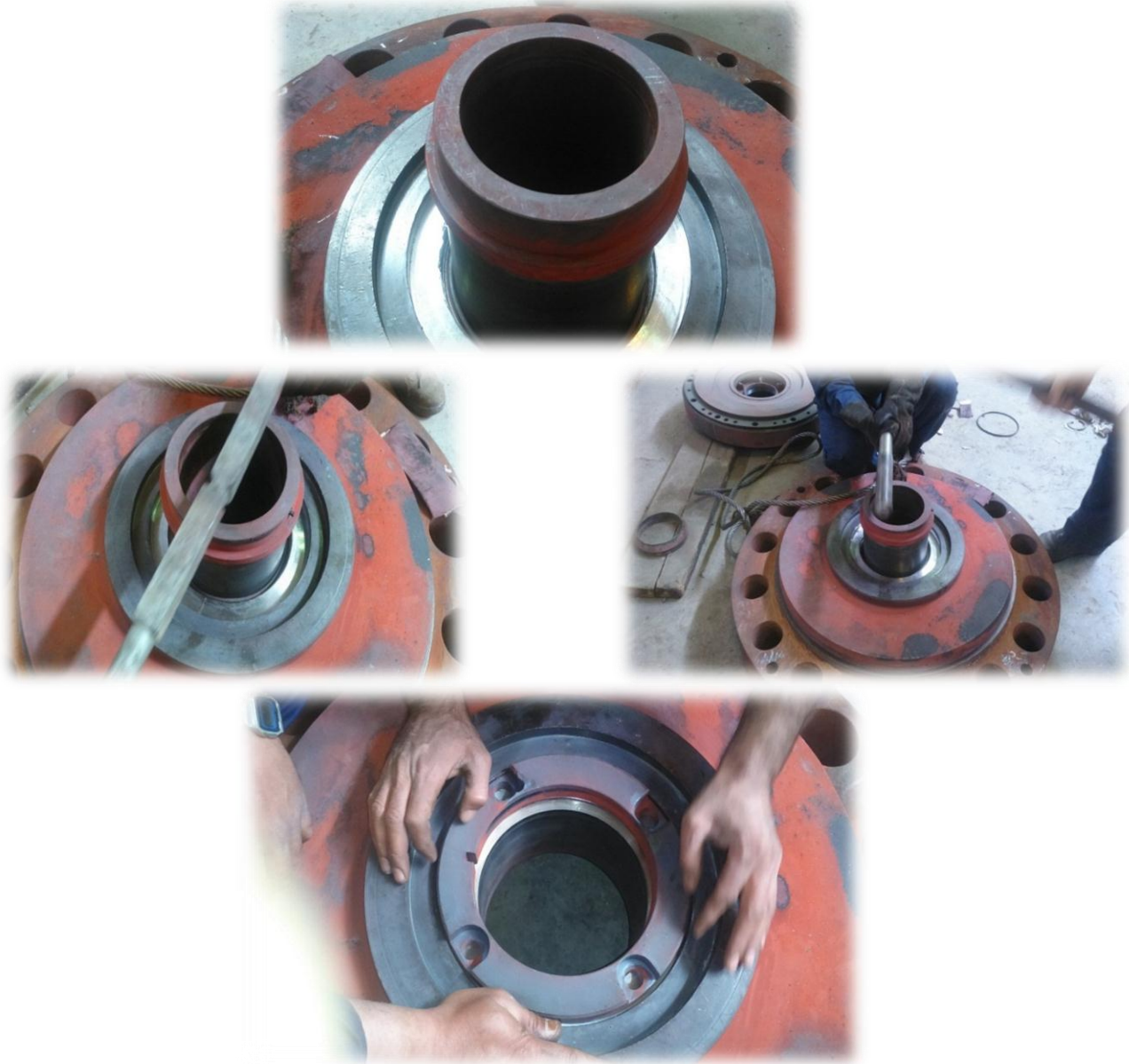


الشكل (21.4) إجراء عملية اللحام للترس ومن ثم إجراء عملية تسوية للسطح الملحوم



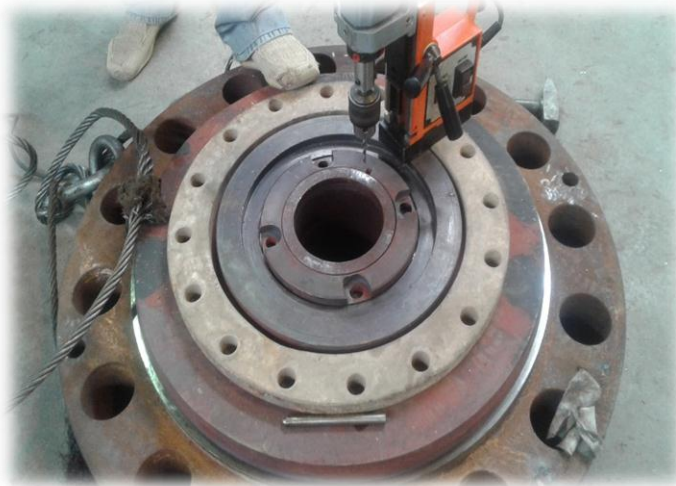
الشكل (22.4) إنجاز الخراطة وتسوية السطح اللازم بعد الانتهاء من عملية اللحام

بعد الانتهاء من تسوية السطح، تم التحضير لتركيب الجلبة المركزية في مكانها بمساعدة مطرقة معدنية مع مراعاة نوع الازواج التداخلي بين الجلبة والترس الأمامي للمضخة بمقدار (0.3 mm)، بعدها تم تثبيتها في مكانها بمساعدة حلقة تثبيت لحصر الجلبة عند مقدمة الترس بمساعدة لولب تثبيت قياس (12 mm)، من أجل تثبيت لولب تثبيت الحلقة في مكانها فقد لزم إنجاز فتح سن وإحكام تثبيت الجلبة في مكانها (عملية التنقيب كانت على مراحل بدأت بريشة بقطر (6 mm) ثم توسيع الثقوب بريشة (10 ثم 12 ثم 14) - وإنجاز عملية فتح سن على قياس (16 mm) والصور التالية توضح هذه المراحل :

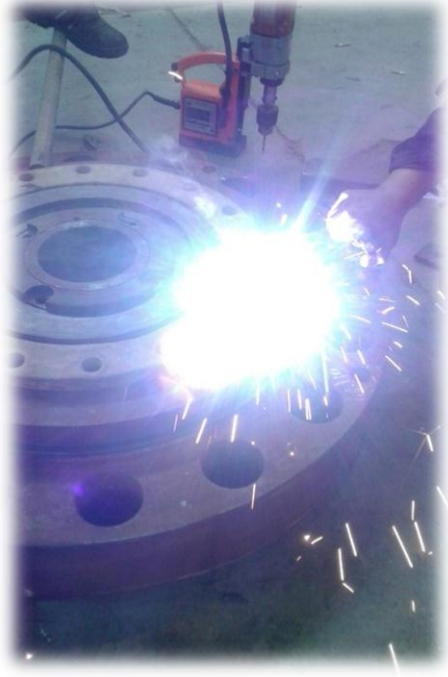


الشكل (23.4) تثبيت جلبة الترس الأمامي ومعايرة تثبيت سوار الاحكام الامامي والخلفي الخاص بها

عملية التنقيب تمت بمساعدة مثقب ذو قاعدة مغناطيسية ولزم لضمان تثبيتته الصحيح لحام نقطي لقرص معدني من الحديد على ترس المضخة لضمان تثبيت المثقب المغناطيسي وإنجاز الثقوب اللازمة :



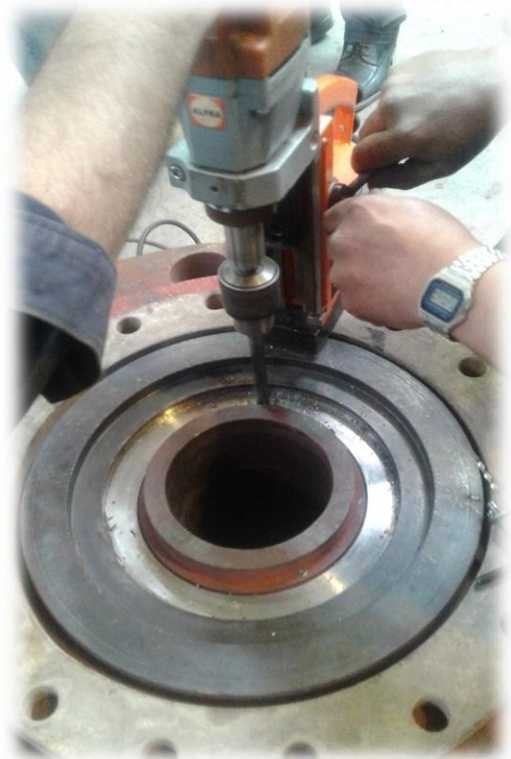
الشكل (24.4) المثقب ذو القاعدة المغناطيسية وطريقة تثبيته على الترس الأمامي للمضخة عند صيانته



الشكل (25.4) توضيح لطريقة لحام تلقيط لقرص حديد على الوجه العلوي للترس لإنجاز عملية التنقيب



الشكل (26.4) القرص الحديدي بعد تلقيطه باللحام



الشكل (27.4) تثبيت المثقب والبدء بعملية التنقيب



الشكل (28.4) تثبيت سوار الجلبة الأمامي وشد لوالب التثبيت بعد الانتهاء من فتح السن



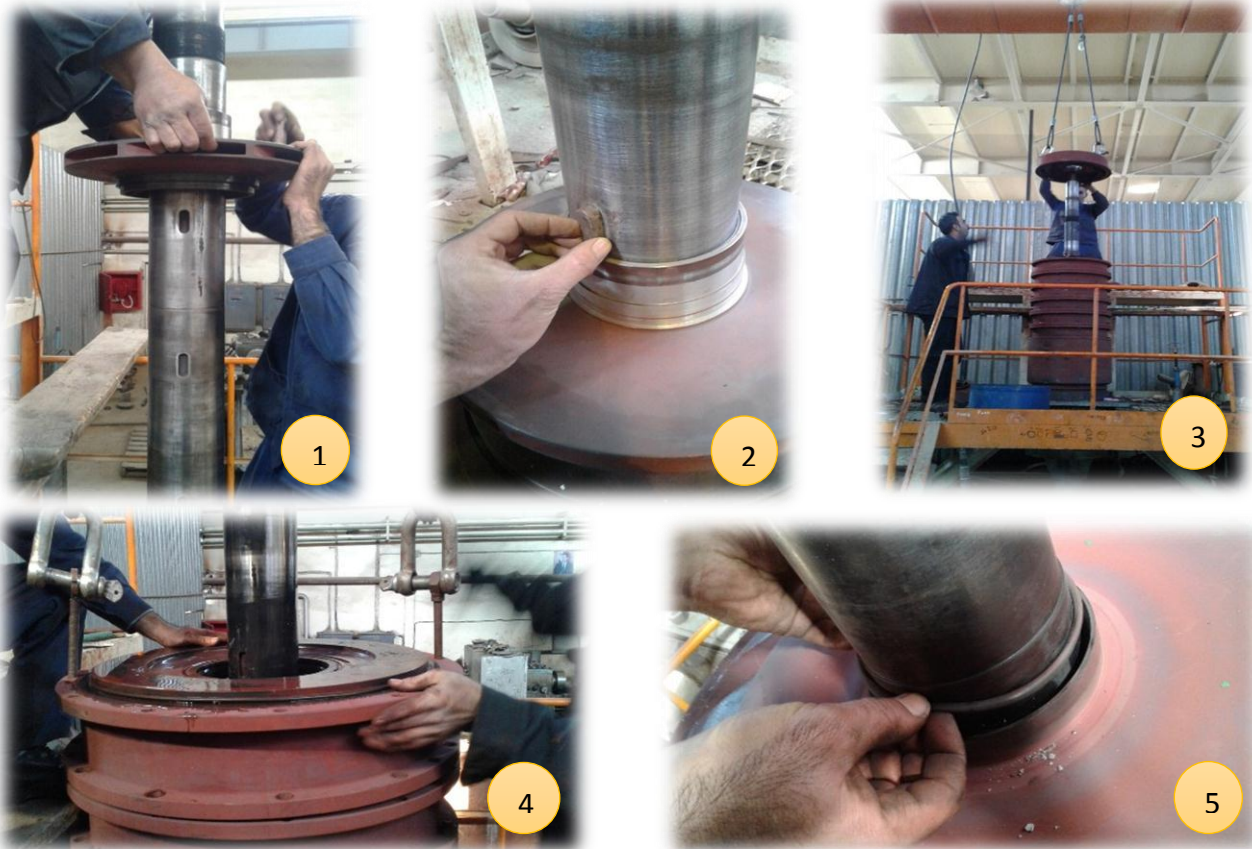
الشكل (29.4) تثبيت سوار الجلبة الخلفي وشد لوالب التثبيت
انتهاء مرحلة صيانة الترس الأمامي للمضخة وتثبيت أساور تثبيت
الجلبة على الوجهين الأمامي والخلفي للترس

فيما يلي جدول أعمال الصيانة الفنية والتكاليف المالية لمرحلة صيانة الترس الأمامي لمضخة تغذية المرجل:

جدول (9.4) مرحلة صيانة الترس الأمامي لمضخة تغذية المرجل								
الرقم	اسم العنصر	العدد	الحالة الفنية	الوزن (kgf)	ثمن جديد (L.S)	زمن الصيانة (hour)	عدد الفنيين	الأجور و الرواتب (L.S)
4	الترس الأمامي	1	تآكل واهتراء من الجهة الداخلية	1200	750000	14 (لحام+خرائطه+ تنقيب+فتح سن)+تجميع	4	لحام+تنقيب: 15000 خرائطه : 30000=6×5000 أجور الفنيين: 24000

رابعاً- إجراءات التجميع :

تم تجميع الجزء الداخلي الدوار بشكل تسلسلي وتجميع مراحل الضغط المرتفع (من الأسفل إلى أعلى العمود) وصولاً إلى مراحل الضغط المنخفض، حيث تم إعادة وضع العمود على القاعدة الخاصة ليتم تركيب مراحل الضغط بشكل متتابع وتثبيت الخوابير وشد الصامولات لكل مرحلة وممانعات التسريب بينها.



الشكل (30.4) تجميع الجزء الدوار لمضخة تغذية المرجل بعد إجراء صيانة وضبط الأجزاء المكونة له 1

تم اضافة جلبية احكام (جلبية حصر) جديدة للعمود بدلاً من القديمة المهترئة المتآكلة وتم تثبيتها بإحكام مع خابور تثبيت، كما تم أيضاً تركيب قرص توازن مصنوع من الكروم بشكل كامل واستبداله بالقرص القديم المتآكل



الشكل (31.4) تجميع الجزء الدوار لمضخة تغذية المرجل بعد الصيانة وضبط للأجزاء المكونة له 2

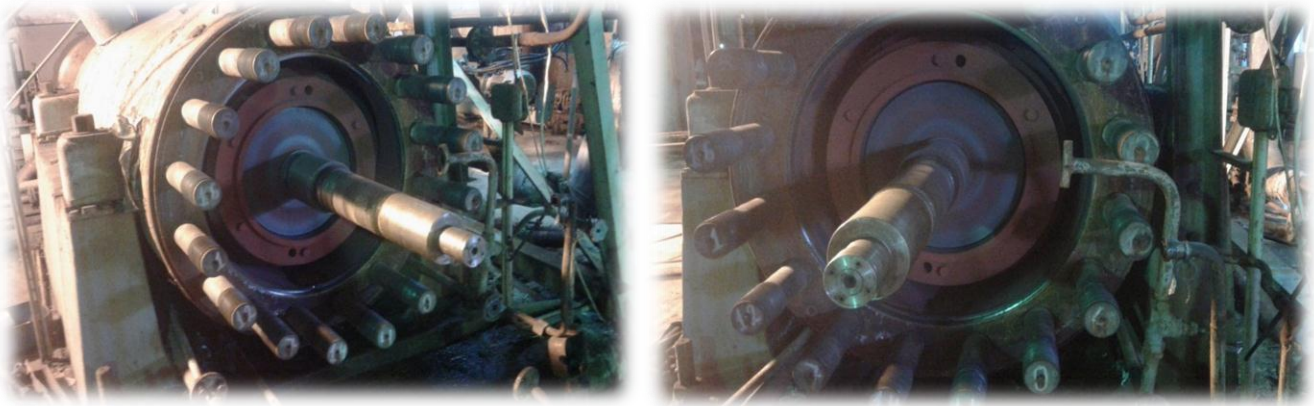
فيما يلي جدولة أعمال الصيانة الفنية والمالية لمرحلة تجميع الجزء الدوار الداخلي :

جدول (10.4) مرحلة تجميع العناصر الميكانيكية							
الرقم	اسم العنصر	العدد	الحالة الفنية	الوزن (kgf) الأبعاد (mm)	زمن المستغرق (hour)	عدد الفنيين	الأجور و الرواتب (L.S)
8	قرص توازن	1	استبداله بجديد لاعتراة	6	8	2	$6000 = 3000 \times 2$ + أجرة رافعة : $20000 = 4 \times 5000$ قرص توازن جديد = 160000 جلبة جديدة = 95000 حلقات جديدة = $27500 = 11 \times 2500$
9	جلبة حصر	1	استبدالها بجديد لاعتراة	2.5			
10	حلقات إحكام	11	استبدالها بجديد لاعتراة	قطر 145 mm			

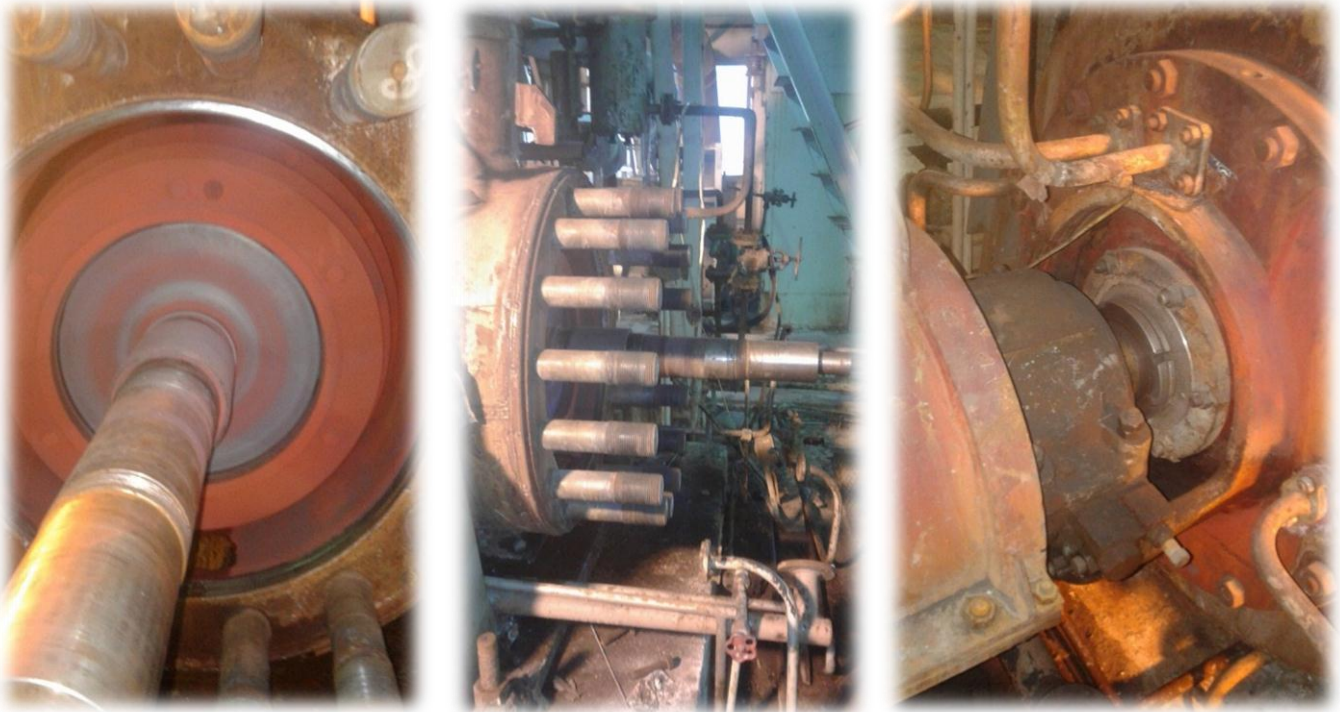


الشكل (32.4) الجزء الدوار بعد الانتهاء من التجميع

بعد الانتهاء من تجميع الجزء الدوار الداخلي والتأكد من جاهزيته الفنية، تم التحضير لمكان تركيبه ضمن حجرة جسم المضخة (الجزء الثابت من المضخة)، تم فحص الجدار الداخلي لجسم المضخة من ناحية وجود تشققات أو شروخ، تبين بعد الفحص أن جسم المضخة الثابت جيد فنياً ولا يوجد فيه أية تشققات أو شروخ، بعدها تم إدخال الجزء الدوار ضمن موضعه في الجزء الثابت ببطء بمساعدة آلة الرفع وإدخال نهاية طرف المحور من جهة القارئة الهيدروليكية التي سيتم تثبيت معها في مكان المضجع الخاص به، وفيما يلي توضح الصور التالية وضعية الجزء الدوار داخل جسم المضخة الثابت و كيفية تموضعه ضمنه كما يلي :



الشكل (33.4) الجزء الدوار ضمن جسم المضخة الثابت



الشكل (34.4) عمليات الفحص و التأكد من التموضع الصحيح للجزء الدوار المتحرك ضمن جسم المضخة الثابت وفحص الخلوصات وعناصر التثبيت الملحقة

تم تجهيز مكان العمل وتحضير كافة العناصر الميكانيكية المساهمة في تجميع ما تبقى للجزء الدوار ضمن الجزء الثابت وفحص الحالة الفنية لكافة القطع واستبدال المانعات جميعها و وضعها على طاولة العمل قرب مكان تجميع المضخة لضمان سهولة و ترتيب عملية التجميع.



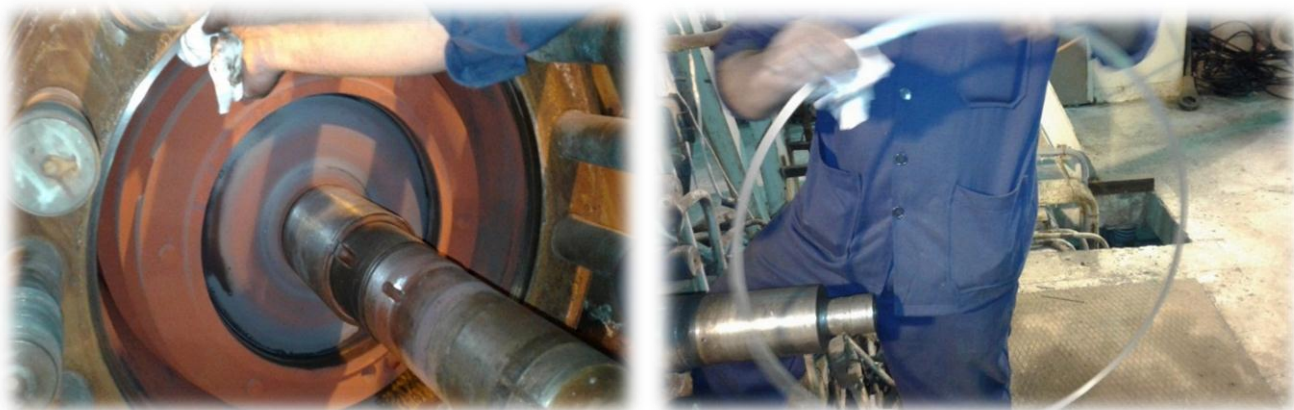
الشكل (35.4) القطع الملحقة لتجميع الجزء الدوار: المحمل ولوالب التثبيت والموانع والأغطية المرفقة.

تم فحص قاعدة المحمل الموجودة في المقدمة الأمامية للمضخة بشكل كامل من ناحية الشقوق و الشروخ أو أي عيب ظاهر وتبين بعد الفحص أنها سليمة فنياً، تم إنجاز عملية غسيل وتنظيف لها، وبالنسبة لأمكنة توصيل أنابيب التزيت والتبريد الخاص بالمحامل فقد تم استبدال المانعات كاملة في كافة أمكنة الربط مع الوصلات الثانوية من تبريد وتزيت وتجهيزها بشكل كامل للتثبيت النهائي، والصور التالية توضح قاعدة تثبيت المحمل وشكلها :



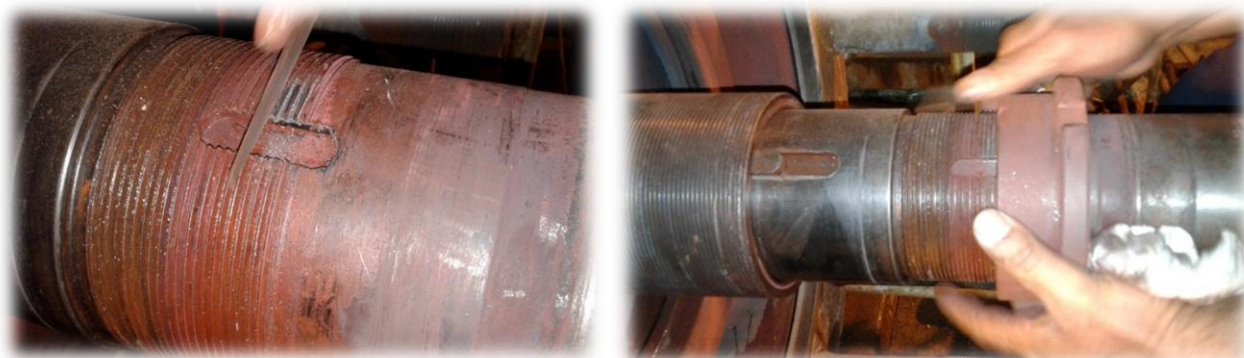
الشكل (36.4) عملية فحص قاعدة تثبيت المحمل الأمامية لمضخة تغذية المرجل قبل التجميع

تم فحص لولب تثبيت الترس الأمامية من ناحية سلامة الأسنان وقد لوحظ بعض الاسنان بحاجة إلى إجراء عملية تصحيح لمسار وتم ذلك بمساعدة مبرد معدنية وتصحيح مسار السن لدخول لولب التثبيت بسهولة وضمان الشد الصحيح لتثبيت الترس في مكانه، كما تم فحص حالة لولب الجزء الدوار من خلال إدخال سوار تثبيت قرص التوازن الملولب في مكانه والانتباه إلى سلاسة حركته أو وجود توقف فجائي أثناء شده على لولب المحور وتم إجراء الصيانة اللازمة باستخدام مبرد معدنية أيضاً (متوسطة القياس). بعدها تم تحضير الجزء الأمامي الثابت للمضخة حيث سيتم استكمال مراحل التجميع للأجزاء والعناصر الميكانيكية المكملة وإجراء عملية التنظيف اللازم للأجزاء المكونة والتي ستثبت فيما بينها.



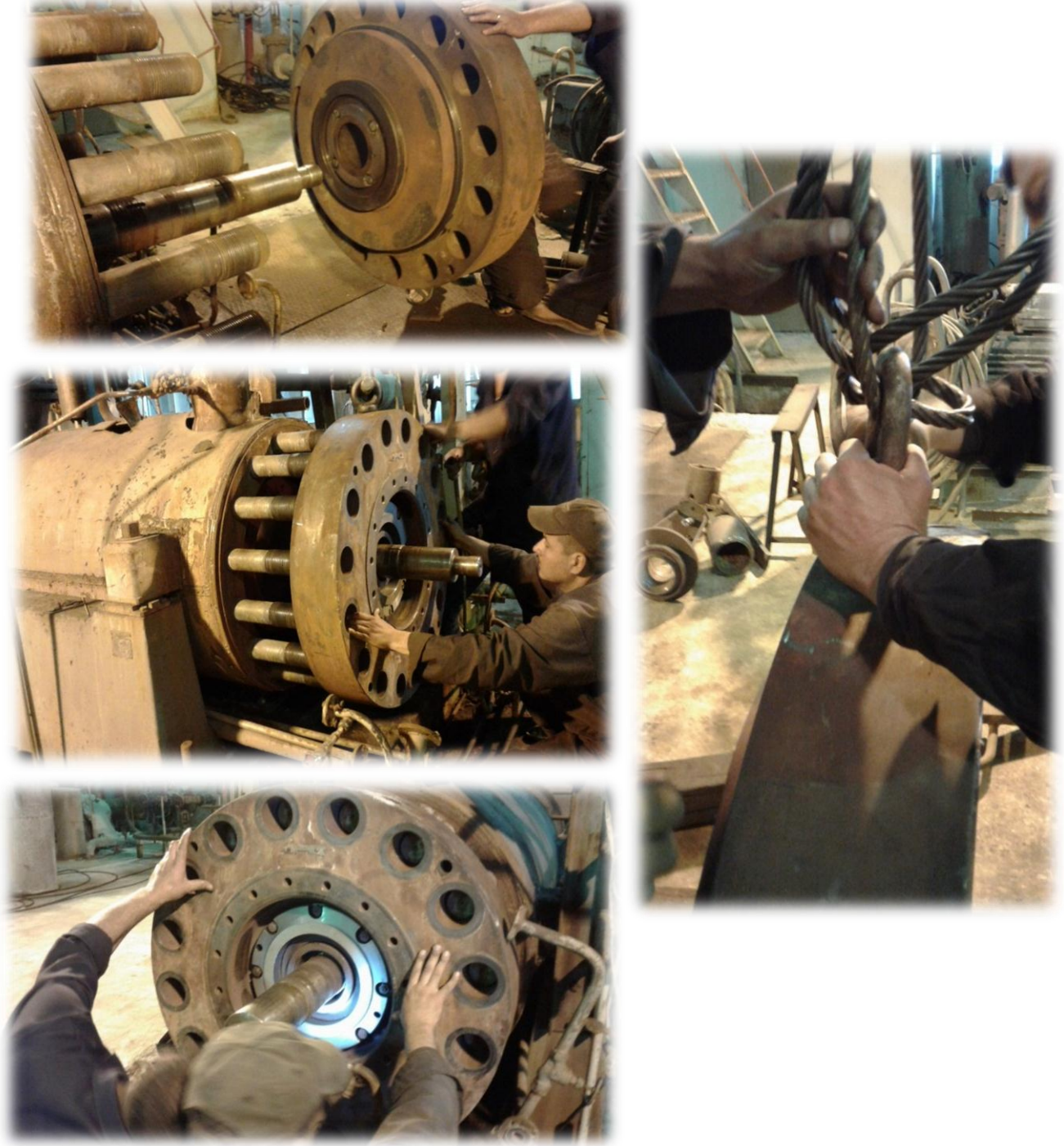
الشكل (37.4) عملية تنظيف الأجزاء المتممة لتثبيت الترس الأمامي والتحضير للبدء بالتجميع

تم تنظيف اطار معدني من الألمنيوم الذي يعتبر بمثابة حلقة احكام بين الترس الأمامي للمضخة من الجهة الداخلية مع جسم المضخة، ويعتبر هذا الاطار ضروري لضمان حصر الضغط وضمان احتباس الماء أثناء فترة تشغيل المضخة (كما توضحه الصورة العلوية اليمنى).



الشكل (38.4) فحص لولب محور الجزء الدوار قبل التجميع واصلاح مسار الاسنان حيث يلزم

بعد الانتهاء من صيانة الترس الأمامي بشكل كامل، تم تركيب الترس في مكانه على مقدمة المضخة بمساعدة آلة الرفع وإدخال ثقوب الترس بما يقابلها من لولب التثبيت في جسم المضخة بشكل تدريجي وبطيء لضمان المركزة الصحيحة للثقوب مع لولب التثبيت وعدم تلف أسنان التثبيت والصور التالية توضح هذه الخطوة :



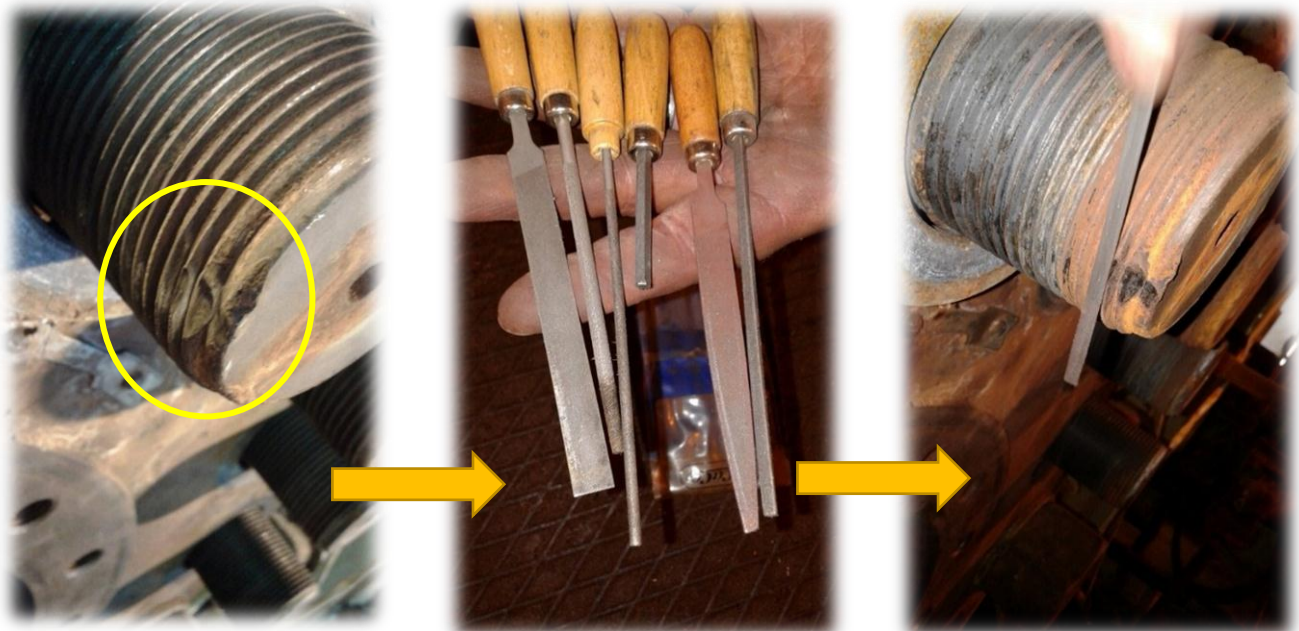
الشكل (39.4) تثبيت الترس الأمامي للمضخة في مكانه وسنترته مع لولب تثبيته مع جسم المضخة



باستمرار ادخال الترس في مكانه الصحيح تبقى الرافعة حاملة للترس طيلة عملية التثبيت، وبعدها يتم وضع رنديلات التثبيت يليها صامولات التثبيت، حيث يوجد (16) لولب تثبيت على محيط دائرة الترس والتي يقابلها (16) صامولة تثبيت قياس (58 mm) مع رنديلات ملحقة أيضاً لضمان الشد الصحيح وفق التسامح المسموح به بين الترس وجسم المضخة والبالغ (0.1 mm).

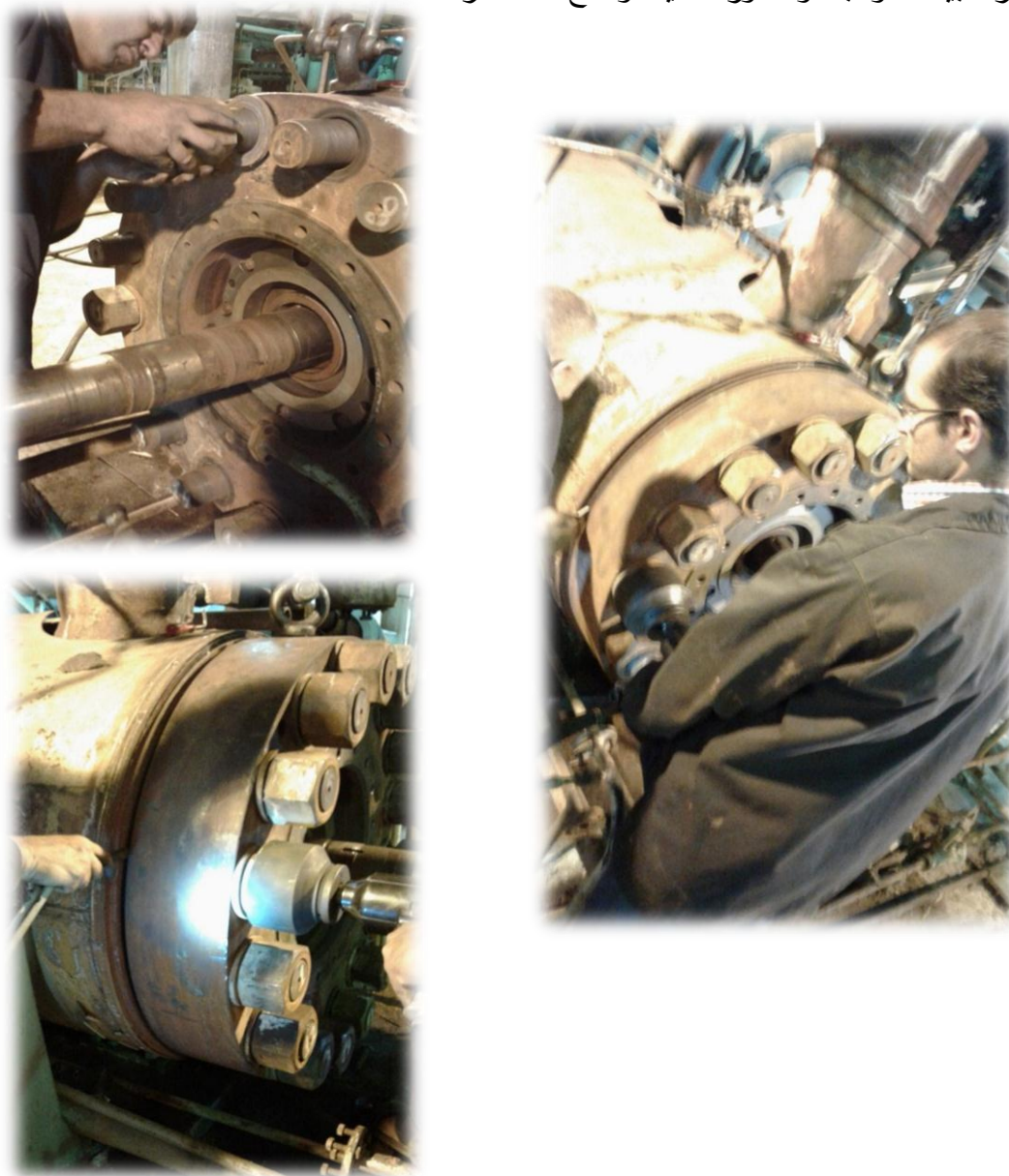
يراعى قبل وضع صامولات التثبيت فحص حالة لولب التثبيت من حالة هصر سن اللولب بسبب دخول الترس وضغط غير منتظم على أسطح لوالب التثبيت، بالتالي لابد من عملية تصحيح لسن اللولب المتضرر فقط وفحص كافة اللوالب، والصور التالية توضح أحد اللوالب وقد تعرض لعملية هصر والذي تم تصحيحها بمساعدة مجموعة من المبراد المعدنية لضبط مجرى السن.

الشكل (40.4) تثبيت الترس الأمامي



الشكل (41.4) تصحيح مجرى السن لأحد أسنان اللولب المتضررة

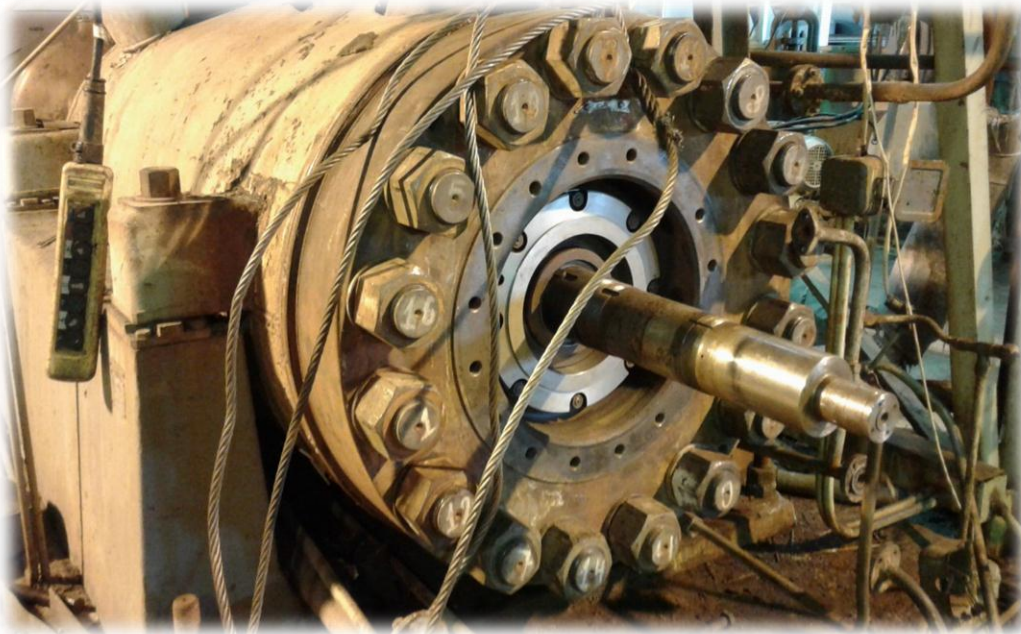
تم شد الصامولات مع حلقات التثبيت (رنديلات) باستخدام جهاز تثبيت يعمل على الهواء المضغوط بضغط هواء (5 Bar) بحيث يكون ترتيب الشد بشكل متقابل على محيط دائرة الترس (شد متصالب) لضمان توزيع قوى تثبيت اللوالب على الترس الأمامي للمضخة وبالتالي ضبط احكام تثبيته، وبمساعدة مسطرة محدد القياس يتم قياس التفاوت في نقاط مختلفة من محيط الترس أثناء شد الصواميل لضمان الشد التدريجي والموزع على محيط دائرة تثبيت اللوالب، والصور التالية توضح هذه المرحلة :



الشكل (42.4) عملية شد صواميل تثبيت الترس الأمامي وملاحظة التفاوت

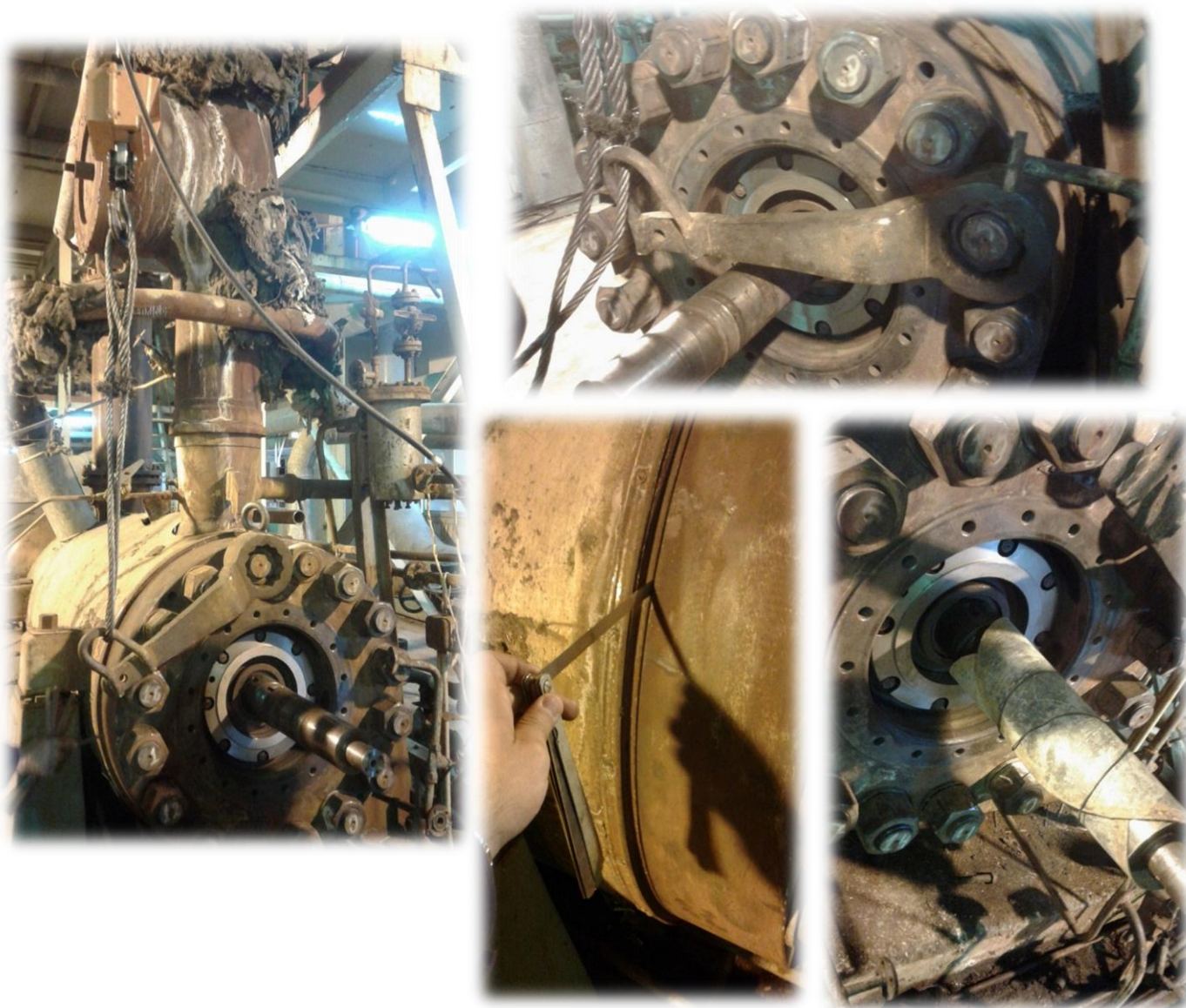


الشكل (43.4) إتمام عملية شد الصواميل باستخدام جهاز شد الصواميل الذي يعمل بالهواء المضغوط

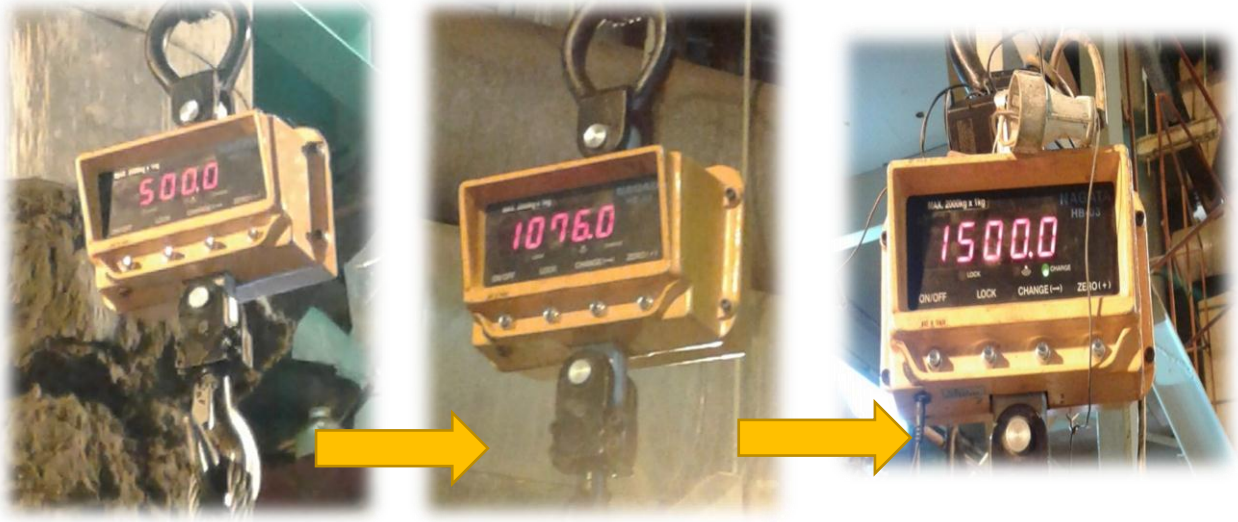


الشكل (44.4) الانتهاء من عملية الشد الأولي للصواميل و فصل الرافعة الحاملة للترس

بعد ذلك تم العمل على مرحلة الشد الثانوي لضمان احكام التثبيت ولهذا لزم تطبيق قوة شد على كل صامولة تثبيت بقوة مقدارها بالكيلو غرام (1500 kg) وعلى ثلاث مراحل (في كل مرحلة يتم تطبيق قوة الشد بمقدار 500 kg على كل صامولة) حسب تعليمات الشركة المصنعة، ويتم تطبيق قوة الشد هذه بمساعدة الرافعة وساعة قياس لقياس قيمة قوة الشد المطبقة (ساعة قياس وزن مدرجة بالـ kg)، وتتم عملية الشد أيضاً بأسلوب متصالب كما هو الحال عند الشد الأولي لصواميل التثبيت، وبعد الانتهاء من مرحلة تطبيق يتم قياس التفاوت بين الترس وجسم المضخة بحيث يكون التفاوت على الشد النهائي بمقدار (0.1 mm)، تم وضع غلاف من البلاستيك المطاطي حول محور الجزء الدوار لحماية العمود وأسنان اللوالب للحماية من صدم مفتاح شد الصواميل أو أسلاك الرافعة أثناء عملية الشد، والصور التالية توضح ذلك:



الشكل (45.4) التحضير للشد الثانوي لصامولات تثبيت الترس بمساعدة الرافعة ومقياس قوة الشد



الشكل (46.4) صور توضح قيم قراءات قوة الشد المطبقة في كل مرحلة ابتداء من قيمة (500kg) للمرحلة الأولى ثم تطبيق قوة شد تصل إلى 1000 kg للمرحلة الثانية وبعدها تطبيق قوة الشد بقيمة 1500 kg على كافة صواميل تثبيت الترس الأمامي للمضخة).

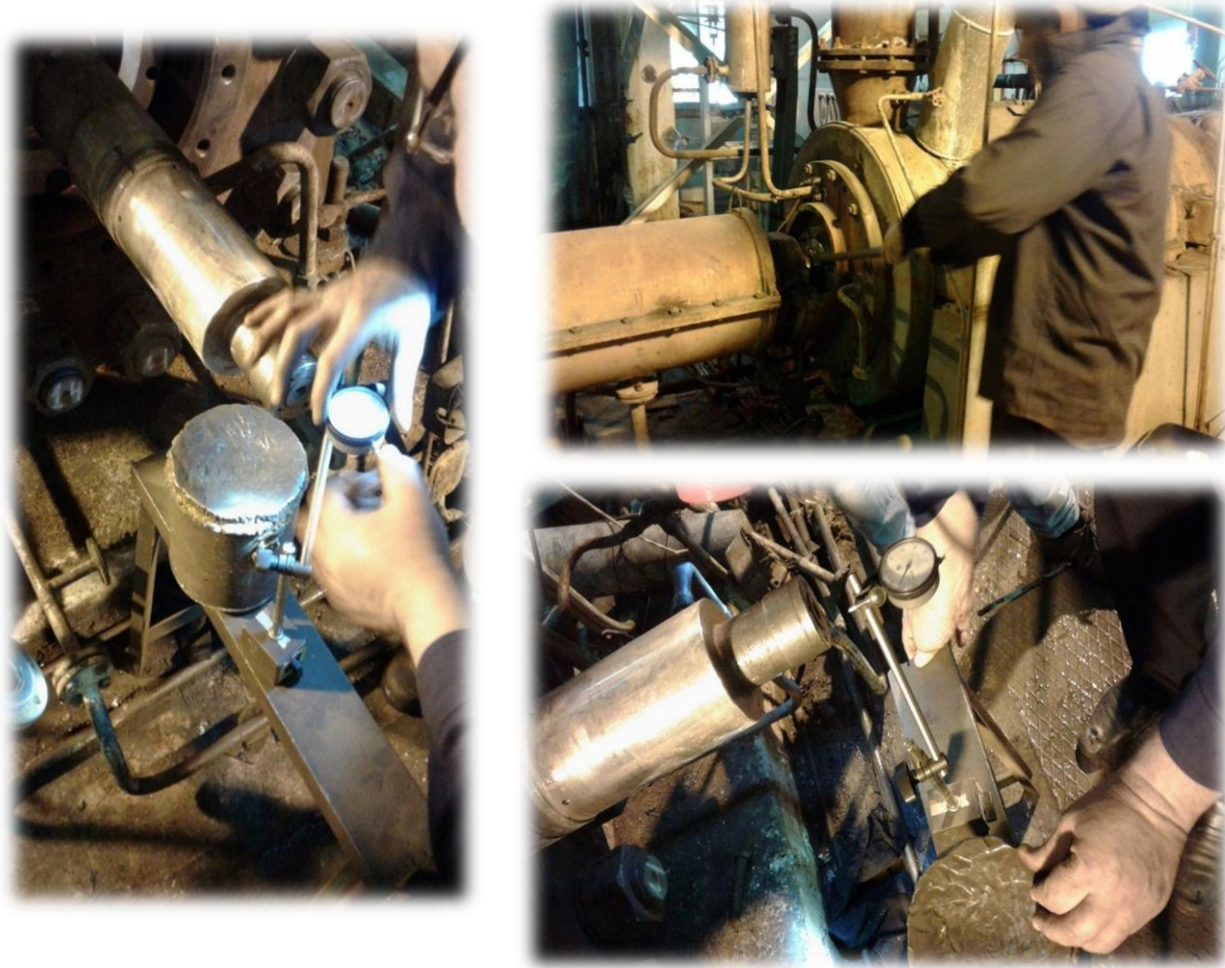


تم ضبط تثبيت جميع صامولات الترس الأمامي على قوة شد (1500 kg) بشكل تقريبي لضمان توزيع ضغط الاحكام على محيط دائرة تثبيت الترس الأمامي ليتحمل ظروف التشغيل.

ومنه تم انتهاء مرحلة تركيب الترس الأمامي لمضخة تغذية المرجل في مكانه عند مقدمة المضخة.

الشكل (47.4) تطبيق حمل الشد على أحد الصواميل

بعد الانتهاء من تركيب الترس، تم العمل على معايرة الازاحة المحورية للجزء الدوار وذلك بمساعدة ساعة قياس بدقة (0.01 mm)، تم تثبيت ساعة القياس على طاولة معدنية عند مقدمة عمود الدوران الرئيسي ومن ثم ضبط قيمة قياس الساعة على القيمة صفر ومحاولة إزاحة العمود للوصول إلى إزاحته العظمى عبر دفعه يدوياً (قوة عضلية) من الجهة الخلفية للمضخة وقراءة مقدار الازاحة الأعظمى للعمود لمعايرة هذه الازاحة عند الحمل، كما تم بعدها تركيب قرص التوازن ومتمماته وقياس مقدار الازاحة الجديد، علماً أن قيمة الإزاحة المسموح بها للعمود الدوران حسب الشركة المصنعة (3 mm)، [4].



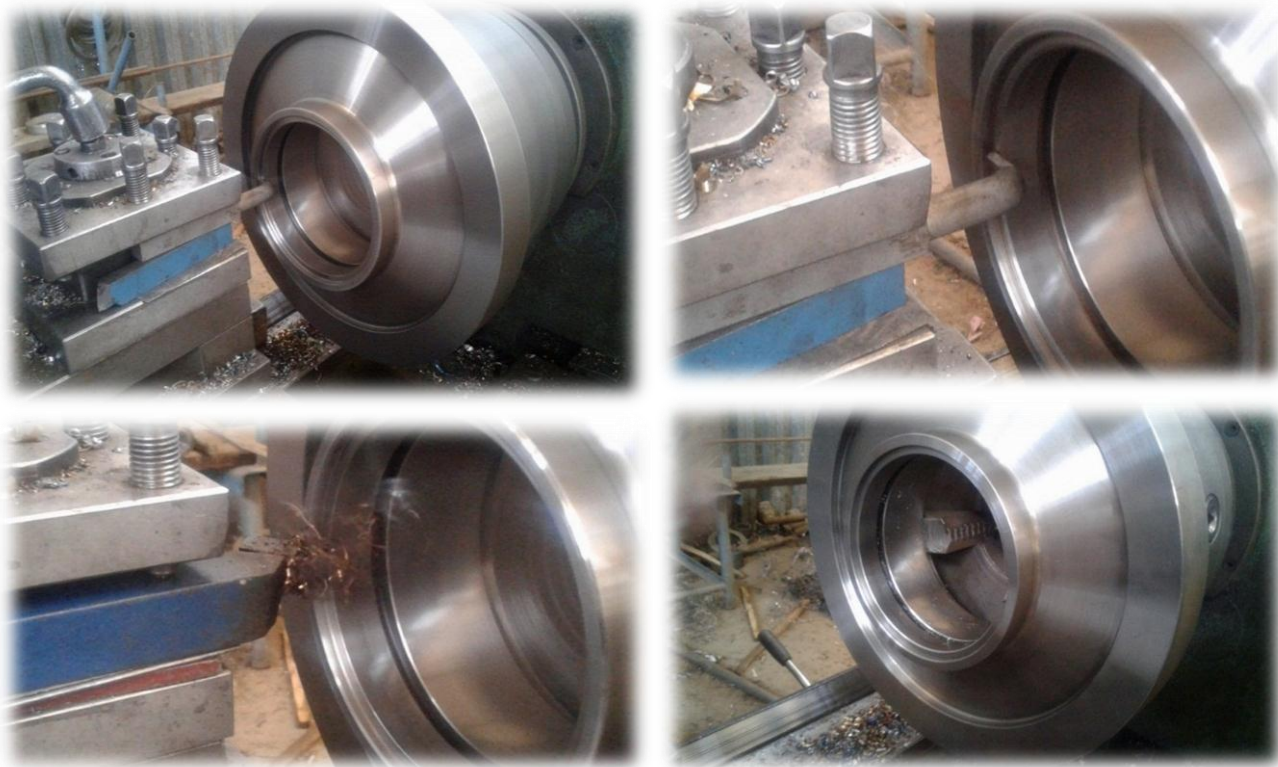
الشكل (48.4) معايرة الازاحة المحورية للجزء الدوار وقياس مجال ازاحته الأعظمي

تم تجهيز قرص توازن جديد (مصنوع بالكامل من الكروم) وذلك لاهتراء القرص القديم كما تم تنظيف القرص وملحقاته من الشحم، ومن ثم تم تركيبه في مكانه في مقدمة محور الجزء الدوار وتم أيضاً تركيب مانعة الحصر الخاص به واحكام تثبيته بصامولته المحورية الخاصة به وبعدها تم أخذ قراءة قياس الازاحة (كانت 6 mm) بالتالي تبين أن الازاحة تزيد بمقدار (3 mm) عن القيمة المسموح بها، لهذا لزم إنجاز عملية ضبط الأبعاد من خلال عملية خراطة للقرص بمقدار الزيادة في الازاحة لضمان المحافظة على مجالات الأبعاد المسموح بها.



الشكل (49.4) تركيب قرص التوازن وصامولته وقياس مقدار الازاحة

تم وضع قرص التوازن الجديد على المخرطة وتحضيره لانجاز خراطة بمقدار (3 mm) تتضمن (1.5mm) خراطة جبهية، و 1.5 mm خراطة جانبية للحفاظ على ثبات قيمة التدرج في المقاطع بين قرص التوازن مع حلقة الاحكام المحوري التي تحصر مكان تثبيته) وذلك لضبط مقدار الازاحة الاجمالي لعمود الدوران الرئيسي.



الشكل (50.4) انجاز عملية خراطة جبهية و جانبية لقرص التوازن الجديد لتحقيق تفاوت الازاحة المحوري

فيما يلي جدول أعمال الصيانة الفنية والتكاليف المالية لمرحلة ضبط أبعاد قرص التوازن الجديد :

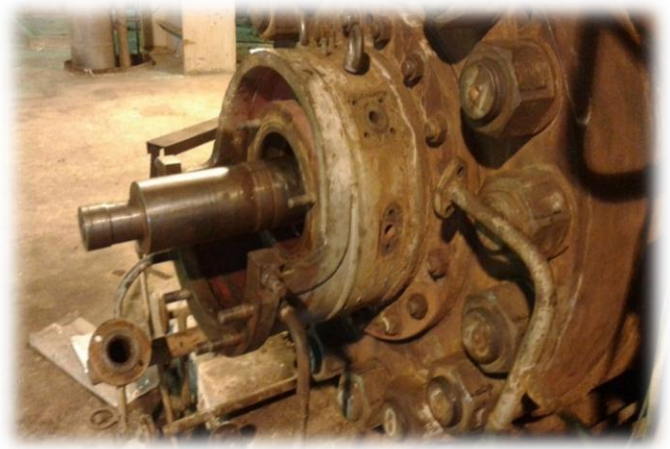
جدول (11.4) مرحلة ضبط أبعاد قرص التوازن الجديد (كروم متجانس)								
الرقم	اسم العنصر	العدد	الحالة الفنية	الوزن (kgf)	ثمن جديد (L.S)	زمن الصيانة (hour)	عدد الفنيين	الأجور و الرواتب (L.S)
8	قرص توازن	1	خراطة وجلخ	6	160000	1	1	خراطة : 5000 أجور عمال: 3500



بعد الانتهاء من عملية الخراطة، تمت إعادة تركيب قرص التوازن وتنصيبه في مكانه من خلال تثبيت حلقة احكامه المقلوطة واحكام اطباقها عليه، والصورة التالية توضح حلقة الاحكام مع القرص:

الشكل (51.4) تثبيت حلقة الاحكام لقرص التوازن

بعد الانتهاء من تجميع متنتات ما يتعلق بمحور الجزء الدوار ومعايرته، تم تركيب قاعدة كرسي العمود على مقدمة الترس الأمامي للمضخة، وذلك من خلال تعليق قاعدة كرسي المحور بالرافعة ومعايرة مكان تثبيتها على الترس ومن ثم احكام صامولات تثبيت قاعدة كرسي المحور (بعدد 24 صامولة وقياس 18 mm) والصورة توضح كيفية تموضع قاعدة كرسي المحور على مقدمة الترس :



الشكل (52.4) تركيب قاعدة كرسي المحور على الترس الأمامي لمضخة التغذية

تم التحضير لتفصيل مانعات من أجل وصلات التزيت والتبريد، تم ذلك بقياس أقطار الانابيب والوصلات المعدنية المختلفة ومقطع قواعد هذه الوصلات بمساعدة بياكوليس دقة قياسه (0.01 mm)، وباستخدام لوح من اللباد الحراري (صناعة روسيا) تم قص مانعات التسرب بما يتناسب مع شكل المقطع وأبعاده وذلك بمقص حديد صناعي، استخدم عند تركيب المانعات مادة سيلكون حراري لاصقة لتشكيل طبقة إحكام تثبيت للمانعات

في مكانها وضمان منع التسرب أثناء التشغيل (السيلكون الحراري نوع RED RTV يتحمل شروط تشغيل حرارية حتى 345°C أو 650 F).



الشكل (53.4) تفصيل مانعات التسرب لوصلات التبريد والتزيت وفق أبعاد مقاطع الوصلات



الشكل (54.4) تفصيل المانع من اللباد الحراري واستخدام سيلكون حراري أثناء تثبيت المانعة في مكانها

تم تحضير ما تبقى من عناصر ميكانيكية وفحص حالتها الفنية واستبدال المانعات، تم فحص حالة كرسي العمود الانزلاقي وحلقات احكامه وقرص مركزة للعمود الذي سيتوضح لاحقاً أسلوب تجميعه والصور التالية توضح بعض من هذه الأجزاء التي تم تحضيرها وفحصها:



الشكل (55.4) فحص العناصر الميكانيكية المتممة وتحضيرها للتركيب والتجميع النهائي

فيما يلي جدول أعمال الصيانة الفنية والتكاليف المالية لمرحلة تفصيل مانعات التسرب الميكانيكية للوصلات:

جدول (12.4) تفصيل مانعات تسرب حرارية للوصلات الهيدروليكية								
الرقم	اسم العنصر	العدد	الحالة الفنية	الوزن (kgf)	ثمن جديد (L.S)	زمن الصيانة (hour)	عدد الفنيين	الأجور و الرواتب (L.S)
11	لوحة لباد حراري	1	تفصيل مانعات	1	35000	2	1	أجور: 3000 سيلكون حراري: 7000

تم فحص الحالة الفنية لقرص مركزة العمود (عبارة عن ثلاث قطع ميكانيكية : 1- اسطوانة ربط ، 2- حلقة احكام مقلوطة ، 3- حلقة توجيه حلزونية لتوجيه السائل أثناء تشغيل المضخة) وتم تجميع قطعه المكونة له ليتم تركيبه في مكانه في مقدمة قاعدة كرسي العمود، فيما يلي توضيح لتجميعه :



الشكل (56.4) تجميع قرص مركزة العمود



الشكل (58.4) شد حلقة احكام قرص المركزة

الشكل (57.4) تركيب قرص المركزة على العمود وتثبيته

مراحل تثبيت قرص المركزة في مكانه على العمود الدوار

تم تركيب لوالب تثبيت لتركيب حلقة الاحكام الخارجية من الجهة الأمامية لقاعدة كرسي المحور، بعدها تم فحص وشد كافة صواميل التثبيت على المحور وقاعدة كرسي المحور والصور التالية توضح طريقة التركيب:

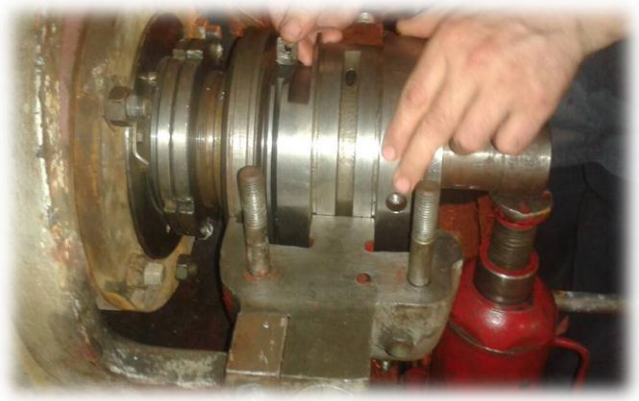


الشكل (59.4) تركيب حلقة أمامية في مقدمة قاعدة كرسي المحور وتثبيتها بالصواميل

بعد الانتهاء من تثبيت حلقة الاحكام الامامية تم تركيب جسم كرسي المحور الخارجي المكون من جزئين علوي وسفلي، والذي يحوي بداخله الجزء الداخلي "جلبة" لكرسي المحور (علوية وسفلية أيضاً) والصور التالية توضح تركيب أجزاء كرسي المحمل الانزلاقي ، [20] :



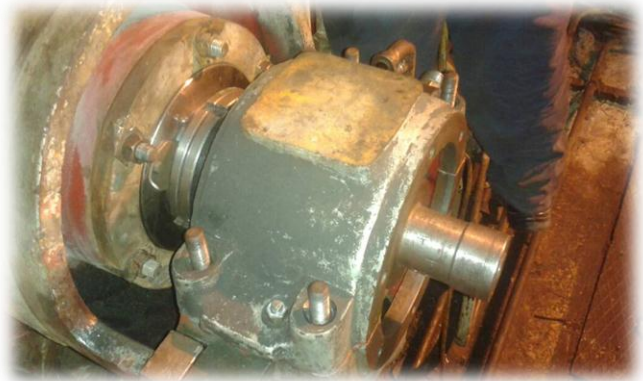
الشكل (60.4) تركيب الجزء السفلي لكرسي المحمل الانزلاقي وتثبيته على قاعدته



الشكل (61.4) تركيب الجزء الداخلي العلوي والسفلي لكرسي المحور الانزلاقي



الشكل (62.4) تركيب الجزء العلوي الداخلي لكرسي المحور الانزلاقي وتنصيبه في مكانه



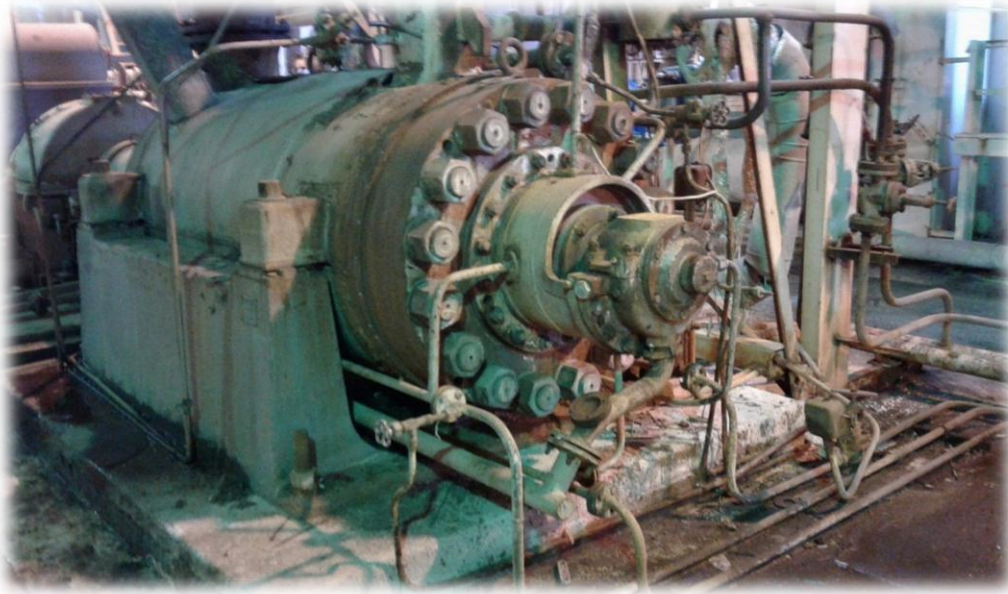
الشكل (63.4) تركيب الجزء العلوي الخارجي لكرسي المحور الانزلاقي وتنصيبه

وأخيراً تم تركيب غطاء أمامي لقاعدة المحمل الانزلاقي والذي يحوي بداخله على رولمان دحرجي يغطي مقدمة محور الجزء الدوار من الأمام ويسهل حركته أثناء الدوارن، والصور التالية توضح طريقة تركيب و تثبيت هذا الغطاء الأمامي :



الشكل (64.4) تركيب وتثبيت غطاء كرسي المحور الانزلاقي وبداخله رولمان دحرجي

وبذلك يكون قد اكتمل تجميع مضخة تغذية المرجل و استعادة كافة العناصر الميكانيكية المكونة لهذه المضخة تموضعها ومكانها الصحيح وبالتفاوتات والأبعاد المسموح بها والمشار إليها حسب تعليمات الشركة المصنعة وفق التصميم المحدد لها، وأصبحت الآن مجموعة هذه العناصر مشتملة في مضخة تغذية المرجل في حالة جاهزية للتشغيل وبدء العمل من جديد وبأداء أكثر كفاءة.



الشكل (65.4) مضخة تغذية المرجل بعد الانتهاء من إعادة تأهيلها من جديد للاستثمار والتشغيل

خامساً- جدول الأعمال الكلية والتكلفة الإجمالية للصيانة(إعادة العمرة) :

فيما يلي جدول يبين التكاليف الإجمالية لمراحل الصيانة المتكاملة للعناصر الميكانيكية لمضخة تغذية المرجل (عينة الدراسة) والأجور والرواتب المصروفة وتكاليف قطع التبديلية الجديدة :

جدول (13.4) جدول الأعمال الكلية والتكلفة المالية الإجمالية

الاسم	القيمة	الواحدة
الزمن الاجمالي لصيانة مضخة تغذية المرجل (hour)	60	Hour
الأجور والرواتب الاجمالية المصروفة	210000	L.S
تكلفة القطع التبديلية الجديدة	448500	L.S
التكلفة الاجمالية لإعادة العمرة (صيانة المضخة)	658500	L.S
العدد الإجمالي للعمال	5	Worker
ثمن المضخة الجديدة (بنفس المواصفات)	1	Million \$
تكلفة صيانة الجزء الدوار وفق عقد صيانة خارجي	3	Million L.S
تكلفة صيانة ومعايرة المضخة وفق عقد خارجي من قبل خبير استشاري (لمدة ثلاثة أيام)	3000	\$

يوضح الجدول(13.4) نتائج جدوى التكاليف المالية لصيانة وتحسين أداء المضخة وتفعيل وظائفها، حيث يبين الفرق بين التكلفة الاجمالية لصيانة المضخة من خلال الاعتماد على شركة خارجية وفقد عقد تعهد وبين ما تم إنجازه من تدريب وتأهيل كادر قسم الصيانة ليقوم بهذا الانجاز وفقاً لمتطلبات الجودة بعد معرفة الشروط المسموح بها وضبط كل مرحلة من مراحل الصيانة، بالتالي نستطيع أن نقول: نظام الصيانة المنجز هو نظام فعال واقتصادي ذو جدوى عالية لما ينعكس على توفير التكاليف المالية المصروفة لأعمال الصيانة وتحسين أداء المضخة، وزيادة خبرة لقسم الصيانة وبالتالي رفع المردود الاجمالي لأداء مجموعة مضخات تغذية المرجل.

يذكر أنه لتحقيق نظام متكامل حقيقي يجب أن لا تحتاج المضخة صيانة (إعادة عمرة) إلا بعد ما يعادل (50000 hour) ساعة عمل بحيث يكون برنامج الصيانة الوقائي خلال هذه المدة متابعاً من قبل قسم الصيانة المختص بحيث يشمل متابعة ورقابة اختبار المضخة بكل عناصرها واختبار فعالية زيت التزييت وفحص المانعات وقياس الحرارة والاهتزاز لكراسي التحميل بشكل دوري كل ستة أشهر، ومتابعة الأصوات الصادرة عن العناصر الميكانيكية والميكانيزمات أثناء عملها، وبالتالي تحسين جودة الأداء والمردود ورفع مستوى التشغيل الاجمالي للمجموعات الميكانيكية لمحطة التوليد وتحسين انتاجها.

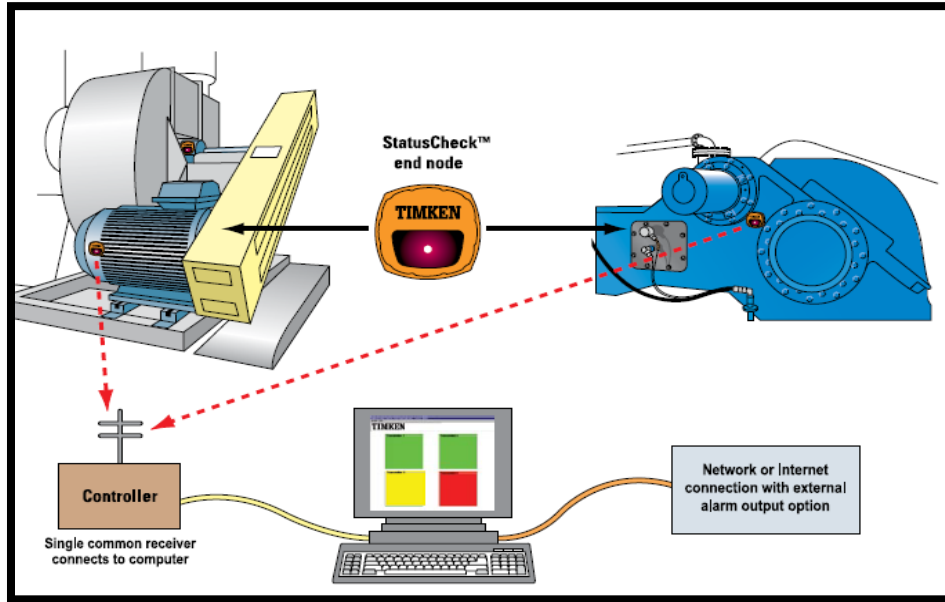
سادساً- تنفيذ إجراء قياس الاهتزازات :

تم تشغيل مضخة تغذية المرجل بعد الانتهاء من إعادة تعميمها، ولتقييم حالة الأداء والاستقرار في التشغيل تم قياس الاهتزاز لهذه المضخة بمساعدة مقياس اهتزاز (إيطالي الصنع) نوع "N30" وللتأكد من جودة أداء إنجاز منظومة الصيانة التصحيحية تم قياس الاهتزاز لمضخة أخرى لمقارنة النتائج وهذا ما سيتم تفصيله في مايلي:



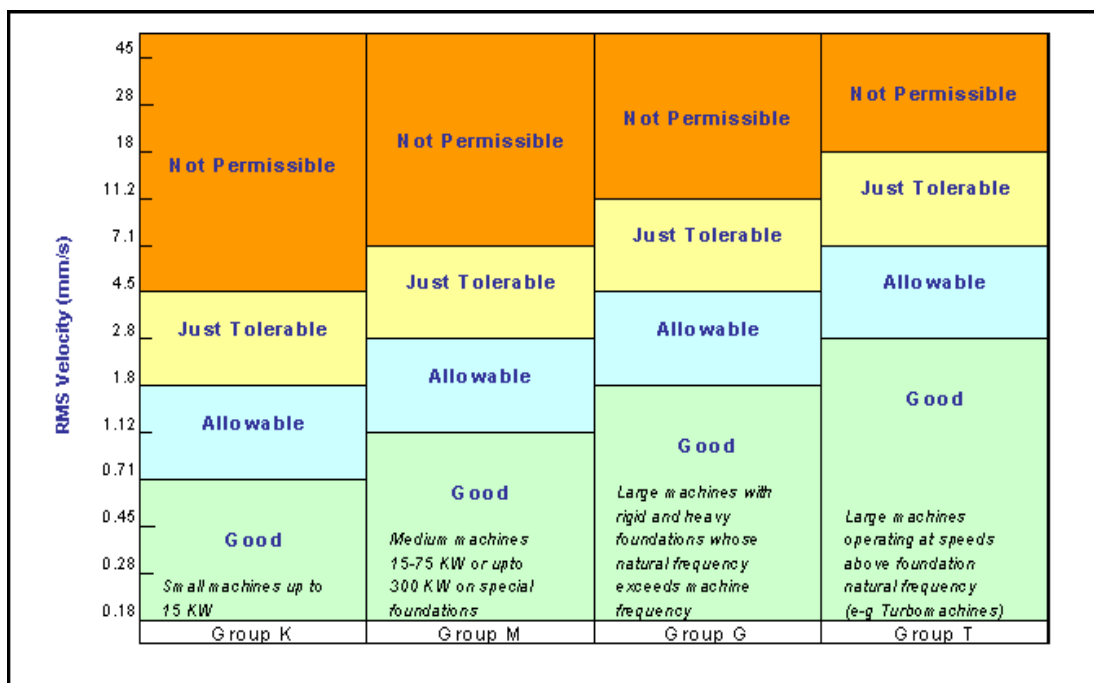
الشكل (66.4) جهاز قياس الاهتزاز N30، [21].

يعتمد مبدأ جهاز قياس الاهتزاز على اختيار نقاط قياس محددة في المضخة أو الآلة الميكانيكية سواء أكانت على المحرك الكهربائي عند أمكنة المحامل أو أعمدة نقل الحركة لعلب السرعة أو أمكنة الربط عند استخدام القارنات، ثم قياس تلك النقاط وتحديد قيم سرعة اهتزازها وتحليلها باستخدام خوارزمية تحليل الاهتزاز لتظهر قيم الاهتزاز كنتائج رقمية وتحليل مؤشراتها والشكل التالي يوضح فكرة عمل جهاز قياس الاهتزاز :



الشكل (67.4) طريقة قياس الاهتزاز باستخدام مقياس اهتزاز، [16].

بالنسبة لاختيار مجال قيم الاهتزاز المقاسة فتم اعتماد مواصفة الإيزو رقم (ISO 10816-5) الخاصة بمجال قيم الاهتزاز تبعاً لتصميم المضخة ووزنها والاستطاعة التصميمية لها، بالنسبة لمضخة تغذية المرجل الحالية، فقد اعتمدت قيم المجموعة (M) كمجال مسموح به لقيم سرعة الاهتزاز تبعاً لفصيلة المضخة المدروسة أو عينة القياس حيث قيم سرعة الاهتزاز المسموح بها للمضخة عينة الدراسة (1.12 – 2.8) mm/sec:



الشكل (68.4) تصنيف قيم سرعة الاهتزاز حسب الاستطاعة التصميمية، [2].

عملياً: تم تحديد نقاط قياس الاهتزاز والتي تتمثل بنقاط الربط والمضاجع في مضخة تغذية المرجل بمجملها مع القارنة الهيدروليكية والمحرك الكهربائي، بلغ عدد هذه النقاط سبع نقاط قياس، تم قياس سرعة الاهتزاز في جملة محاور ديكارتية ثلاثية (أفقي، شاقولي، محوري) بوحدة (mm/sec) بجهاز قياس الاهتزاز أثناء تشغيل المضخة ليتم بعدها تحليل قيم القياس و رسم مخطط بياني توضيحي لسرعة الاهتزاز لتقييم أداء عمل والتأكد من عملية الصيانة المتكاملة للمضخة.

توضح الصور التالية، إجراء قياس سرعة الاهتزاز و وضعية مجس الاهتزاز أثناء قياس نقاط القياس :



الشكل (69.4) قياس سرعة الاهتزاز في الاتجاه المحوري للمحمل الرأسي (في مقدمة المضخة)



الشكل (71.4) قياس سرعة الاهتزاز في الاتجاه القطري للمحمل الرأسي

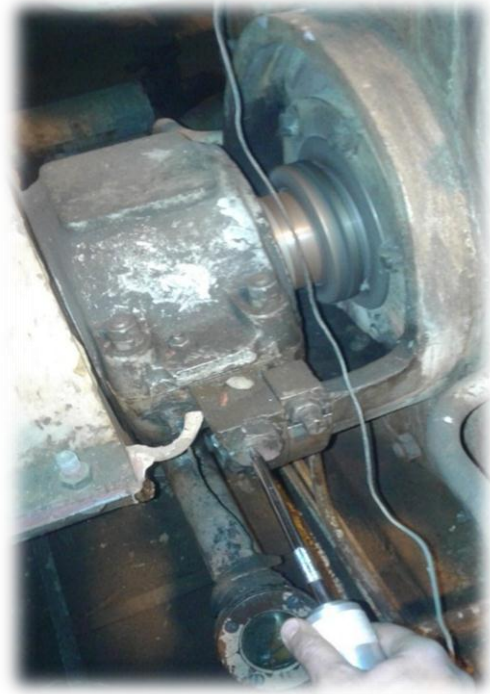
الشكل (70.4) قياس سرعة الاهتزاز في الاتجاه القطري للمحمل بين المضخة والقارئة الهيدروليكية



الشكل (72.4) قياس سرعة الاهتزاز في الاتجاه المحوري للترس الامامي والخلفي للمضخة



الشكل (74.4) قياس سرعة الاهتزاز
في الاتجاه القطري لغطاء المضخة من
جهة القارنة



الشكل (73.4) قياس سرعة الاهتزاز في
الاتجاه القطري لكرسي المضجع بين المضخة
والقارنة الهيدروليكية



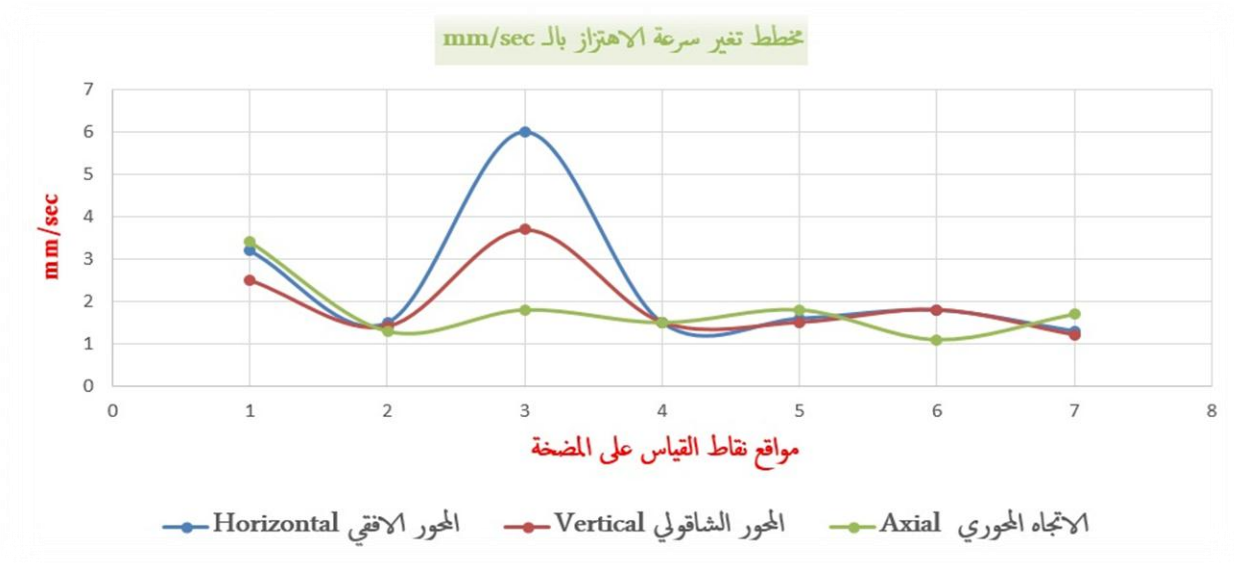
الشكل (75.4) قياس سرعة الاهتزاز في اتجاه المحاور الثلاث لكرسي المحور الخاص بالمحرك الكهربائي

تم ترتيب نتائج القياس ضمن صفحة الاكسل وفق الجدول التالي :

جدول (14.4) نتائج قياس سرعة الاهتزاز (mm/sec) لنقاط القياس في مضخة تغذية المرجل بعدالصيانة

	المحمل الرئيسي	غطاء المضخة الخارجي	غطاء المضخة من جهة القارنة	مضج القارنة باتجاه دخل المضخة	مضج القارنة من جهة المحرك الكهربائي	المضج بين القارنة ومخرج المحرك الكهربائي	المحمل الخارجي الخاص بالمحرك الكهربائي
	1	2	3	4	5	6	7
Horizontal المحور الافقي	3.2	1.5	6	1.5	1.6	1.8	1.3
Vertical المحور الشاقولي	2.5	1.4	3.7	1.5	1.5	1.8	1.2
Axial الاتجاه المحوري	3.4	1.3	1.8	1.5	1.8	1.1	1.7

تم رسم مخطط سرعة الاهتزاز لهذه النقاط المقاسة وفق المحاور الثلاثة (أفقي، شاقولي، محوري) ليتبين الشكل التالي :



الشكل (76.4) مخطط تغير سرعة الاهتزاز بال (mm/sec) لنقاط القياس لمضخة

تغذية المرجل عينة الدراسة

يلاحظ من المخطط أن تردد سرعة الاهتزاز في معظم النقاط ضمن المجال المسموح به حسب المواصفة القياسية، أما فيما يتعلق بسرعة الاهتزاز للنقطة رقم (3) التي توافقت نقطة قياس غطاء المضخة من جهة القارنة يعود سبب قيمة سرعة الاهتزاز عند هذه النقطة العالي نسبياً لطريقة تثبيت الغطاء والحاجة لاحكام تثبيته وفق الاتجاه الافقي، أما بالنسبة لسرعة الاهتزاز وفق المحورين الآخرين فإن القيم ضمن المجال المسموح به والامن لأداء العمل، يتضح من المخطط أيضاً استقرار عمل نقاط ربط المحمل بين المضخة والقارنة والمحرك الكهربائي، ويفترض للتأكيد على النتائج والمقارنة أن تقاس هذه النقاط نفسها قبل إجراء وتطبيق عملية الصيانة

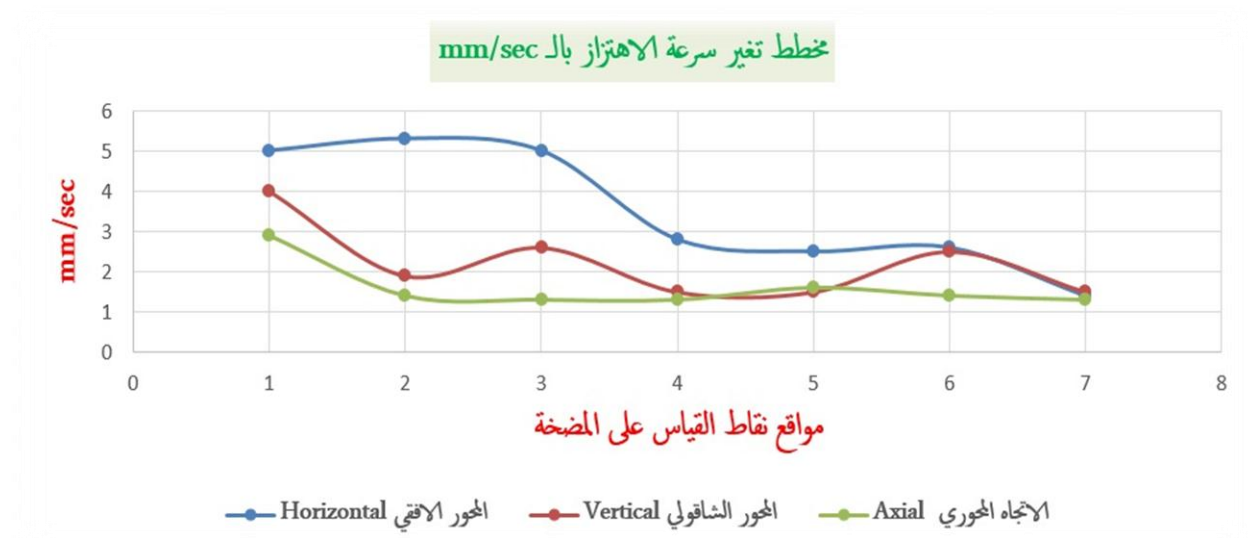
الكاملة ، لكن بسبب طريقة تشغيل المضخة والاهتزاز العالي وتسرب المياه الحاصل لم يكن هناك إمكانية على أخذ القياس، غير أنه كان اهتزاز القاعدة الحاملة لجملة الضخ واضحاً.

تم قياس سرعة الاهتزاز لمضخة أخرى مشابهة في التصميم وبارمترات التشغيل لمجموعة توليد طاقة كهربائية مجاورة، تبين من خلال القياس النتائج التي وضعت في الجدول التالي :

جدول (15.4) نتائج قياس سرعة الاهتزاز (mm/sec) لنقاط القياس في مضخة تغذية المرجل المجاورة (التي لم يتم تطبيق منظومة الصيانة لها كما هو الحال للمضخة عينة الدراسة)

المحمل الخارجي الخاص بالمحرك الكهربائي	المضج بين القارنة ومخرج المحرك الكهربائي	مضج القارنة من حمة المحرك الكهربائي	مضج القارنة باتجاه دخل المضخة	غطاء المضخة من حمة القارنة	غطاء المضخة الخارجي	المحمل الرأسي	
7	6	5	4	3	2	1	
1.4	2.6	2.5	2.8	5	5.3	5	المحور الأفقي Horizontal
1.5	2.5	1.5	1.5	2.6	1.9	4	المحور الشاقولي Vertical
1.3	1.4	1.6	1.3	1.3	1.4	2.9	الاتجاه المحوري Axial

تم رسم القيم بنفس خوارزمية صفحة الاكسل للمضخة عينة الدراسة، وتبين من القيم المقاسة للمضخة المجاورة التي لم يتم تنفيذ عمل الصيانة لها بطريقة منظومة الصيانة التي وضعت للمضخة عينة الدراسة النتائج التي تتوضح وفق المخطط :



الشكل (77.4) مخطط تغير سرعة الاهتزاز (mm/sec) لنقاط القياس في مضخة تغذية المرجل المجاورة (التي لم يتم تطبيق منظومة الصيانة لها كما هو الحال للمضخة عينة الدراسة)

يتبين من المخطط أن قيم سرعة الاهتزاز في نفس مواضع نقاط القياس أعطت قيم أكبر لتغير سرعة الاهتزاز حتى أنه يستنتج من المخطط أن التغير في اتجاه المحاور الثلاث واضح وأن حالة المضخة إذا استمرت على

هذا الوضع ستزداد سرعة الاهتزاز والتي يزداد معها احتمال حدوث فصل أو عطل مفاجئ، وبالتالي **تبينت فائدة تطبيق منظومة الصيانة الموضوعة** مقارنة بعمل المضخة عينة الدراسة ذات العمل المستقر أكثر وقيم سرعة الاهتزاز الأقل والأداء الأعلى.

سابعاً- إجراءات تحليل زيت تزييت المحامل :

تم اختبار زيت التزييت (Lubricant Oil) وذلك بأخذ عينتين من زيت تزييت المحامل الاستنادية للمضخة عينة الدراسة وبمساعدة مركز تحليل الزيوت (مركز البحوث العلمية في دمشق) تبين نتائج التحليل الجدول التالي :

جدول (3.4) نتائج تحليل زيت تزييت المضاجع الاستنادية لمضخة تغذية المرجل عينة الدراسة

عينات الزيوت		الاختبارات	
عينة الزيت الثانية	عينة الزيت الأولى		
0.8935	0.8947	الكثافة (غ/سم ³) عند الدرجة 15°	
		اللزوجة الحركية (سنتي ستوك)	
96,76	99,05	عند الدرجة 40°	
10,70	10,39	عند الدرجة 100°	
286	284	نقطة الاشتعال (°)	
-15	-18	نقطة التجمد (°)	
0,47	0,47	رقم الحموضة الكلية (ملغ ماءات البوتاسيوم / غ زيت)	
0,0185	0,0242	محتوى الماء (%) (وزناً)	
11305	10012	15 - 5	مجال قياس جزيئات الشوائب في الزيت (ميكرون)
318	306	25 - 15	
45	46	50 - 25	
3	3	100 - 50	
0	0	أكثر من 100	

وبالمقارنة مع جدول تحليل الزيوت حسب المواصفات الدولية (ISO) ومخططات اللزوجة والكثافة لزيت التزييت المعروف في الجدول اللاحق تبين أن الزيت صالح للعمل لكنه يحوي على كمية شوائب عالية نسبياً لهذا تم

الطلب أيضاً بضرورة تبديل فلاتر دارة التزيت لتنظيف الزيت بشكل أفضل ولإعطاء شروط تشغيل أفضل لأداء عمل المضخة وتزليق وتسهيل في الحركة وأداء أفضل للمضاجع الاستنادية.

جدول (17.4) المواصفات القياسية الدولية لزيت التزيت نوع 220 للمحامل

Quality standard MOL-LUB 50229

MOL TCL 220 M circulating and bearing oil

Quality specification



Characteristics [Unit]	Requirements	Method
Appearance	bright, clear	Visual
Kinematic viscosity at 40°C [mm ² /s]	209.00 - 231.00	MSZ EN ISO 3104:1996
Viscosity index	min. 90	MSZ ISO 2909:1999
Pour point [°C]	max. -9	MSZ ISO 3016:1999
Flash point (Cleveland) [°C]	min. 220	MSZ EN ISO 2592:2002
Foaming characteristics SI		ISO 6247:1998 cor 1:1990
- foaming tendency SI [cm ³]	max. 150	ISO 6247:1998 cor 1:1990
- foam stability SI [cm ³]	max. 0	ISO 6247:1998 cor 1:1990
Rust preventing properties, method "A"	pass	ISO 7120:1987
Copper corrosion (100°C, 3 h) [grade]	max. 1	MSZ EN ISO 2160:2000
Water separability at 82°C		ISO 6614:1994
- time to separation at 82 °C [min]	max. 20	ISO 6614:1996
Demulsibility (non-EP)		ASTM D 2711-01a
- water in oil [%]	max. 1.50	ASTM D 2711-01a
- free water (total) [cm ³]	min. 30.0	ASTM D 2711-01a
- emulsion [cm ³]	max. 1.0	ASTM D 2711-01a
Oxidation stability (TOST)		ISO 4263:1986
- time to 2 mgKOH/g acid number [h]	min. 1000	ISO 4263:1986
Neutralization number [mg KOH/g]	inf. 0.1	MSZ ISO 6618:1995

STORAGE: storage temperature max. 40°C

Keep away from moisture, direct sunlight or any kind of contaminants.

ولمعرفة كمية الشوائب الموجودة بشكل أدق في زيت التزيت تم استخدام جهاز نوع (CCS2) لإعطاء عدد جزيئات الشوائب في الزيت في عينة من الزيت مقدارها (10 ml) حيث يعمل هذا بأشعة الليزر ويقوم بتحديد عدد الجزيئات حسب قطرها ويحصيها بمجموعها وينتج نشرة مطبوعة تحوي على العدد الاجمالي للجزيئات بحسب قطرها، ليتم بعدها المقارنة بشكل أسهل مع المواصفات الدولية (ISO) ومعرفة كمية الشوائب في الزيت لتقييم حالته وحالة فلاتر الزيت فيما إذا يحتاج إلى استبدال الفلاتر أو استبدال الزيت ككل أو انجاز عملية فلتره وتنظيف للزيت فقط، [20].

CCS 2 CONTAMINATION CONTROL SYSTEM

CE 2001



تم أخذ عينتين من زيت التزييت وكل عينة تحوي على (10 ml) من زيت تزييت مضاجع الاستناد للمضخة عينة الدراسة ليتم تقييم عدد الجزيئات والشوائب في الزيت، وقد ظهرت نتائج التحليل في النشرتين الموضحتين في الصور التالية، وبمقارنة هذه النتائج مع جدول الجزيئات وفق المواصفات الدولية تبين أن الزيت بحاجة إلى تنظيف حيث ظهر أكبر رقم في تحليل عدد الجزيئات أعلى من عدد الجزيئات المفترض أن تكون موجودة في نفس الحجم وبالا اعتماد على نتائج تحليل كثافة ولزوجة الزيت في التحليل السابق، فقد تبين ضرورة استبدال فلتر التزييت الخاصة بدارة تزييت المحامل الاستنادية لمضخة تغذية المرجل عينة الدراسة، [19].

SYS-3216

Date: 19.10.17
Time: 12:30:45

Sample 2 of 3
Meas. volume: 10.00 ml

dia[um(c)]	cum	diff
4.00:	53539	30623
5.00:	22916	10982
6.00:	11934	4512
7.00:	7422	2299
8.00:	5123	2114
10.00:	3009	976
12.00:	2033	576
14.00:	1457	216
15.00:	1241	522
20.00:	719	52
21.00:	667	158
25.00:	509	264
30.00:	245	195
38.00:	50	41
50.00:	9	7
70.00:	2	

SYS-3216

Date: 19.10.17
Time: 12:31:23

Sample 3 of 3
Meas. volume: 10.00 ml

dia[um(c)]	cum	diff
4.00:	57286	32267
5.00:	25019	11790
6.00:	13229	4927
7.00:	8302	2543
8.00:	5759	2379
10.00:	3380	1099
12.00:	2281	634
14.00:	1647	235
15.00:	1412	582
20.00:	830	53
21.00:	777	158
25.00:	619	345
30.00:	274	222
38.00:	52	44
50.00:	8	7
70.00:	1	

الشكل (79.4) نتائج تحليل الجزيئات الشائبة لعينتين من زيت تزييت المحامل لمضخة تغذية المرجل

ثامناً - تنفيذ تقييم مقاييس الأداء الرئيسية (KPIs) :

تم تحديد مجموعة من المؤشرات الهامة لقياس الأداء في قسم الصيانة في الشركة العامة تشرين لتوليد الطاقة الكهربائية من خلال تحديد طريقة العمل لتوصيف ما يعتبر أداء مناسباً وما هو ليس كذلك، وتم حصر النتائج المستنتجة في الجدول التالي :

جدول (17.4) نتائج تقييم مؤشرات الأداء لقسم الصيانة في الشركة العامة تشرين لتوليد الطاقة الكهربائية

المؤشر	الوحدة	العلاقة الأساسية	قبل تطبيق نظام الصيانة	بعد تطبيق نظام الصيانة
نسبة الأعطال الطارئة إلى الأعمال الوقائية	%	$100 \times \frac{\text{عدد الأعمال الطارئة}}{\text{عدد الأعمال الوقائية}}$	142.85	13.33
مدى تطبيق النشاطات ضمن القسم	%	$100 \times \frac{\text{العدة التالفة والمفقودة}}{\text{العدة المستلمة}}$	33.33	7.14
زمن انجاز العمل ضمن الوقت المحدد	ساعة	$\frac{\text{الزمن الواجب لحل العطل}}{\text{الزمن الفعلي لحل العطل}}$	3.75	2.3
متوسط الزمن بين الأعطال MTBF	ساعة	$\frac{\text{مجموع زمن التشغيل الكلي}}{\text{مجموع عدد الأعطال}}$	7.5	22.5
متوسط الزمن اللازم للإصلاح MTTR	ساعة	$\frac{\text{مجموع زمن التوقفات بورديته}}{\text{مجموع عدد الأعطال}}$	1	0.4
فعالية قسم الصيانة	%	$100 \times \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$	88	98

يلاحظ من الجدول التغير الايجابي الواضح في معظم المؤشرات مما يدل على ضرورة بناء منظومة للصيانة



بحيث يتم تلافي انحدار الأداء مع الزمن لما له من أهمية في تحسين سير العمل ضمن القسم الواحد وانعكاسه على مهام القسم وصيانة التجهيزات والمعدات وتقليل الزمن اللازم لحدوث العطل و ضرورة الالتزام ببرنامج الصيانة الوقائي المعتمد في القسم، يذكر أنه لا بد من الاستمرار بإنجاز مثل هذه المنظومات بشكل دائم مرتين أو أكثر سنوياً لتقييم أداء سير العمل والمحافظة على جودة أداء الآلات والمعدات بالمردود الأفضل.

4-6- الصحة والسلامة المهنية اللازمة لنظام الصيانة لعينة الدراسة (مضخة تغذية المرجل):

- الشروط الواجب توافرها لتهيئة مكان العمل:

- 1- يجب الحرص على نظام العمل لمنع سقوط الأشياء من أعلى بتوعية العاملين وعمل الحواجز اللازمة كمصدات للعدد و تجهيزات العمل.
- 2- منع بروز الأشياء في طريق مرور العمال لعدم الاصطدام بها.
- 3- نظافة أماكن العمل من المواد التي تسبب الانزلاق، وإزالة الأشياء الحادة والمسامير التي تسبب إصابات القدم.
- 4- التأكد من وجود أجهزة الأمان و الحماية الواقية في وضعها الصحيح.
- 5- وضع جميع العدد اللازمة لأداء العمل في المكان الخاص بذلك، بحيث يسهل تناولها.
- 6- تطبيق أنظمة حماية صحة العاملين (مثل نظام OHSAS 18001) لضمان الأمان أثناء العمل والتخفيف من التأثير على بيئة العمل. [23].

- الشروط الواجب اتباعها أثناء العمل :

1. التأكد من أن جميع أجهزة قياس الضغط - عدادات الزيوت - التزليق - التبريد- أجهزة التنبيه وغيرها تعمل بكفاءة.
2. المحافظة على ترك مسافة مناسبة عند الأجزاء المتحركة.
3. عدم التحدث مع الآخرين أثناء تشغيل الآلة أو تركها في وضع التشغيل لأي سبب من الأسباب.
4. عدم رفع أغطية الأمان الخاصة بالأجزاء المتحركة أو الدائرية أثناء عمل المضخة.
5. يجب إيقاف المضخة عند حدوث أي خلل أو عند سماع أي صوت غير مألوف، وإبلاغ القسم المختص عن ذلك.

- الشروط الواجب اتباعها عند الانتهاء من العمل :

- 1) فصل الحركات الآلية عن المضخة.
- 2) فصل التيار الكهربائي.
- 3) تنظيف المضخة وما حولها من المخلفات الناتجة عن عمليات التشغيل.
- 4) تزييت أسطح الانزلاق والأجزاء المتحركة بالمضخة.
- 5) إبلاغ المسؤول عن أي ملاحظة قد تتسبب في حوادث للمنتجين العاملين بالوردية الأخرى.

• التعريف بالمواصفة OHSAS 18001

: (Occupational Health Safety Management System)

يعتبر نظام OHSAS من الأنظمة الجديدة والمهمة لعمل الشركات والمعامل فهو يهدف إلى حماية صحة العاملين، ضمان الأمان أثناء العمل والتخفيف من التأثير على البيئة أثناء العمل في الشركة أو المعمل ومراقفه.

• ضرورات تطبيق المواصفة 18001:

لتطبيق مواصفات OHSAS على أية مؤسسة انتاجية يجب الالتزام بما يلي:

1. إنشاء نظام إدارة الصحة والسلامة المهنية للحد أو الإقلال من المخاطر التي قد تصيب الموظفين والأشخاص الآخرين المعنيين الذين قد يتعرضون لمخاطر الصحة والسلامة المهنية المرتبطة بنشاطات المعمل أو المصنع أو المؤسسة الانتاجية.
2. التطبيق والمحافظة على التحسين المستمر لنظام إدارة الصحة والسلامة المهنية.
3. تأكيد مطابقتها لسياسة الصحة والسلامة المهنية.
4. إظهار المطابقة لنظام إدارة الصحة والسلامة المهنية.
5. السعي للحصول على الشهادة والتسجيل لنظام إدارة الصحة والسلامة المهنية من قبل مؤسسة خارجية.
6. الوصول إلى تحديد ذاتي وتصريح عن المطابقة مع مواصفات نظام إدارة الصحة والسلامة المهنية، [22].



الشكل (80.4) نظام OHSAS للصحة والسلامة المهنية ، [25].

• برنامج الصيانة المتكامل :

برنامج الصيانة المتكامل الوقائي هو عبارة عن جدول زمني يمتد غالباً لمدة عام، ويحدد هذا البرنامج مواعيد عمليات الصيانة الوقائية للتجهيزات الميكانيكية خلال الفترات الزمنية المطلوبة : اليومية، الأسبوعية، الشهرية، نصف السنوية، السنوية ... وهكذا.

يساعد برنامج الصيانة المتكامل في معرفة حاجة هذا البرنامج بشكل مسبق من قطع الغيار والمواد الاستهلاكية وغيرها، وبالتالي يساعد بقية الأقسام ذات الصلة كإدارة المشتريات والمستودعات على التخطيط لطلب جميع هذه المواد لتكون جاهزة في الوقت المناسب.

إن توفر برنامج الصيانة المتكامل يذكر فنيي الصيانة بما لديهم من أعمال في الأيام والأسابيع القادمة، ويساعد على التخطيط المسبق للعمليات التي يجب أن تنفذ مثلاً في الأسبوع القادم، ومن المهم جداً أن ينسق قسم الصيانة في محطة التوليد أو أي منشأة صناعية، مع جميع الأقسام الأخرى التي تستخدم الآلات المراد صيانتها طبقاً للبرنامج الموضوع، حتى يتم أخذ موافقتها على البرنامج، والتأكد من عدم تعارضه مع خططها الإنتاجية. فيما يلي نبين نظام الصيانة المتكامل الوقائي لمضخة تغذية المرجل بعد أن تم إجراء عمرة لعناصرها الميكانيكية واستعادة جودة أدائها من حيث الجزء المراد فحصه دورياً والمدة الزمنية لذلك وعدد الفنيين لانجازه تحت إشراف مشرف الوردية أو رئيس قسم الصيانة :

تم إعداد النظام بحيث يتوضح فيه الأجزاء المراد فحصها دورياً والفترة الزمنية اللازمة ما بين الاختبار والآخر، مع تحديد قيم المجال المسموح بها وفقاً للمواصفات الدولية، كما تم تحديد عدد الفنيين اللازم لإنجاز عمليات الصيانة الدورية، ويلاحظ أنه تم وضع الفترة اليومية لكل من درجة الحرارة وسرعة الاهتزاز لما لها من أهمية في تسجيل البيانات لإعطاء مؤشرات أكثر توضيحاً عن أداء عمل المضخة وخصوصاً عند نقاط القياس المحددة، أما بالنسبة لمانعات التسرب الميكانيكي ووصلات مياه التبريد والتزيت فقد تم التأكيد على فحصها أثناء التجميع لأنه لا يمكن فحصها أثناء العمل وإنما يمكن التأكد من عدم وجود تسرب عند نقاط الربط بين الوصلات وضمان وصول التدفق الصحيح لمياه التبريد أو التزيت إلى الأجزاء الأخرى، وتم تحديد الفترة الزمنية الأسبوعية لها خلال عمل وردية التشغيل بالإضافة إلى متابعة قياس الأصوات ومراقبتها.

وخلال الفترة الشهرية يجب فحص مثبتات المحامل وعناصر الربط (الصامولات) عند جميع الأجزاء المكونة للمضخة تلافياً لانحلال بعض الصواميل وعناصر الربط كالفارنات، وبالتالي لا بد من التأكد من تثبيت وشد الصواميل عند تلك المناطق والفحص الدوري لها، كما يجب فحص كمية الزيت واستمرار مراقبة نتائج التحليل المخبري لجودة الزيت ومدى صلاحيته لظروف التشغيل.

يراعى أيضاً التأكد من تثبيت أعطية الحماية للمضخة والتأكد من وضعيتها وتثبيتها كل ستة أشهر، مع استبدال زيت تزيت المحامل أيضاً خلال نفس الفترة وذلك وفقاً لتعليمات الشركة المصنعة، كما يتم فحص القواعد

الاستنادية للمحامل والتأكد من عدم وجود شقوق أو شروخ على سطحها، بالنسبة للفحص السنوي فيشمل فحص آلية عمل القارئة الهيدروليكية مع استبدال مانعات التسرب الميكانيكي التالفة في حال وجودها وذلك حسب تعليمات الشركة المصنعة، والجدول التالي يبين إجراءات تنفيذ نظام الصيانة المتكامل :

جدول (18.4) نظام الصيانة المتكامل لمضخة تغذية المرجل

الرقم	الجزء المراد فحصه	الفترة الزمنية ما بين الاختبار والآخر	المجال المسموح به	عدد الفنيين اللازم	
1	درجة حرارة المحامل	يوميّاً خلال عمل الوردية	50 – 60°	2	
2	سرعة الاهتزاز		(1.12 – 2.8) mm/sec		
3	مانعات التسرب الميكانيكي	اسبوعياً	التأكد على فحصها أثناء التجميع لأنه لا يمكن فحصها أثناء العمل	2	
4	وصلات مياه التبريد والتزييت				
	قياس ومراقبة الأصوات				
5	مثبتات المحامل وعناصر الربط (الصامولات)	شهريّاً	التأكد من ضبط تثبيت المحامل	1	
6	قارنات الوصل الميكانيكي		التأكد من تثبيتها	1	
7	كمية الزيت وجودته		التأكد من كمية الزيت مع استمرار المراقبة المخبرية لتحليل الزيت	1	
8	أغطية الحماية للمضخة	نصف سنوي (ستة أشهر)	التأكد من تثبيتها	1	
9	استبدال زيت تزييت المحامل		حسب مواصفة زيت التزييت نوع (220)	1	
10	تآكل قواعد الاستنادية للمحامل		عدم وجود شقوق أو شروخ على سطحها	1	
11	عمل القارئة الهيدروليكية	سنوياً	فحص بصري لجودة أدائها	1	
12	استبدال مانعات التسرب الميكانيكي التالفة			2	
13	العمر الكاملة لمضخة تغذية المرجل	بعد ما يعادل 50000 ساعة عمل			5

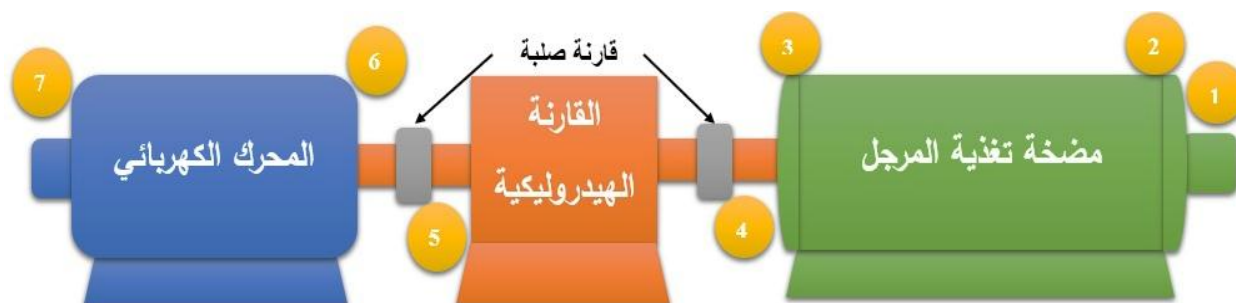
مع مراعاة شروط الصحة والسلامة المهنية خلال أعمال الصيانة الوقائية والتأكد من وجود قطع الغيار والعدة اللازمة

مع مراعاة شروط الصحة والسلامة المهنية خلال أعمال الصيانة الوقائية والتأكد من وجود قطع الغيار والعدة اللازمة

ويوضح الجدول التالي نقاط القياس الأساسية في مضخة تغذية المرجل لإنجاز قياس سرعة الاهتزاز الدورية بشكل يومي ومواقع تلك النقاط على مجموعة عمل مضخة تغذية المرجل، مع الأخذ بعين الاعتبار أنه يتم القياس لكل نقطة وفق ثلاث قيم توافق جملة محاور ديكارتية (أفقي، شاقولي، محوري) ليتم المقارنة مع القيم المسموح بها حسب المواصفات الدولية المحددة وفقاً لاستطاعة المضخة عينة الدراسة :

جدول (19.4) مواقع النقاط الأساسية في تقييم سرعة الاهتزاز لمضخة تغذية المرجل

الرقم	ترتيب نقاط قياس سرعة الاهتزاز	اتجاه القياس	الفترة الزمنية للقياس	سرعة الاهتزاز المسموح بها
1	المحمل الرأسي	القياس وفق اتجاه جملة محاور ديكارتية (أفقي، شاقولي، محوري)	بشكل يومي خلال عمل الوردية	(1.12 – 2.8) mm/sec
2	غطاء المضخة الخارجي			
3	غطاء المضخة من جهة القارنة			
4	محمل القارنة باتجاه دخل المضخة			
5	محمل القارنة من جهة المحرك الكهربائي			
6	المحمل بين القارنة ومخرج المحرك الكهربائي			
7	المحمل الخلفي عند المحرك الكهربائي			



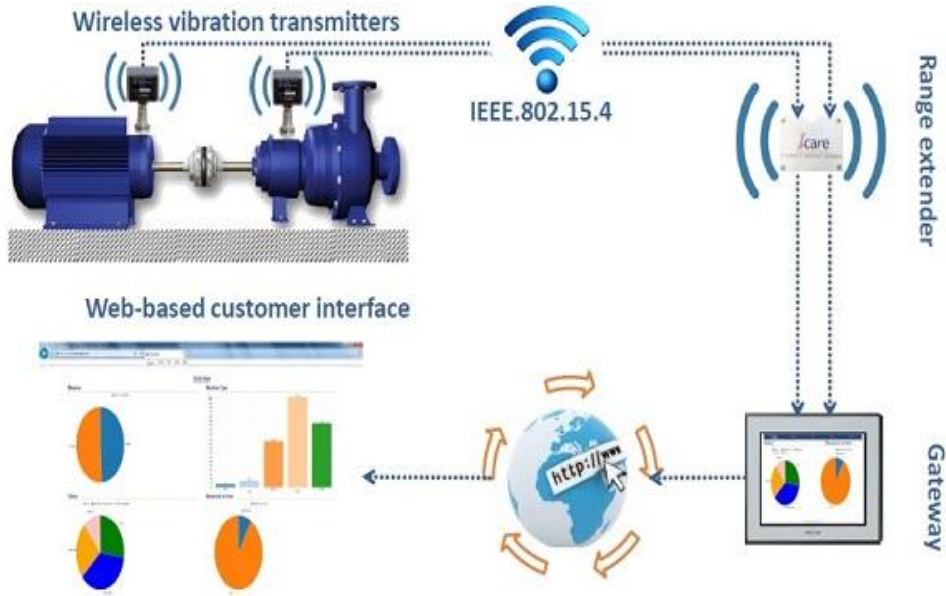
الشكل (81.4) رسم توضيحي لمواقع نقاط قياس الاهتزاز لمضخة تغذية المرجل

4-7- نتائج الدراسة العملية :

- بيان الفرق بين نظام الصيانة المتبع سابقاً ونظام الصيانة المتكامل وكيفية قياس نتائجه وتحديد العقبات التي رافقت تطبيقه.
- توفير المالي من خلال تقليل زمن التوقفات واستهلاك القطع التبديلية من خلال قياس الاهتزازات والفحص المستمر على الزيوت والشحومات والدرجات المساعدة واستعمال مؤشرات الأداء لتقييم العمل المنجز كما أظهرت نتائج التحليلات.
- لا يمكن تنفيذ برنامج الصيانة المتكامل إلا من خلال: الفهم الفني الكامل للآلة أو خط الانتاج و وجود إدارة صيانة ومنهج صيانة مناسبين، و وجود كادر صيانة مناسب كماً ونوعاً، مع الأدوات والعدد المناسبة لتنفيذ عمل الصيانة، وتوفير قطع التبديل المناسبة كماً ونوعاً بالوقت المناسب، مع مراعاة شروط ومتطلبات السلامة المهنية.

4-8- التوصيات والمقترحات:

- ✓ من المهم التوسع بأبحاث أخرى مشابهة تواكب تجهيزات أخرى وباستخدام مواكبة برامج محدثة إن أمكن تمويلها ودعمها.
- ✓ تطبيق تقنيات القياس الحديثة الـ (Wifi) اللاسلكية على مستوى أعلى لما فيها من فعالية أكثر لتقييم الأداء وتسجيل كافة نتائج القياس واختصار الوقت.



قائمة المراجع

• المراجع العربية :

- [1] العظمة، معن، كتاب الآلات الهيدروليكية، المضخات ومحطات الضخ، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة دمشق، سوريا، 1995.
- [2] الخطاط، م.م. مقرر الصيانة الميكانيكية لطلاب ماجستير بناء الآلات، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة دمشق، سوريا، 2017.
- [3] غانم.م ، قرقوط، عصام، صيانة وسائل الانتاج، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة دمشق، سوريا، 2007.
- [4] محاسن.م، الصيانة الميكانيكية للعنفة البخارية والمحطات المساعدة لها في المحطة الروسية البخارية تشرين، الشركة العامة لتوليد تشرين الحرارية، ريف دمشق، 2002.
- [5] الرفاعي، جبر، التشغيل والتحكم في مضخات تغذية المراحل، الشركة العامة لتوليد تشرين الحرارية، 2016.

• Reference:

- [6] APMA, Pumps Technology Handbook,(2016).
- [7] A.Birollini, Reliability Engineering–Theory and Practice, Washington, D.C, April (2010).
- [8] Weibull Database–Barringer & Associates IncDr David J Smith, Reliability, Maintainability and Risk,14th edn. Elseiver Butter worth–Heinemann,Oxford,2011.
- [9] Khin Maung Aye, U. Fluid Machinery for Mechanical Engineering. December,2005.
- [10] Karassik, Igor J., “So, You Are Short On NPSH? Presented at Pacific Energy Association Pump Workshop, Ventura, CA, March 2015.
- [11] Stepanoff, A. J., “Centrifugal And Axial Flow Pumps,” Wiley (2012), and Figure 1–77A of the PDF figures on www.pumps.org.
- [12] James, R., “Pump Maintenance,” Chemical Engineering Progress, February 1976, pp. 35–40.
- [13] Karassik., and Roy Carter, J. 2014. Centrifugal Pump Selection, Operation and Maintenance. McGraw–Hill Book Company.
- [14] Krause, W., “Mechanical seals for pipeline and injection pumps”, technical paper reprint, F.Burgmann Dichtungswerke GmbH, Wolf rats hausen, Germany, 2012.

- [15] Dufour, John W., and W.E. Nelson, "Centrifugal Pump Sourcebook," McGraw-Hill, Inc., New York, NY 1992, ISBN 0-07-018033-4.
- [16] "Centrifugal/Vertical Pump Vibration", ANSI/HI9.6.4, 2000, Hydraulic Institute, Parsippany, New Jersey.
- [17] Barringer, P., and Todd Monroe, 2016, "How to Justify Machinery Improvements Using Reliability Engineering Principles," Proceedings of the 16th International Pump Users Symposium, Turbomachinery Laboratory, Texas A&M University, College Station.
- [18] Bloch, H.P. and F.K. Geitner; "Machinery Failure Analysis and Troubleshooting," Butterworth-Heinemann, Stoneham, Massachusetts, 3rd Edition, 1997.
- [19] Makay, Elmer and Olaf, Szamody, "Survey of Feed Pump Outages," FP-754 Research Project 641 for Electric Power Research Institute, Palo Alto, CA
- [20] Bloch, Heinz P., "Bearing Protection Devices and Equipment Reliability: Constant Level Lubricators," Pumps & Systems, September 2001.

- **Web Sites:**

- [21] www.CEMB.com (Manual N30)
- [22] <http://www.shakwmakw.com/vb/showthread.php?t=128930> (12.2016)
- [23] www.engskills.com
- [24] www.skf.com (02.2017)
- [25] <http://www.startimes.com/?t=16072225> (11.2016)