

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**LUANA PEIXOTO BATALHA
MATHEUS DA CUNHA RESENDE
NATÁLIA TEIXEIRA DA MATTA**

**SISTEMA CENTRALIZADO DE LUBRIFICAÇÃO DE ROLOS SUBMERSOS EM
UMA LINHA DE ESTANHAMENTO ELETROLÍTICO**

**VOLTA REDONDA
2019**

FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**SISTEMA CENTRALIZADO DE LUBRIFICAÇÃO DE ROLOS SUBMERSOS DE
UMA LINHA DE ESTANHAMENTO ELETROLÍTICO**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Mecânica do UniFOA como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Alunos:

Luana Peixoto Batalha

Matheus da Cunha Resende

Natália Teixeira da Matta

Orientador:

Prof.: Dr. Alexandre Fernandes Habibe

VOLTA REDONDA

2019

TERMO DE APROVAÇÃO

Luana Peixoto Batalha
Matheus da Cunha Resende
Natália Teixeira da Matta

SISTEMA CENTRALIZADO DE LUBRIFICAÇÃO DE ROLOS SUBMERSOS EM UMA LINHA DE ESTANHAMENTO ELETROLÍTICO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora como requisito parcial para obtenção do Bacharelado em Engenharia Mecânica no Centro Universitário de Volta Redonda – UniFOA, defendido e aprovado em ___ de ___ de _____ pela banca examinadora constituída por:

Prof. Dr. Alexandre Fernandes Habibe
Orientador

Prof. Dr. Alexandre Alvarenga Palmeira

Prof. Esp. Antônio de Pádua Sobreira Leal

DEDICATÓRIA

Este trabalho é dedicado primeiramente a DEUS por mais este sonho realizado.

Dedicamos ainda a todos aqueles que de certa forma nos ajudaram ao longo de toda a nossa caminhada.

Aos nossos pais, familiares, amigos, professores e todos aqueles que torceram por nós.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Deus por nos dar saúde e nos permitir alcançar mais esse objetivo em nossas vidas.

Agradecemos também aos nossos familiares, pela compreensão, paciência, apoio e confiança passada nos momentos difíceis.

A todos os quais de forma direta, ou indireta fizeram parte de nossa caminhada.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| FIGURA 01 – Esquema de lubrificação por enchimento..... | 31 |
| FIGURA 02 – Esquema de lubrificação com pincel | 31 |
| FIGURA 03 – Pistola para lubrificação | 34 |
| FIGURA 04 – Copo Stauffer..... | 35 |
| FIGURA 05 – Teste de penetração..... | 46 |
| FIGURA 06 – Fluxograma do processo de desenvolvimento do projeto..... | 61 |
| FIGURA 07 – Representação de uma sessão da linha de estanhamento eletrolítico. | 76 |
| FIGURA 08 – Representação do distribuidor na linha de estanhamento..... | 76 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| TABELA 01 – Graxa em número crescente de dureza | 44 |
| TABELA 02 – Consistência | 45 |
| TABELA 03 – Grau NGLI | 46 |
| TABELA 04 – Tipos de sabão que constituem a graxa | 48 |
| TABELA 05 – Aplicações da graxa de acordo com a composição | 50 |
| TABELA 06 – Composição da graxa | 54 |
| TABELA 07 – Propriedade dada a graxa de acordo com o aditivo | 57 |
| TABELA 08 – Fatores do intervalo de relubrificação | 66 |
| TABELA 09 – Classificação do fator de rotação | 69 |
| TABELA 10 – Consistência da graxa | 73 |
| TABELA 11 – Orçamento do projeto | 80 |
| TABELA 12 – Plano de manutenção – 1ª parte | 81 |
| TABELA 13 – Plano de manutenção – 2ª parte | 82 |
| TABELA 14 – Plano de manutenção – 3ª parte | 83 |
| TABELA 15 – Plano de manutenção – 4ª parte | 84 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| GRÁFICO 01 – Gráfico de viscosidade nominal do óleo | 70 |
| GRÁFICO 02 – Gráfico de viscosidade operacional do óleo | 71 |
| GRÁFICO 03 – Gráfico de relação da viscosidade nominal e viscosidade operacional | 72 |

LISTA DE SIGLAS

ASTM – *American Society for Testing and Materials*

BM – Blocos modulares

DIN – *Deutsches Institut für Normung*

EP – Extrema pressão

ISO – *International Organization for Standardization*

MCC – Manutenção centrada em confiabilidade

NLGI – *National Lubricating Grease Institute*

RPM – Rotações por minuto

SAE – *Society of American Engineers*

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido para otimização da lubrificação realizada em rolos submersos de uma Linha de Estanhamento Eletrolítico, através de sistema centralizado de lubrificação. A metodologia utilizada é composta pelas etapas definidas no escopo do projeto, sendo elas: levantamento de dados de uma Linha de Estanhamento Eletrolítico, avaliação da aplicação do projeto, análise de desenhos e da disposição dos pontos de lubrificação, bem como o espaço disponível para implantação de um novo projeto no local, cálculos da quantidade necessária de lubrificante no rolamento, dimensionamento do sistema de lubrificação centralizada, especificação dos componentes e materiais, estudo econômico do projeto, analisando o gasto atual, sendo realizada de forma manual e após a implantação do projeto, confecção do programa de manutenção do sistema, fixando padrões de utilização e manutenção e análise dos resultados, a fim de manter o bom funcionamento do sistema. A Linha de Estanhamento, para a qual o projeto foi pensado, é a parte final do processo da folha de flandres de uma empresa voltada para este ramo e por ser ligada quase diretamente ao cliente, é de extrema importância o fator qualidade. A lubrificação interfere em grande parte no fator qualidade, pois ao mesmo tempo em que mantém o funcionamento da linha a pleno vapor, impedindo travamentos por falta de lubrificante, ao ser realizada em excesso, compromete todo o material no qual entra em contato. Para minimizar tais perdas, o projeto consiste em um sistema centralizado que garante a confiabilidade do quanto se injeta a graxa em um tempo determinado. Para isso, realizou-se a seleção da graxa adequada para o equipamento de acordo com a rotação da linha e a temperatura de trabalho. Ao certificar-se do lubrificante correto a ser utilizado, dimensionou-se todo o sistema, incluindo distribuidores, bombas e tubulação, a partir de desenhos dos rolamentos e da disposição dos mesmos ao longo da linha. Com o dimensionamento estruturado iniciou-se a confecção de desenhos com o sistema em funcionamento esquemático. O objetivo deste trabalho é minimizar paradas de linha, perdas de produção, redução de mão de obra e otimização de serviços manuais, visando aumentar a confiabilidade da lubrificação.

Palavras-chave: Lubrificação; Sistema Centralizado; Estanhamento Eletrolítico

ABSTRACT

This work was developed to optimize the lubrication performed in submerged rolls of an Electrolytic Tinning Line, through a centralized lubrication system. The methodology used is composed of the steps defined in the scope of the project, such as: data collection of an Electrolytic Tinning Line, evaluation of the application of the project, analysis of drawings and arrangement of the lubrication points, as well as the space available for implantation of a new on-site project, calculation of the required amount of lubricant in the bearing, design of the centralized lubrication system, specification of the components and materials, economic study of the project, analyzing the current cost, being performed manually and after project implementation, preparation of the system maintenance program, setting standards of use and maintenance and analysis of the results, in order to maintain the good functioning of the system. The Tinning Line, for which the project was thought, is the final part of the tinplate process of a company focused on this branch and because it is linked almost directly to the customer, the quality factor is of extreme importance. Lubrication interferes to a great extent in the quality factor, because while keeping the line running at full speed, preventing blockages due to lack of lubricant, when performed in excess, it compromises all the material in which it comes into contact. To minimize such losses, the project consists of a centralized system that guarantees the reliability of how much grease is introduced at a given time. For this, the correct grease was selected for the equipment according to the line rotation and the working temperature. By certifying the correct lubricant to be used, the entire system, including distributors, pumps and tubing, was designed from the designs of the bearings and their arrangement along the line. With the structured design, drawings were started with the system in schematic operation. The objective of this work is to minimize line stops, production losses, labor reduction and optimization of manual services, aiming to increase the reliability of lubrication.

Keywords: Lubrification; Centralized System; Electrolytic Tinning

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 17 |
| 1.1. Situação Analisada | 19 |
| 1.2. Objetivo | 20 |
| 1.2.1. Objetivo geral..... | 20 |
| 1.2.2. Objetivos específicos..... | 20 |
| 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 21 |
| 2.1. História da Lubrificação | 21 |
| 2.2. Estanhamento Eletrolítico | 22 |
| 2.2.1. Processos da folha de flandres..... | 22 |
| 2.2.1.1. Seção de limpeza alcalina..... | 22 |
| 2.2.1.2. Seção de decapagem eletrolítica | 24 |
| 2.2.1.3. Seção de tré-tratamento | 24 |
| 2.2.1.4. Seção de eletrodisposição de estanho..... | 25 |
| 2.2.1.5. Pós tratamento | 26 |
| 2.3. Atrito e Desgaste | 26 |
| 2.3.1. Definição de atrito | 26 |
| 2.3.2. Atrito sólido..... | 27 |
| 2.3.3. Atrito fluído..... | 27 |
| 2.3.4. Causas do atrito | 28 |
| 2.3.5. Desgaste | 28 |
| 2.4. Lubrificação | 29 |
| 2.4.1. Definições de lubrificação | 29 |
| 2.4.2. Tipos de lubrificantes | 29 |
| 2.4.2.1. Óleo | 29 |
| 2.4.3. Métodos de lubrificação | 31 |
| 2.4.3.1. Lubrificação por enchimento | 31 |

| | |
|--|----|
| 2.4.3.2. Lubrificação manual com pincel | 31 |
| 2.4.3.3. Lubrificação com pistola..... | 32 |
| 2.4.3.4. Copo Graxeiro | 34 |
| 2.4.4. Lubrificação de equipamentos específicos | 35 |
| 2.4.4.1. Mancais..... | 35 |
| 2.4.4.2. Engrenagens | 35 |
| 2.4.4.3. Sistemas hidráulicos | 37 |
| 2.4.4.4. Correntes | 38 |
| 2.4.4.5. Acoplamentos | 38 |
| 2.5. Graxa | 38 |
| 2.5.1. Definições de graxa..... | 39 |
| 2.5.2. Vantagens da utilização da graxa | 40 |
| 2.5.3. Desvantagens da utilização da graxa | 41 |
| 2.5.4. Técnicas de armazenamento e manuseio..... | 41 |
| 2.5.4. Características da graxa | 43 |
| 2.5.4.1. Consistência..... | 43 |
| 2.5.4.1.1. Teste da consistência da graxa | 45 |
| 2.5.4.2. Viscosidade aparente | 47 |
| 2.5.4.3. Ponto de gota..... | 47 |
| 2.5.4.4. Resistência ao cisalhamento (ASTM D-1831) | 48 |
| 2.5.4.5. Separação do óleo durante a armazenagem (ASTM D-1742) | 48 |
| 2.5.4.6. Estabilidade a oxidação (ASTM D-942) | 48 |
| 2.5.4.7. Ação de lavagem pela água (ASTM D-1264) | 49 |
| 2.5.4.8. Bombeabilidade..... | 49 |
| 2.5.4.9. Resistência ao trabalho | 49 |
| 2.5.5. Aplicações da graxa..... | 50 |
| 2.5.6. Espessantes e aditivos..... | 50 |

| | |
|---|----|
| 2.5.6.1. Classificação quanto ao sabão metálico..... | 54 |
| 2.5.6.1.1. Graxa a base de sabão de sódio (Na) | 54 |
| 2.5.6.1.2. Graxa a base de cálcio (Ca) | 55 |
| 2.5.6.1.3. Graxa a base de lítio (Li)..... | 55 |
| 2.5.6.1.4. Graxas de alumínio..... | 55 |
| 2.5.6.1.5. Graxas de complexo de cálcio e chumbo | 56 |
| 2.5.6.1.6. Graxas sem sabão | 56 |
| 2.6. Sistema Centralizado de Lubrificação..... | 57 |
| 2.6.1. Componentes e funcionamento do sistema centralizado | 59 |
| 2.6.2. Tipos de sistemas centralizados..... | 60 |
| 2.6.2.1. Sistema de linha simples | 60 |
| 2.6.2.2. Sistema de linha dupla | 60 |
| 2.6.2.3. Sistema progressivo | 60 |
| 3. METODOLOGIA..... | 61 |
| 3.1. Desenvolvimento | 61 |
| 4. DESENVOLVIMENTO / ESTUDO DE CASO | 64 |
| 4.1. Informações Iniciais | 64 |
| 4.1.1. Linha de estanhamento eletrolítico | 64 |
| 4.1.2. Especificação do rolamento | 64 |
| 4.2. Memória de Cálculo | 65 |
| 4.2.1. Rotação do rolamento | 65 |
| 4.2.2. Lubrificação inicial dos rolos submersos | 65 |
| 4.2.3. Quantidade de graxa para relubrificação por rolamento – Método 1 | 65 |
| 4.2.4. Produto dos fatores de correção..... | 66 |
| 4.2.5. Intervalo de relubrificação dos rolamentos..... | 67 |
| 4.2.6. Quantidade de graxa para relubrificação por rolamento – Método 2 | 67 |
| 4.2.7. Definição da quantidade de graxa para relubrificação por rolamento | 68 |

| | |
|--|----|
| 4.2.8. Diâmetro médio do rolamento..... | 68 |
| 4.2.9. Seleção da graxa | 69 |
| 4.2.9.1. Fator de rotação..... | 69 |
| 4.2.9.2. Análise do fator de rotação | 69 |
| 4.2.9.3. Viscosidade nominal do óleo..... | 70 |
| 4.2.9.4. Viscosidade operacional do óleo..... | 71 |
| 4.2.9.5. Relação entre as viscosidades | 72 |
| 4.2.9.6. Verificação de óleo para extrema pressão..... | 72 |
| 4.2.9.7. Consistência da graxa..... | 73 |
| 4.2.9.8. Definição da graxa..... | 74 |
| 4.2.10. Seleção da bomba | 74 |
| 4.2.11. Seleção do distribuidor..... | 75 |
| 4.2.12. Disposição dos distribuidores | 76 |
| 4.2.13. Autonomia do reservatório | 77 |
| 4.2.14. Comprimento da tubulação | 77 |
| 4.2.15. Verificação de perda de carga | 78 |
| 4.2.16. Diâmetro da tubulação..... | 78 |
| 4.3. Lista de Materiais | 79 |
| 4.4. Orçamento | 79 |
| 4.5. Sugestões de Melhorias | 80 |
| 4.6. Plano de Manutenção | 80 |
| 5. CONCLUSÃO..... | 85 |
| REFERÊNCIAS | 86 |
| ANEXOS..... | 87 |

1. INTRODUÇÃO

A humanidade após começar a manusear instrumentos, criar peças e equipamentos percorreu um caminho para a mecanização das indústrias, no fim do século XIX. Nesse meio tempo de descobertas e implantações surgiu a necessidade de manutenção dos equipamentos e maquinários das indústrias, porém, não se dava a devida importância à manutenção que era considerada como segundo plano e não tinha mão de obra exclusiva para executá-la.

Continuando pelo caminho percorrido pela humanidade no setor industrial, Ford implantou o sistema de produção em série, que gerou um trabalho constante do maquinário fazendo com que fosse criada uma subdivisão de manutenção dentro do setor da operação, com equipe destinada à manutenção a fim de reduzir o tempo de manutenção, para que a produção pudesse continuar. Essa manutenção não era planejada, mas utilizada somente de forma corretiva, atuavam de acordo com as quebras e falhas dos equipamentos.

Após a segunda guerra mundial as produções se tornaram mais ágeis e confiáveis, portanto, a atuação da manutenção de forma somente corretiva já não atendia mais ao modelo de produção, então entrou em cena uma manutenção preventiva, que não atuava exclusivamente quando havia alguma falha, ou quebra do maquinário, mas sim, para manter os equipamentos funcionando corretamente, e assim a manutenção começou a ganhar espaço e não era mais só uma sombra da operação.

A manutenção preventiva era baseada em estatísticas, tempo ou horas trabalhadas, e o tempo para análise e busca dos dados para a execução da manutenção preventiva acabava sendo maior que o tempo de atuação execução da manutenção corretiva. Então houve a criação do setor de engenharia de manutenção, que estaria responsável pelo planejamento e controle da manutenção analisando suas causas e efeitos das avarias.

Com o aumento da tecnologia, sofisticando os instrumentos de medição, controle e proteção, os critérios e dados informados para engenharia de manutenção começaram a ser mais precisos e detalhados, portanto, a avaliação da manutenção começou a ser baseada em condições que somando forças com sistemas automatizados de planejamento e controle, reduziu o tempo de compilação e precisão de dados. Vale lembrar, que a partir dos anos 70 foram levados em consideração os custos nos processos de manutenção. Foi proposto combinar os meios financeiros, avaliações técnico-econômicas, estudos de confiabilidade e métodos de gestão para alcançar ciclos de vida dos maquinários e equipamentos com redução de custos na manutenção. Através dessa proposta foi lançada uma metodologia de trabalho pelos japoneses

a *Total Productive Maintenance* (Manutenção Produtiva Total) envolvendo o ciclo produtivo ocioso da operação para execução da manutenção.

Portanto, a manutenção passou a ter uma importância equivalente à operação relacionado à produção, e desempenha uma importante área dentro da produção, através de registros das informações, análise de resultados, análise de falhas auxiliando aos gerentes de produção nas tomadas de decisões.

Dentro desse contexto existem vários tópicos a serem analisados pela engenharia da manutenção, sendo que uma das principais causas de falhas geralmente ocorre pelo atrito das peças, então com o objetivo de evitar o contato direto e manter o bom funcionamento dos componentes foi implantada na manutenção a lubrificação.

A lubrificação surgiu desde os tempos antigos como forma de evitar o atrito e garantir fluidez e bom funcionamento principalmente relacionado a transporte de pedras no Egito com troncos de madeira, gordura animal nas carruagens e veículos na Grécia e pelos romanos.

Em termos de Idade Média e já voltada para maquinários o moinho é um exemplo de lubrificação da época. O moinho foi desenvolvido para triturar grãos, tendo como fonte de energia o vento ou águas, tendo mais eficácia ao triturar do que quando feito por animais ou homens. Para garantir essa eficácia de trituração era preciso garantir o bom funcionamento do moinho. Então foi utilizada a manutenção voltada para lubrificação, ao colocar gordura animal para que ele executasse os movimentos sem gerar quebras e falhas por ter atrito entre suas peças.

Pode-se dizer que mesmo antes dos lubrificantes sintéticos serem criados a lubrificação acompanhou todo o processo de evolução da humanidade em relação a equipamentos e maquinários, sendo de suma importância para o seu funcionamento.

Com o passar do tempo, avanço das tecnologias e a revolução industrial, os lubrificantes e a lubrificação foram evoluindo e sendo cada vez mais exigidos e precisos.

A lubrificação não se resume a passar um lubrificante, uma única vez, ou em qualquer ponto. É fundamental que cada equipamento receba a quantidade de lubrificante necessária específica para manter o funcionamento, que o ponto de lubrificação esteja no local certo, e que o tempo de relubrificar seja específico de cada equipamento, já que a falta de lubrificação causa problemas, o excesso da mesma também, como exemplo um rolamento com excesso de graxa pode aumentar a temperatura, diminuindo a vida útil e gerando probabilidade de falha no equipamento.

O sistema centralizado de lubrificação é o método mais eficaz para garantir que todos os pontos acima sejam garantidos, já que não se tem interferências de homem, além de reduzir

custos, promover segurança e confiabilidade na lubrificação. A lubrificação é responsável direta e fundamental no prolongamento de vida útil dos equipamentos.

1.1 . Situação Analisada

O projeto que será abordado neste trabalho se propõe a resolver a dificuldade que se tem em lubrificar os rolos submersos de uma linha de estanhamento eletrolítico, utilizando como solução a implantação de um sistema centralizado para que essa lubrificação seja realizada de forma eficiente. A principal dificuldade para a lubrificação desses rolos é que ela ainda é feita manualmente, o que gera diversos problemas, como o risco à que os responsáveis por essa lubrificação estão sujeitos, já que os rolos estão localizados no subsolo, sendo assim um local de difícil acesso e grande risco de ocorrer um acidente. Além disso, com a implantação de um sistema centralizado, ganha-se confiabilidade na lubrificação, onde a quantidade de graxa adequada será enviada ao rolamento no intervalo de tempo pré-estabelecido, o que possivelmente não aconteceria com a lubrificação manual, acarretando maiores custos de manutenção e maior tempo de parada do equipamento.

Como forma de solucionar esse problema, será projetado um sistema centralizado de lubrificação para atender os rolos submersos dessa linha de estanhamento. Isso será feito com a especificação da bomba e dos distribuidores a serem utilizados, além da seleção da graxa que melhor se adequa às condições de funcionamento dessa linha, e do plano de manutenção para esse sistema que eventualmente irá apresentar falhas, buscando solucionar com rapidez qualquer problema que apareça em algum de seus componentes.

1.2. Objetivo

1.2.1. Objetivo geral

Visa reduzir o número de paradas da linha de produção, minimizando o custo de manutenção e aumentando a disponibilidade do equipamento.

1.2.2. Objetivos específicos

Seguem abaixo os objetivos específicos:

- Especificar o lubrificante e a vazão a ser utilizada na unidade de tempo, de acordo com as demandas do rolamento;
- Utilizar os padrões do fabricante e as demandas específicas do rolamento/caixa mancal para através de cálculos específicos, dimensionar o sistema de lubrificação centralizada;
- Utilizar ferramentas de gestão, para elaboração do plano de manutenção do sistema de lubrificação.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. História da Lubrificação

O registro inicial de lubrificação que se conhece foi encontrado em 2600-1700 a.C., no Egito, no túmulo de Ra-Em-Ka, onde foi mostrado um tipo de equipamento transportando pedras e um homem colocando líquidos para lubrificar as hastes do trenó.

Os próximos registros surgiram com a invenção das máquinas. Uma das primeiras máquinas, e talvez a mais importante invenção de todos os tempos, foi a carroça que contava com a roda. Logo após, construiu-se a carruagem. Exemplos de carros primitivos foram encontrados nas tumbas de Yua e Thuiu no Egito, 1400 a.C.

Logo percebeu-se que os cubos das rodas de madeira usadas nos carros estavam se tornando carbonizados pelo calor gerado pela fricção. Especulou-se que foram feitas tentativas para resfriar o cubo com água após as corridas. Eventualmente, a experimentação levou ao uso de outros líquidos, incluindo azeite e gorduras. Para sua surpresa, os egípcios notaram que alguns dos líquidos mais viscosos não apenas dissipavam o calor, mas também impediam que muito dele se formasse em primeiro lugar. Ao mesmo tempo, eles observaram que as rodas estavam girando mais livremente. É claro que essas primeiras descobertas marcaram o início da lubrificação de máquinas.

Desde a antiguidade o petróleo proporcionou fins medicinais e mais a frente foi usado como o fim de lubrificação. Com a invenção de diversos novos equipamentos no Séc. XVI houve a necessidade de lubrificação através do petróleo, para o seu bom funcionamento.

A civilização se desenvolveu bastante nos sécs. XVII e XVIII e grandes invenções surgiam naquela época, com grande destaque para um dos grandes inventores, Leonardo da Vinci, que criou grandes projetos que contribuíram para o desenvolvimento da lubrificação, como as catapultas, máquina escavadora, entre outros.

No Séc. XVIII, a Revolução Industrial incentivou a mecanização da indústria e dos transportes. Assim, havendo o surgimento de novas máquinas, o lubrificante foi muito utilizado para o perfeito funcionamento das máquinas.

Em relação as máquinas, os produtos feitos a partir do petróleo predominam há cerca de 150 anos desde Séc. XIX, geralmente eram utilizados os de origem animal e vegetal. Em 1859, na Pensilvânia, Edwin Drake, traçou o futuro do lubrificante. Contratou-se uma equipe para cavar poços com 21 metros de profundidade. Assim, havendo a descoberta do petróleo, houveram grandes mudanças na indústria. De uma hora para outra haviam cerca de 3.200 litros

de petróleo a cada dia, saindo do chão e sendo utilizados como lubrificantes, substituindo outros tipos de lubrificantes, pois tinham um menor custo e aguentavam mais calor por um tempo maior sem sofrer alterações na sua composição.

2.2. Estanhamento Eletrolítico

A folha de “Flandres”, resultado, da Linha de Estanhamento Eletrolítico, surge a partir remoção de sujeiras, da decapagem e do revestimento de ambos os lados com estanhos. Suas aplicações são amplas, podendo citar as latas de alimentos e bebidas que encontram-se nas residências, pilhas, latas de óleos lubrificantes e até em utensílios domésticos, como bandejas e caixas.

Anteriormente à segunda guerra mundial o processo de deposição do estanho empregado se dava pela imersão da chapa em um banho de estanho fundido. Hoje em dia, o processo foi trocado pelo processo de estanhamento eletrolítico, aplicado em uma bobina de aço. Após a eletrodeposição do estanho, o revestimento é submetido à fusão, destacando-se o brilho e a criação de uma camada de liga FeSn₂.

2.2.1. Processos da folha de flandres

Antes de chegar a uma Linha de Estanhamento Eletrolítico a bobina passa por processos que irão prepará-la para esta etapa. O primeiro passo é um tratamento que permite a bobina ser trabalhada posteriormente, deixando de ser quebradiça. Nessa etapa ocorre o encruamento do material. O passo seguinte consiste em preparar as bobinas, fazendo com que fiquem na largura especificada pelo cliente.

Os processos descritos podem provocar respingos provenientes de óleo e graxa utilizados na lubrificação dos equipamentos. O contato desses lubrificantes com a chapa pode gerar oxidação do material, podendo até inutilizá-lo.

2.2.1.1. Seção de limpeza alcalina

Ao chegar à etapa de estanhamento, inicia-se pela Limpeza Alcalina, que é responsável pela remoção das impurezas provenientes dos outros processos, utilizando-se de altas temperaturas aliadas a ação mecânica dos gases O₂ e H₂, além da reação da soda cáustica com os contaminantes, fazendo com que se tornem sabões e glicerina. É responsável também pela

lavagem da tira, removendo resíduos de solução alcalina em sua seção de lavagem. Os equipamentos envolvidos nesse processo são:

- a) Rolos deflectores: tem a finalidade de transportar as tiras entre os tanques de imersão, processo e lavagem. Todos os rolos são de borracha neoprene e tracionados;
- b) Rolos secadores: os dois primeiros rolos secadores que ficam no sentido de operação da linha, têm a finalidade de manter a solução dentro dos tanques, imersão e processo e prender a tira no rolo do deflector. Também são de borracha neoprene, mas são crepeados; o terceiro rolo impede que a solução que contém soda cáustica fique na seção de lavagem, além de prender a tira. Este último rolo é de borracha e tracionado. O quarto rolo é responsável por prender a água de lavagem e o quinto rolo impede que a água passe para a seção de decapagem;
- c) Rolos submersos: possuem a função de transportar a tira entre tanques de imersão, processo e lavagem. são de neoprene, crepeados, frisados e tracionados;
- d) Tanque de limpeza por Imersão: responsável por dar uma limpeza grosseira na tira antes do processo alcalino eletrolítico;
- e) Tanque de limpeza eletrolítica: remove óleo e graxa da tira por eletrólise, que é um processo que utiliza corrente contínua entre eletrodos mergulhados em uma solução para produzir reações químicas, além de possibilitar reações químicas;
- f) Tanque de circulação imersão: possui a finalidade de manter a circulação do eletrólito aquecido entre ele e o tanque de limpeza por imersão. Por ser um processo economicamente caro, esse tanque somente é utilizado para materiais complexos. Para materiais considerados normais, utiliza-se o tanque de circulação;
- g) Tanque de circulação: sua função é manter a circulação de eletrólito aquecido entre ele mesmo e os dois tanques de limpeza eletrolítica, através de bombas. O eletrólito bombeado entra pela parte inferior do tanque de limpeza, transborda pela canaleta e por gravidade volta ao tanque de circulação;
- h) Seção de lavagem: são utilizados dois tanques, um de imersão e um com uma bateria de chuveiros, para remover os resíduos de solução alcalina;
- i) Retrolavagem: utilizado como recurso econômico, pois a água de lavagem da Decapagem é coletada em um tanque de depósito e através, de bomba, é utilizada novamente na lavagem da Limpeza Alcalina;
- j) Tanque misturador de solução: mistura e aquece a solução a ser adicionada, através de batedor elétrico e alimentação de vapor;

- k) Exaustor de gases: composto por uma coifa que direciona os gases aos dutos e os leva até o lavador de vapores e a chaminé.

2.2.1.2. Seção de decapagem eletrolítica

A segunda etapa, conhecida como Decapagem Eletrolítica, consiste na remoção de oxidação na superfície da bobina, utilizando ácido sulfúrico em conjunto com a eletrólise, onde controla-se a concentração, e a densidade de corrente, mas mantendo a temperatura ambiente. Sua finalidade é remover a oxidação superficial da tira e remover resíduos de solução. Os equipamentos envolvidos nesse processo são:

- a) Rolos deflectores: tem a finalidade de transportar as tiras entre os tanques de decapagem e lavagem. Todos os rolos são de borracha neoprene;
- b) Rolos secadores: os dois rolos iniciais secadores localizados no sentido de operação da linha, têm a finalidade de manter a solução dentro dos tanques, de decapagem e prender a tira no rolo do deflector. Também são de borracha neoprene e crepeados; o terceiro rolo impede que a solução que contém soda cáustica fique na seção de lavagem. Este último rolo é de borracha e tracionado. O quarto rolo é responsável por prender a água de lavagem do primeiro tanque e também é de neoprene e crepeado, o quinto rolo impede que a água passe para a seção de estanhamento. Este é de neoprene, liso e com transmissão;
- c) Rolos submersos: possuem a função de transportar a tira entre tanques de decapagem e de lavagem. São de neoprene, crepeados, frisados e tracionados;
- d) Tanque de decapagem eletrolítica: remove a oxidação superficial, através de reações químicas ou eletrolíticas;
- e) Tanque de circulação: sua função é manter a circulação de eletrólito entre ele e o tanque de decapagem, além de decantar resíduos de solução;
- f) Seção de lavagem: remove resíduos de solução da decapagem;
- g) Exaustão de gases: composto por uma coifa que direciona os gases aos dutos e os leva até o lavador de vapores e a chaminé.

2.2.1.3. Seção de pré-tratamento

Após a preparação da bobina estar concluída, inicia-se a fase de pré-tratamento do estanhamento, onde acontece o primeiro contato do material com a solução de estanho. Esse

processo é denominado fluxagem. Esse tratamento consiste em adaptar a tira a eletrodisposição do estanho, além de proteger o rolo do início da seção dos arcos voltaicos.

Nesta etapa os equipamentos operacionais envolvidos são:

- a) Rolo condutor: rolo de carcaça de cobre, revestido de cromo. É o primeiro de vários rolos condutores de corrente elétrica que atuam no estanhamento;
- b) Rolo secador: rolo de neoprene, liso e adaptado com pressão pneumática. Possui a função de impedir que a solução pré-tratamento passe entre a tira e o rolo condutor, gerando recusa de material;
- c) Rolo submerso: rolo de borracha, cuja função é transportar a tira dentro do tanque;
- d) Tanque de processo: possui uma solução levemente ácida em constante circulação, que umedece e dá fluxo na tira adequando-a ao estanhamento eletrolítico;
- e) Tanque de circulação: seu objetivo é garantir a circulação entre ele próprio e o tanque de pré-tratamento, além de aquecer, homogeneizar a solução e decantar resíduos.

2.2.1.4. Seção de eletrodisposição de estanho

Após as duas etapas, considera-se a bobina pronta para a eletrodisposição do estanho. Nesta etapa, a chapa circula por tanques emborrachados contendo eletrólito de estanhamento provenientes de tanques de circulação através de bombas. A cada passe, forma-se uma camada maior de estanho nos dois lados da chapa. O estanho vai se desprendendo da barra de anodo de acordo com a corrente aplicada e se torna um íon, que de acordo com a temperatura e o ambiente ácido, é atraído pela tira onde estão acumulados os elétrons e se torna parte do material depositado. Nesta etapa os equipamentos operacionais envolvidos são:

- a) Rolos secadores: rolos de neoprene, sendo o último liso e tracionado, evitando transferência de solução para o “Drag-out”, os demais são crepeados e sem tração. Possuem a finalidade de impedir que a solução passe entre a tira e a superfície do rolo condutor, provocando agarramento de estanho na superfície, além de prender a tira;
- b) Rolos submersos: rolo de borracha, cuja função é transportar a tira dentro do tanque;
- c) Tanques de processo: possuem a finalidade de eletrodepositar o estanho na tira;
- d) Tanque de circulação: tem a finalidade de aquecer, homogeneizar, decantar e manter a circulação do eletrólito entre ele e os tanques de processo de estanhamento;
- e) Tanques reservas: para estocagem de eletrólito.

2.2.1.5. Pós tratamento

Possui a finalidade de obter o brilho das folhas de flandres, fundindo a camada de estanho e conferindo-a propriedades contra corrosão e abrasão. Possui três etapas: unidade de fusão, tratamento eletroquímico e oleamento eletrostático.

- a) Unidade de fusão: responsável pela fundição da camada de estanho que foi eletrodepositada nos dois lados da tira;
- b) Tratamento eletroquímico: consiste em um tratamento catódico que confere propriedades adicionais à folha estanhada, como resistência a corrosão, correção da porosidade e adequação das superfícies. Tem a finalidade de reduzir ou eliminar os óxidos de estanho e depositando um filme de óxido de cromo;
- c) Oleamento eletrostático: tem a finalidade de aplicar um filme de óleo nas superfícies da tira para minimizar danos causados por abrasão na seção de saída da linha.

2.3. Atrito e Desgaste

2.3.1. Definição de atrito

O atrito é o grande fator para o desgaste mecânico, segundo Carreteiro e Belmiro (2006), quando uma superfície se movimenta em relação a outra, há uma força oposta a esse movimento, força definida como atrito. Uma definição mais completa é: atrito é um contato de rugosidade entre dois corpos unidos, permitindo a troca de forças na direção tangencial a região onde ocorre o contato entre os sólidos.

Na prática, o atrito acarreta uma série de consequências tais como o desgaste mecânico, onde todos os corpos sofrem uma inexorável ação do desgaste com o passar do tempo, logo, duas superfícies em constante movimento irão sofrer o desgaste devido ao atrito. Esse desgaste mecânico diminui a vida útil das partes elevando a taxa de manutenção, causando além do gasto direto (realizando troca de partes afetadas antes do tempo previsto), traz custos com a linha de produção parada e assim não chegando nas metas de produção.

Young (2008) tem a definição de atrito como sendo dois corpos que interagem por contato direto entre suas superfícies. Carreteiro (2006) afirma que sempre que uma superfície se movimentar em relação a outra haverá uma força contrária a esse movimento, que se denomina atrito.

Há dois tipos de atrito que a lubrificação abrange, que são o atrito sólido e o atrito fluído. Onde lubrificar consiste em transformar o atrito sólido em um atrito fluído. O material lubrificante é marcado por conter a tensão de cisalhamento inferior do que a de materiais com suas superfícies envolvidas. Nos casos específicos, onde a espessura da camada lubrificante não é o bastante para impedir o contato das partes móveis, ocorrendo a proteção, já que suas moléculas são absorvidas pelas superfícies, não ocorrendo um grande desgaste (Hutchings,1992).

2.3.2. Atrito sólido

Atrito sólido é quando ocorre o contato entre duas superfícies sólidas. São divididos em dois tipos, de deslizamento e de rolamento. Young (2008) define atrito de deslizamento como um corpo que desliza sobre uma superfície, ou seja, quando uma superfície se movimenta diretamente com a outra.

França (2011) dá a definição de atrito de rolamento, como sendo quando o deslocamento ocorre através do giro entre dois corpos esféricos ou cilíndricos, permitindo assim que os corpos se movimentem. Esse atrito aumenta o desgaste do material e outras propriedades, e a lubrificação consiste em acabar com esse atrito, transformando-o em atrito fluído. Sua divisão é feita em dois grupos:

- a) Atrito de deslizamento: quando um corpo se move diretamente em contato com o outro;
- b) Atrito de rolamento: quando o deslocamento ocorre através do giro de corpos esféricos ou cilíndricos localizados entre as superfícies em movimento. Logo, a área de contato sendo inferior, o atrito também é inferior.

2.3.3. Atrito fluído

Carreteiro (2006) define que quando há uma camada de fluido existente entre duas superfícies sólidas, reduzindo o atrito entre elas, denomina-se atrito fluído.

Brunetti (2008) diz que a ação do atrito provocado pelas partes sólidas irá causar uma força resultante aplicado pelo fluido na superfície, reduzindo assim tanto o atrito como o desgaste.

2.3.4. Causas do atrito

Todas as superfícies sólidas por mais polidas que sejam, contém partes ásperas e irregularidades. A forma como as superfícies se relacionam definem os mecanismos de atrito:

- a) **Cisalhamento:** é quando os picos de dois corpos entram em contato em ambas as partes laterais, o atrito ocorre pela resistência do sólido à ruptura desses picos. Há duas situações que podem ocorrer de acordo com a dureza relativa das duas superfícies. Se a dureza for semelhante, ocorrerá a ruptura dos dois picos em contato, porém se uma das superfícies tem uma dureza inferior, os picos da superfície dura se comportarão como uma ferramenta de corte;
- b) **Adesão:** quando as superfícies conectadas apresentam áreas planas ao invés de picos, o atrito ocorre através da soldagem a frio de microáreas, planas entre si. A adesão é a grande responsável por resistência a movimentação.

2.3.5. Desgaste

Embora a lubrificação seja vista como uma ação redutora de atrito, pode-se considerar que seu principal objetivo é reduzir o desgaste. Todos corpos são afetados pelo desgaste com o passar do tempo.

Por meio de lubrificação correta, tem-se o objetivo de reduzir o desgaste, apresentado sob diversas maneiras, umas oriundas de deficiências na lubrificação, entre outras. As causas mais comuns de desgaste em rolamentos são:

- a) **Abrasão:** provenientes de partículas de material abrasivo contido no lubrificante;
- b) **Desalojamento:** é a remoção de metal de uma parte da peça e sua deposição em outra parte;
- c) **Corrosão:** provenientes de contaminantes ácidos;
- d) **Edentação:** oriunda da penetração de corpo estranho rígido;
- e) **Fricção:** caracterizadas por edentações provocadas pelos repetidos choques com cargas pesadas;
- f) **Fragmentação:** produzida por instalação com defeitos;
- g) **Esfoliação:** causada pela fadiga por submeter o metal a grandes esforços repetidos, além de sua capacidade;
- h) **Estriamento:** provocado pela passagem de correntes elétricas;
- i) **Cavitação:** colapso de bolhas num fluido.

2.4. Lubrificação

2.4.1. Definições de lubrificação

Segundo Carreteiro e Belmiro (2008), lubrificação é a separação de duas superfícies atritadas, por um fluido líquido ou sólido chamado de lubrificante. Esta separação faz com que haja redução de desgaste e ruído na movimentação entre os componentes.

Para Belinelli (2011), a lubrificação é uma maneira antiga de manutenção preventiva, a qual evita quebras desnecessárias, aumentando assim a vida útil de mecanismos. A lubrificação também deve ser realizada de uma forma limpa não contendo impurezas nos fluidos a serem utilizados, porque a existência dessas pode acarretar danos aos componentes de um determinado sistema, com isso demandando tempo, custo de manutenção e equipamento deixando de desempenhar funções, conforme Llewellyn (2011).

A regra da solicitação particular de cada mecanismo, também deve ser levada em consideração na definição do tipo de lubrificante, pois há os lubrificantes sólidos e líquidos, e de acordo com a aplicação, um dos dois pode não corresponder de uma maneira satisfatória ao resultado esperado como se vê na visão de Carreteiro e Belmiro (2008).

2.4.2. Tipos de lubrificantes

Dentre os tipos de lubrificantes, existem o óleo e a graxa, que terá um tópico específico mais à frente.

2.4.2.1. Óleo

Pode-se distinguí-los como: óleos compostos, óleos minerais, óleos sintéticos e óleos orgânicos. Os óleos minerais são os de maior importância quando se diz respeito a lubrificação. Eles são provenientes do petróleo, mas as suas propriedades são relacionadas ao óleo “inicial” que lhes originou e também ao processo de refinação utilizado.

Os óleos graxos (orgânicos), tanto animais como vegetais, já foram praticamente substituídos por completo pelos óleos minerais, que além de terem um custo menor, não sofrem hidrólise, que ocorre quando há a reação ou alteração de uma substância pela água e também não se tornam ácidos ou corrosivos com o uso. A vantagem única dos óleos graxos que pode ser destacada é a capacidade de aderência às superfícies metálicas. A desvantagem deste tipo

está na quase inexistente resistência a oxidação, que como consequência gera a formação de gomosidades, além de se tornarem rançosos.

Atualmente há a adição de óleos graxos ao óleo mineral gerando os óleos compostos. Este tipo possui de 1% a 25% de mistura do produto orgânico o óleo mineral, fornecendo ao lubrificante uma maior oleosidade ou grande facilidade de emulsão em vapor d'água, o que explica a sua utilização pra grandes cargas e cilindro a vapor.

Os óleos sintéticos surgiram da necessidade industrial e militar de obterem lubrificantes aptos as condições mais adversas. Os mais utilizados atualmente são:

- a) Ésteres de ácidos de básicos: são superiores aos de petróleo com relação de viscosidade e temperatura e são menos voláteis. Em se tratando da estabilidade térmica, da eficiência do lubrificante e sua resistência à oxidação, são comparáveis a um lubrificante de qualidade de petróleo. Não são corrosivos para metais, porém têm um grande efeito solvente sobre vernizes, borrachas e plásticos. São utilizados como lubrificantes de motores a jato, óleos hidráulicos especiais e óleos para delicados instrumentos;
- b) Ésteres de organofosfatos: possuem alto poder lubrificante e possuem alto grau de inflamabilidade, assim como óleos oriundos de petróleo. Sua relação entre temperatura e viscosidade é ligeiramente melhor dos que a base de petróleo e sua volatilidade é baixa;
- c) Ésteres de silicatos: possuem baixa volatilidade e relação viscosidade – temperatura, mas em contra partida de sua estabilidade térmica deixa a desejar. São utilizados como componentes de graxas de baixa volatilidade, fluidos de transferência de calor e fluidos hidráulicos de alta temperatura;
- d) Silicones: utilizados onde se requer a mínima variação possível da temperatura com a viscosidade e essa relação é superior não apenas á dos óleos minerais como em relação a todos outros óleos sintéticos. Sua volatilidade é muito pequena e a resistência a oxidação muito elevada;
- e) Compostos de esterres de poliglicol: possuem uma boa relação entre temperatura e viscosidade e superam os óleos minerais em reduzido poder lubrificante, volatilidade, resistência a inflamação e estabilidade térmica, mas ficam devendo em resistência a oxidação.

2.4.3. Métodos de lubrificação

2.4.3.1. Lubrificação por enchimento

Aplicação desse tipo de lubrificação é muito usada em mancais de rolamento, cuja graxa é aplicada manualmente até a média da capacidade do mancal. Ver figura 1.

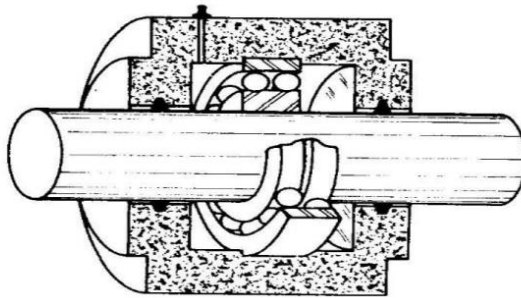


Figura 1: Esquema de lubrificação por enchimento.

Fonte: Forlub (2014).

2.4.3.2. Lubrificação manual com pincel

É quando é aplicado um pequeno filme de graxa com pincel em uma engrenagem ou rolamento. A higienização do pincel é de grande importância, assim como o mesmo deve estar bem seco para não passar contaminantes para a graxa como sujeira, por exemplo. Ver figura 2.

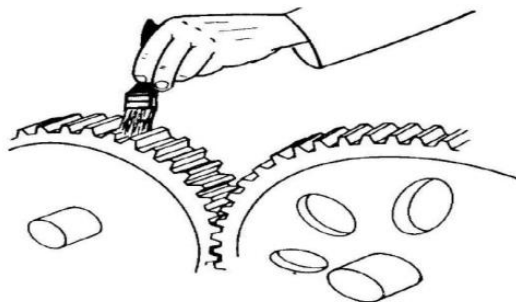


Figura 2: Esquema de lubrificação com pincel.

Fonte: Forlub (2014).

2.4.3.3. Lubrificação com pistola

A aplicação da graxa é feita por meio do pino graxeiro da bomba ou acionada eletricamente para bombear a graxa nos mancais. A forma da parte interna dos tipos de pistola possui uma mola que pressiona a esfera de aço interior contra o furo, permitindo que a graxa entre. Quando a graxa entra sobre pressão, pressiona a esfera de aço, empurrando a mola, fazendo com que a graxa saia do mancal. No momento em que sob pressão a esfera retorna para sua posição inicial, veda completamente o furo, impedindo assim a entrada de contaminantes no rolamento e a saída da graxa (Carreteiro; Belmiro, 2006).

As pistolas de graxa têm três maneiras de serem alimentadas: à eletricidade, à mão ou ao ar. Apesar dessas variações, as pistolas de graxa movidas a mão (ou manuais) podem ser produzidas com uma alavanca ou com um punho de pistola. Os benefícios para cada um deles dependem da utilização pretendida e da preferência pessoal do responsável pela lubrificação.

Outra grande variação da pistola de graxa é como a graxa deve ser carregada: por sucção, cartucho ou volume. Entre os tipos mais comuns de pistolas de lubrificação pode-se citar:

- a) Manual (alavanca) – é o tipo mais usual de pistola de graxa e tem a capacidade de fornecer cerca de 1,28 gramas de graxa por acionamento, que é pressionada através de uma abertura de bombas manuais;
- b) Manual (*PistolGrip*) – esta variação da pistola de lubrificação do tipo de alavanca possibilita a forma de bombear com uma só mão, o que é muito usual. Fornece aproximadamente 0,86 gramas por acionamento;
- c) Pneumatic (*PistolGrip*) – esta pistola de graxa usa ar comprimido direcionado para a pistola por uma mangueira ativando um deslocamento positivo com cada gatilho;
- d) Bateria (*PistolGrip*) – esta é uma pistola de graxa de baixa voltagem alimentada por bateria que funciona comparativamente à pistola de graxa pneumática.

As pistolas de graxa podem ter um tipo de adaptador para conexão padrão, por exemplo um acoplador hidráulico, mas existem diversas outras variações dependendo da sua utilização. O acoplador hidráulico padrão é geralmente o mais usado e o mais aplicável. Um adaptador de 90 graus é ideal para conexões em áreas confinadas que exigem uma curva de 90 graus. Um adaptador de ponta de agulha oferece uma quantidade exatamente de acordo de graxa para lugares apertados, enquanto um acoplador giratório de três mandíbulas oferece uma variedade de posições de travamento para diferentes aplicações.

As pistolas de graxa devem ser armazenadas e cuidadas da forma correta, para que se estenda a sua vida útil. Alguns passos ao serem seguidos, contribuem para a sua duração, tais como:

- a) Calcule a quantidade adequada de graxa necessária para a relubrificação de rolamentos com base no volume de entrega calibrado da pistola de graxa selecionada;
- b) Use um bujão de respiro na porta de alívio do rolamento para ajudar a lavar a graxa antiga e diminuir o risco de muita pressão no rolamento;
- c) Tenha muito cuidado ao carregar graxa na pistola de graxa para garantir que os contaminantes não sejam introduzidos. Se estiver usando um cartucho, tenha bastante cuidado ao retirar a tampa de metal para que não sejam introduzidas lascas de metal na graxa;
- d) Certifique-se de que a pistola de graxa esteja claramente marcada para identificar a graxa com a qual ela deve ser carregada. Não use nenhum tipo de graxa diferente da que foi identificada;
- e) Certifique-se sempre de que o bocal de distribuição da pistola de graxa esteja limpo antes de usar. Bombeie pouca quantidade de graxa para fora do bocal de distribuição, após isso, higienize o bico com um pano limpo ou um pano sem fiapos antes de conectá-lo à graxeira;
- f) Limpe a graxeira de toda a sujeira antes de conectar a pistola de graxa. Inspecione e substitua os encaixes danificados. É útil usar tampas de graxa para mantê-las limpas, mas limpe as conexões antes de aplicar graxa;
- g) Certifique-se de que a graxa correta seja utilizada nos pontos de lubrificação por completo. A aplicação da graxa errada pode causar um problema de incompatibilidade, causando falha instantânea no rolamento;
- h) As pistolas de graxa, como na figura 3, devem ser armazenadas sem pressão em uma área limpa, fria e seca e em uma posição horizontal para ajudar a evitar que o óleo escorra pela graxa. Abraçadeiras de graxa tornam o armazenamento organizado e simples. Além disso, cubra o acoplador para protegê-lo de contaminantes. Regule bem as pistolas de graxa regularmente para garantir o volume de entrega adequado.

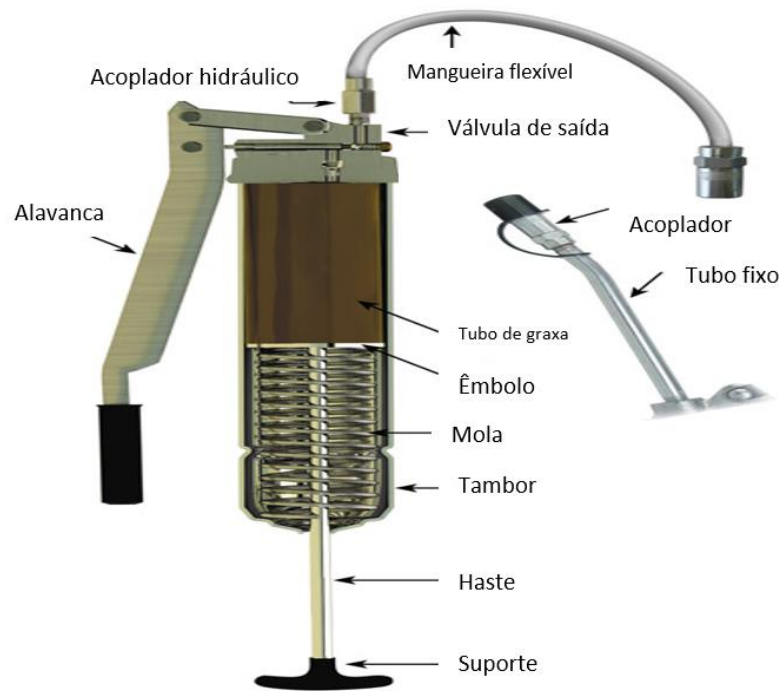


Figura 3: Pistola para lubrificação.

Fonte: Editado pelos autores.

2.4.3.4. Copo graxeiro

Os sistemas automatizados de lubrificação podem ser usados em uma ampla variedade de indústrias, além do processamento de alimentos, incluindo as indústrias de papel e celulose, processamento químico, siderurgia, petroquímica e mineração. Do ponto de vista econômico, o período de retorno para a maioria desses sistemas é inferior a um ano. Em alguns casos, sistemas de lubrificação projetados com recursos avançados de monitoramento podem economizar milhões de dólares em custos de paralisação por ano.

Portanto, eliminam o custo e, às vezes, a tarefa perigosa de aplicar de forma manual as quantidades de lubrificante a vários locais do equipamento em intervalos frequentes enquanto o equipamento está em operação. A utilização por copo graxeiro é um aprimoramento da lubrificação manual, os copos são enchidos com graxa até o limite estabelecido e ao movimentar a tampa a graxa é retirada pelo canal, conforme a figura 4.

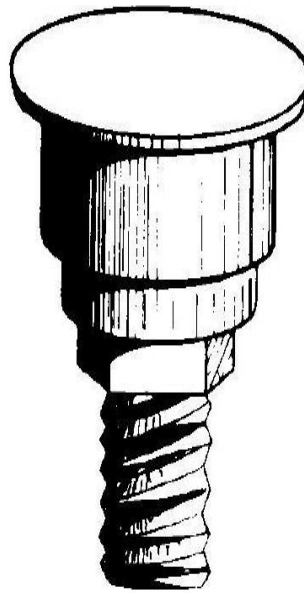


Figura 4: Copo Stauffer.

Fonte: Fournalub (2014).

2.4.4. Lubrificação de equipamentos específicos

2.4.4.1. Mancais

Em mancais onde o acesso é fácil, pode-se abrir a caixa para completar ou trocar a graxa. Se o mancal for muito grande ou a velocidade elevada, necessitando de receber mais graxa, a caixa deve conter um bico graxeiro para a graxa ser aplicada.

Um dispositivo de grande importância é a válvula de graxa, que possibilita a saída da graxa em excesso, pois é prejudicial para a caixa que deve ser preenchida somente até um terço ou até 50% de seu espaço livre com graxa de boa qualidade.

A limpeza é um dos primeiros itens a serem observados para a duração do equipamento e para isso é necessário ter uma boa vedação. Um dos tipos mais utilizados é o feltro em tiras, anéis ou anéis de labirinto que são utilizados para alta velocidade.

2.4.4.2. Engrenagens

Em engrenagens fechadas a lubrificação é realizada por meio de salpico ou circulação. A lubrificação por salpico ocorre ao se mergulhar a maior engrenagem no óleo, transportando no ponto de engrenamento e nos mancais. O nível correto é importante, pois se for baixo,

acarretará em problemas na distribuição e falta de lubrificação e se for alto provocará alta agitação, gastando força e produzindo calor.

Na lubrificação por circulação são empregados dois sistemas: o sistema centralizado e o sistema individual. Em ambos o jato de óleo fornecido por uma bomba é atomizado nos dentes no ponto de engrenamento. A bomba também fornece óleo aos mancais. Muitas vezes, os sistemas são providos de filtros para deixar limpo o óleo e remover as impurezas que poderiam causar o desgaste das superfícies dos dentes e dos mancais. Alguns fatores podem influenciar na criação e manutenção da cunha de óleo, tais como:

- a) Tipo de engrenagem: a pressão sobre qualquer ponto na linha de contato nas engrenagens cônicas e cilíndricas é aplicada e retirada tão bruscamente que praticamente não tem tempo hábil para remover a película de óleo, e a direção da mudança acontece no sentido de criar uma nova cunha de óleo. Na engrenagem sem-fim, o deslocamento da linha de contato sobre os dentes da engrenagem ocorre do topo para a raiz. Geralmente há a lubrificação por camada limítrofe, exigindo que o óleo tenha alto poder lubrificante;
- b) Rotação do pinhão: quanto maior for a velocidade angular do pinhão, mais elevada será a velocidade de rolamento e deslizamento nos dentes. Pode ser usado óleo com baixa viscosidade porque devido ao pouco tempo para o alojamento do óleo, não há como expelir a cunha de óleo. Por isso, quanto menor a rotação do pinhão, maior deverá ser a viscosidade do óleo;
- c) Temperatura de serviço: o calor criado a partir do atrito e da agitação faz com que a temperatura do óleo se eleve, mas para cada tipo de engrenagem (cilíndricas, cônicas, sem-fim e hipoidais) há uma temperatura máxima de trabalho, que não se deve exceder;
- d) Potência: quanto maior for a pressão, maior deverá ser a viscosidade do óleo, para suportar à força de desalojamento e manter um filme de óleo efetivo. Por outro lado, quando as pressões forem leves, um óleo menos viscoso proporcionará películas protetoras com o mínimo de atrito fluído;
- e) Natureza da carga: em qualquer redutora é um fator de influência na escolha do óleo lubrificante. Caso a carga seja uniforme, as pressões e o torque aguentados pelos dentes serão uniformes. Entretanto, as pressões elevadas nos dentes, provenientes de choques, podem partir as películas do óleo que separam os dentes. Para isso, é importante utilizar um óleo com a viscosidade mais alta para que não haja a ruptura do filme.

Para as engrenagens abertas, onde não é viável uma caixa para acomodá-las, a lubrificação é feita de outra forma. Quando se realiza a lubrificação, a película se torna espessa,

pois o óleo se dirige para as laterais, até que sobre apenas uma película de espessura bem fina, fazendo com que as engrenagens trabalhem com lubrificação no limite. A película precisa aderir muito bem às superfícies dos dentes, para que o contato entre as partes metálicas das peças seja o mínimo.

Quando a aplicação for através de almotolia, pincel ou espátula, o lubrificante, durante o ato de aplicar, deve ser bastante fluido para fluir com tranquilidade.

2.4.4.3. Sistemas hidráulicos

O fluido ideal, ou seja, que sirva para todos os tipos de sistemas hidráulicos, sob condições de serviço as mais diversas, deve reunir as seguintes características:

- a) Ser incompressível;
- b) Ter baixo custo;
- c) Ser bom lubrificante;
- d) Não ser tóxico;
- e) Não ser inflamável;
- f) Quimicamente estável;
- g) Elevado índice de viscosidade;
- h) Baixo ponto de fluidez;
- i) Resistir às forças de cisalhamento;
- j) Boa demulsibilidade;
- k) Boa dissipação de calor;
- l) Não absorver ar;
- m) Não ser corrosivo;
- n) Proteger as superfícies metálicas;
- o) Ter viscosidade adequada para fluir facilmente.

Os principais fluidos hidráulicos empregados são:

- Óleos minerais: fluidos mais utilizados;
- Fluidos sintéticos: compostos químicos, como aromáticos de elevado peso molecular, silicões e ésteres;
- Fluidos não inflamáveis: emulsões de glicol em água e de óleo em água e fluidos não aquosos.

2.4.4.4. Correntes

Em correntes acionadoras a aplicação do óleo é feita através do gotejamento entre os roletes inferiores da corrente, antes de encaixar com o inferior do acionamento da roda dentada. Os sistemas de lubrificação de correntes incluem o processo por almotolia, gotejamento ou por banho.

Para a condição de correntes abertas, esta oferece dificuldades, devido a exposição ao ambiente contendo partículas que se unem ao filme lubrificante. Neste tipo, utiliza-se um óleo de menor valor, por ser um processo em que se perde o lubrificante totalmente.

2.4.4.5. Acoplamentos

Acoplamentos flexíveis lubrificáveis requerem produtos, com características diferenciadas. Embora haja movimento entre as partes móveis, é difícil estabelecer uma película de lubrificante entre as partes que mantêm contato.

2.5. Graxa

A graxa é geralmente utilizada onde o uso do óleo não seria viável devido dificuldade de vedação do óleo em alguns sistemas, por mais que sejam viscosos. Outra aplicação é para locais em que se deseja a formação de película protetora que tem como objetivo evitar a entrada de contaminantes. No geral todas as graxas amolecem, mas tem a capacidade de recuperar a consistência original quando deixadas em repouso.

Em 1880 a graxa era feita com uma substância gordurosa, misturada ao óleo mineral em pouca quantidade. Com o passar do tempo, iniciaram-se os testes nos lubrificantes, como por exemplo, verificar a consistência, determinar o ponto de gota e o teor de água. As graxas que antes utilizavam-se sem saber da sua real importância, com o aperfeiçoamento dos mancais de rolamentos, elas se tornaram cada vez mais visadas, sendo que novos parâmetros para a avaliação da qualidade da graxa foram criados.

Para que se forme um filme de lubrificante, é importante que ele seja adesivo, aderindo à superfície e suportando o arraste, além da coesividade.

A classificação da lubrificação pode ser feita, de acordo com a camada de lubrificante formada, em limite e mista, total ou fluida. No primeiro caso, a película lubrificante impede o

contato entre superfícies, isto porque sua espessura é maior que o pico de rugosidade das superfícies. Com isso, nota-se baixo atrito e desgaste do equipamento.

Na lubrificação limite há uma película fina, que proporciona que haja o contato entre as superfícies de tempos em tempos, sendo a espessura do lubrificante igual à do pico das rugosidades. Onde há aplicação de altas cargas, operações que não podem parar ou que necessitem de velocidade baixa, opta-se por um lubrificante que contenha aditivos antidesgaste e de oleosidade. Em locais de condições muito severas, utilizam-se os aditivos de extrema pressão.

Já a lubrificação mista, pode acontecer das duas formas já citadas. Pois pode-se empregar em partidas de equipamentos, onde-se necessita de um pequeno contato para o impulsionamento inicial, mas que logo após o movimento, necessite de uma espessura maior de lubrificante para preservar o funcionamento.

2.5.1. Definições de graxa

A norma da American Society for Testing and Materials de nº 288 dá o significado para graxa como sendo um produto de sólido a semifluido originado da dispersão de um espessante em um lubrificante.

Outra definição utilizada é a de que a graxa seria uma combinação de derivados do petróleo e um tipo de sabão, destinada a lubrificações específicas, onde não seriam viáveis os óleos, pois necessitam de extrema vedação, e estes tendem a escorrer, utilizadas também como barreira protetora contra entrada de impurezas.

Em geral, uma graxa é um produto sólido a semifluido que é constituído pela dispersão de um agente espessante em um lubrificante líquido. Este sistema espessante pode ser constituído por sabões metálicos simples ou complexos de lítio, cálcio, alumínio, bário ou sódio, ou não sabão, como argila (bentonita) ou poliureia. O sistema espessante pode ser pensado como uma esponja que contém uma matriz de fibras ou plaquetas com uma alta área superficial formando uma densa rede de micro-asperezas (vazios) ou fibras. É nestes vazios ou estrutura de fibra onde o óleo base e os aditivos são armazenados até que sejam necessários para a lubrificação.

Assim como uma esponja que libera água quando é espremida, a graxa libera seus óleos básicos do sistema espessante quando é espremida ou estressada. As tensões que uma graxa encontra podem ser geradas mecanicamente ou termicamente durante a aplicação ou armazenamento.

Em uma aplicação, uma graxa libera gradualmente óleo nas áreas de trabalho das superfícies da máquina para lubrificá-las. Quanto maior a quantidade de tensões encontradas, mais rápido o sistema de espessamento da graxa libera sua aderência nos óleos de base. A matriz do sistema espessante transmite pouca ou nenhuma característica lubrificante. Se a matriz do sistema espessante não liberasse os óleos básicos, a graxa seria incapaz de realizar suas propriedades lubrificantes.

Do mesmo jeito, uma graxa deve conter a capacidade de exibir algum tipo de característica de reversibilidade depois que as tensões forem relaxadas. A reversibilidade é definida como a capacidade de uma graxa de recapturar seus óleos básicos para retornar à sua consistência original e continuar funcionando conforme o pretendido. Quando uma máquina é desligada ou quando as condições de tensão mecânica ou térmica são relaxadas, a graxa deve ter a capacidade de recuperar seus óleos base para retornar à sua forma inicial. As características de reversibilidade de uma graxa são definidas pela quantidade e tipo de espessante usado. Geralmente, quanto maior o teor de espessante, menor a reversibilidade da graxa.

2.5.2. Vantagens da utilização da graxa

- a) Sendo comparada ao óleo, o intervalo de lubrificação é superior, gerando um custo mais baixo com lubrificante e mão de obra;
- b) Funcionam como barreira contra entrada de partículas provenientes do ambiente, além de contribuírem para minimizar vazamentos;
- c) Permitem aplicação em equipamentos na vertical;
- d) Não requer sistemas de selagem muito complexos;
- e) A graxa possui a capacidade de manter uma lubrificação mínima, mesmo dentro de um longo tempo sem lubrificação;
- f) Possui uma aderência superior à dos óleos;
- g) Mantem poder lubrificante, mesmo em contato com água;
- h) Reduz inicialmente o atrito nos mancais;
- i) Podem contribuir em alguns casos na redução de vibração e até amortecendo impactos;
- j) Utilizadas de preferência em condições de altas temperaturas, pressões altas e baixa velocidade;
- k) Para equipamentos com folga, a graxa é a única alternativa;
- l) Possui poder lubrificante imediatamente após a partida;

m) Necessita de maior tempo de relubrificação.

2.5.3. Desvantagens da utilização da graxa

Sendo comparado com os óleos:

- a) Sendo comparada com os óleos, a graxa tem uma dissipação de calor inferior;
- b) Não são tão eficientes para lubrificação em altas velocidades;
- c) Tem uma resistência a oxidação baixa.

2.5.4. Técnicas de armazenamento e manuseio

Como a maioria dos materiais, a graxa lubrificante gradualmente se deteriorará com o tempo. A taxa e o grau de deterioração dependem das condições de armazenamento e manuseio às quais a graxa é exposta.

A graxa pode ter suas características mudadas durante o armazenamento. O produto pode oxidar, sangrar, mudar de aparência, pegar contaminantes ou tornar-se mais firme ou mais macio. A quantidade de alterações varia com o período de armazenamento, temperatura e natureza do produto.

Dependendo das condições de armazenamento, algumas graxas podem sofrer o endurecimento por envelhecimento, o que faz com que o produto se torne mais firme e aumente a consistência ou até mesmo o amolecimento. Essas mudanças na consistência podem fazer com que a graxa escorregue do seu grau de consistência original. Esse comportamento pode ser ainda mais agravado por condições de armazenamento prolongadas. Devido a esse aspecto, períodos prolongados de armazenamento devem ser evitados.

Se uma graxa tiver mais de um ano, o Instituto Nacional de Graxa Lubrificante (NLGI) recomenda que ela seja inspecionada e que se faça o teste de penetração, assegurando que a graxa ainda esteja de acordo com o grau NLGI pretendido.

Outra prática recomendada do setor especifica que sempre que qualquer tipo de lubrificante for recebido, os métodos de uso e armazenamento devem seguir o sistema de inventário *first-in / first-out*. Isso simplesmente requer que o usuário da graxa lubrificante use a graxa que foi colocada primeiro no sistema de armazenamento. Além do mais, geralmente, fabricantes de graxa põem um código de data ou número de banho nos pacotes ou caixas individuais que podem ajudar a determinar o mês, dia e ano em que a graxa foi feita.

Como mencionado anteriormente, as graxas tendem a sangrar e liberar seus óleos básicos durante o armazenamento. A taxa de óleo liberada da graxa aumentará com o tempo e variará de acordo com a temperatura na qual ela é armazenada. Idealmente, a graxa deve ser armazenada em uma área interna fresca e seca que não exceda 86 graus F (30 graus C) e permaneça acima de 32 graus F (0 graus C).

Não é incomum encontrar recipientes com graxa em áreas de armazenamento com temperaturas chegando até 54 graus Celsius. Essas áreas de armazenamento também podem ser expostas a contaminantes, como poeira, sujeira, umidade ou água da chuva, podendo causar sérios problemas com a qualidade da graxa.

Um recipiente de graxa nunca deve ser exposto diretamente ao sol ou ser armazenado em uma área diretamente próxima a uma fonte de calor, como um tubo de vapor, forno, cabine de um caminhão em clima quente, etc. Isso só agravará a taxa de liberação de óleo que pode ocorrer.

Guarde sempre graxa em sua embalagem original e mantenha o recipiente fechado até a hora de usá-lo. Limpe a tampa ou a tampa do recipiente antes de abri-lo e use sempre ferramentas limpas e equipamentos de distribuição ao manusear ou bombear a graxa. Após o uso, o recipiente deve ser fechado imediatamente e mantido fechado. Antes de colocar a tampa de volta no recipiente, limpe a poeira, sujeira ou excesso de graxa que possa ter se acumulado.

O armazenamento dos tubos de graxa de cartucho deve ser na posição vertical em todos os momentos. Se um tubo de cartucho for deixado em uma pistola de graxa, a pistola de graxa deve ser despressurizada, limpa com um pano limpo para remover quaisquer contaminantes e armazenada em uma posição horizontal dentro de uma área limpa, fria e seca para evitar que o óleo escorra da graxa.

Para garantir ainda mais a qualidade e limpeza original da graxa, bem como evitar a separação excessiva de óleo, recomenda-se as seguintes técnicas de armazenamento e manuseio:

- a) Não usar graxas lubrificantes armazenadas por grandes períodos de tempo, a menos que sua condição e limpeza possam ser verificadas por uma análise laboratorial;
- b) Se houver suspeita de uma mistura acidental, consulte o fornecedor do lubrificante ou realize testes de compatibilidade;
- c) A sala de armazenamento deve ser separada das áreas de contaminação, como detritos metálicos, poeira, sujeira, fumaça química ou umidade. A sala deve ser aquecida, bem ventilada e conter acessórios limpos, equipamentos de dispensação e outras

necessidades. O pessoal também deve ser adequadamente treinado em técnicas de armazenamento e controle de estoque para evitar contaminação;

- d) Os recipientes de graxa devem ser claramente rotulados com a data em que foram recebidos, o tipo e a marca da graxa, etc. Essas marcas devem ser mantidas em uma posição onde possam ser facilmente lidas;
- e) Guardar graxa no recipiente original até que seja utilizado. Tambores, baldes, barris e caixas devem ser mantidos fora do chão e apoiados por um rack, plataforma ou blocos de pelo menos vários centímetros de altura;
- f) Nunca deixe os recipientes de gordura inadequadamente cobertos, descobertos ou abertos. Mantenha-os bem fechados entre os usos. Se os recipientes forem armazenados do lado de fora, uma lona pesada, uma folha de plástico ou uma lona inclinada podem ser usados para evitar a entrada de água ou sujeira. Tambores, barris e baldes devem ser levantados do chão e armazenados em seus lados ou inclinados em um ângulo de 45 graus para evitar a entrada de umidade ou sujeira no produto;
- g) Quaisquer ferramentas usadas para manusear ou dispensar graxa devem ser limpas antes de serem usadas;
- h) Nunca use pás de madeira ou espátulas para remover ou transferir graxa.

2.5.4. Características da graxa

Segundo Carreteiro (2006), as seguintes características e testes devem ser observados ao selecionar uma graxa:

2.5.4.1. Consistência

É a resistência oferecida pela graxa à penetração, mostrada através do método em que se mede a penetração de um cone sobre uma certa quantidade de graxa, sendo submetida a ação de uma carga pré-determinada durante 5 segundos e a 250° C.

Utiliza-se o penetrômetro, para realização do teste. A graxa é considerada de menor consistência quando é mais fácil a entrada do penetrômetro e mais consistente quanto esta entrada é dificultada.

A graxa é trabalhada, sendo submetida a 60 golpes duplos em um equipamento de trabalho de graxa padrão. A classificação NGLI está baseada nesse ensaio.

Graxas consideradas 1 e 2 como grau de consistência são aplicadas em sistemas de lubrificação centralizada e as com consistência 3 são utilizadas em rolamentos cujo eixo deve estar na posição vertical, onde a placa defletora é posta na parte inferior do rolamento, para não permitir que a graxa saia pela parte inferior do rolamento.

Graxas que perdem a consistência em altas temperaturas podem sair do rolamento. Já as graxas que perdem a consistência em baixas temperaturas aumentam a consistência podem causar problemas na rotação do rolamento.

As graxas de alta consistência, são aplicadas mais comumente em:

- a) Mancais de deslizamentos (baixa velocidade);
- b) Mancais de rolamento de rolos ou esferas;
- c) Para evitar remoção por lavagem de água;
- d) Para evitar cisalhamento;
- e) Altas temperaturas;
- f) Para vedar contra entrada de poeira do ambiente.

Graxas de baixa consistência (NLGI mais baixo) são utilizadas em:

- a) Mancais de rolamento rolante de alta velocidade;
- b) Baixas temperaturas;
- c) Para alta bombeabilidade;
- d) Caixas de engrenagens.

A tabela 1 indica a classificação das graxas segundo a dureza.

Tabela 1: Graxas em número crescente de dureza.

| Número de Consistência NLGI | Penetração ASTM D-217 trabalhada a 25 °C (em mm) |
|------------------------------------|---|
| 0 | 355-385 |
| 1 | 310-340 |
| 2 | 265-295 |
| 3 | 220-250 |
| 4 | 175-205 |
| 5 | 130-160 |
| 6 | 85-115 |

Fonte: Carreteiro e Belmiro (2006).

A tabela 2 indica a alteração na consistência por penetração trabalhada em 0,10 mm (ação da carga), verificando-se que quanto mais elevada a consistência, há uma redução da penetração trabalhada (NLGI).

Tabela 2: Consistência.

| Consistência (NLGI) | | Penetração Trabalhada (em 0,10 mm) | | Consistência (NLGI) | Penetração Trabalhada (em 0,10 mm) |
|---------------------|-------------|------------------------------------|-------|---------------------|------------------------------------|
| 000 | Fluida | 445-475 | 2 | Consistência média | 265-295 |
| 00 | Fluida | 400-430 | 3 | Consistência média | 220-250 |
| 0 | Semi-flida | 355-385 | 4 | Consistência média | 175-205 |
| 1 | Semi-fluida | 310-340 | 5 e 6 | Maior consistência | 130-160 |

Fonte: SKF (2014).

2.5.4.1.1. Teste da consistência da graxa

As graxas podem ser classificadas de acordo com sua consistência. Para que seja determinada, utilizamos o método a seguir:

- a) Penetração "Trabalhada" e "Não Trabalhada" (ASTM D217-52T);
- b) Determina-se a consistência da graxa, por meio da distância do cone de trabalho com dimensões padronizadas, penetra na graxa já ensaiada.
- c) A penetração do cone (figura 5) é apresentada em décimos de milímetros e o tempo de ensaio é de 5 segundos para uma temperatura padrão de 25°C;
- d) No caso de graxas muito consistentes, cuja não há como fazer leituras utilizando-se o cone, são usadas agulhas padronizadas e, no caso de graxas pouco consistentes, o cone é de alumínio ou material plástico.



Figura 5: Teste de Penetração.

Fonte: Forlub (2014).

- e) Quando o teste for com penetração não trabalhada a graxa é removida do recipiente e já submetida ao teste, também a temperatura de 25°C;
- f) Quando a graxa necessitar de ser trabalhada, ela é colocada em um aparelho que dará 60 golpes. A graxa trabalhada tem a consistência inferior que a não trabalhada. Com base nesses valores definidos de penetração trabalhada, o "National Lubricating Grease Institute" (N.L.G.I.), criou uma classificação para graxas aceita em todo o mundo, conforme tabela 3.

Tabela 3: Grau NGLI.

| Grau N.L.G.I. | Penetração trabalhada (ASTM) 25°C | Estrutura |
|----------------------|--|-------------------|
| N.L.G.I. 000 | 445/ 475 | Fluida |
| N.L.G.I. 00 | 400/ 430 | Quase fluida |
| N.L.G.I. 0 | 355/ 385 | Extremamente mole |
| N.L.G.I. 1 | 310/ 340 | Muito mole |
| N.L.G.I. 2 | 265/ 295 | Mole |
| N.L.G.I. 3 | 220/ 250 | Média |
| N.L.G.I. 4 | 175/ 205 | Consistente |
| N.L.G.I. 5 | 130/ 160 | Muito consistente |
| N.L.G.I. 6 | 85/ 115 | Extremamente dura |

Fonte: Kluber Lubrication.

2.5.4.2. Viscosidade aparente

Como as características do fluxo dessas graxas não são newtonianas, a relação entre o grau e a tensão de cisalhamento é denominada viscosidade aparente. Quanto maior o cisalhamento, menor a viscosidade aparente da graxa. Esta varia em função da temperatura, mas também sofre influência de fatores, tais como: concentração do engrossador, estrutura, viscosidade do fluido e processo de fabricação.

2.5.4.3. Ponto de gota

As graxas são classificadas com base em seus diversos tipos de características. Uma propriedade fundamental das graxas é o “ponto de gota” (temperatura em que a graxa perde suas propriedades e torna-se líquida novamente). (Nailen, 2002).

É o momento exato em que a graxa muda de seu estado sólido para seu estado líquido; há um teste que determina até qual temperatura a graxa consegue suportar. Para as condições de trabalho, recomenda-se utilizar até 20% a menos da temperatura limite encontrada.

O teste para determinar o ponto de gota é padronizado de acordo com a ASTM. Consistindo em passar a graxa na parte interna de um tubo de vidro. Na parte interna do tubo de vidro é inserido um termômetro, com a função de medir a temperatura no interior do copo. Os dois são montados no interior de um banho de óleo. Sua temperatura deve ser de 60°, observa-se o momento a partir deste banho, em que a graxa irá escorrer.

Neste momento, observam-se as temperaturas em ambos os termômetros: o do banho e do copo. Para determinar o ponto de gota da graxa, deve-se fazer a média entre ambas temperaturas. As graxas apresentam pontos de gota bastante distintos e podem ser classificadas geralmente como pode ser visto na tabela 4:

Tabela 4: Tipos de sabão que constituem a graxa.

| Tipos de Sabão | Ponto de Gota (°C) |
|---|--------------------|
| Graxas de Cálcio | 70 a 120 |
| Graxas de Sódio | 120 a 200 |
| Graxas de Alumínio | 70 a 110 |
| Graxas de Bário | 180 a 260 |
| Graxas de Lítio | 180 a 250 |
| Graxas de Cálcio - Chumbo (Complexo) | 180 a 300 |
| Graxas Especiais de Argila, Sílica, Grafita | 260 ou mais |

Fonte: Carreteiro e Belmiro (2006).

2.5.4.4. Resistência ao cisalhamento (ASTM D-1831)

A graxa quando em trabalho, é constantemente cisalhada. Avaliação de penetração trabalhada de uma graxa, em seguida ao rolamento, indica a medida de sua resistência ao cisalhamento.

2.5.4.5. Separação do óleo durante a armazenagem (ASTM D-1742)

As graxas possuem a tendência de se separar do óleo quando armazenadas por grandes períodos. O teste consiste em separar uma certa quantidade de graxa em uma tela perfurada, de níquel, cônica, a 210°F (98,89 °C). A graxa estará aprovada no teste se, entre 30 a 50 horas, não separar do óleo em um valor superior a 5% de seu peso comparado com o valor de graxa inicial.

2.5.4.6. Estabilidade a oxidação (ASTM D-942)

Como graxas estão expostas a oxidação, é necessário que possuam aditivos antioxidantes. Como a temperatura do ar ambiente é proporcional à velocidade de oxidação, recomenda-se, quando as temperaturas são elevadas, uma frequente troca da graxa.

Um dos métodos de se avaliar essa estabilidade é a norma da “Hoffman BearingCo”, que consiste em oxidar forçadamente a graxa pela injeção de oxigênio a 110 PSI e o conjunto é mergulhado em um banho de óleo a 210°F (98,89 °C) durante 100 horas. O grau de oxidação

é avaliado pela redução da pressão. Geralmente uma queda de 5 PSI indica uma excelente estabilidade à oxidação.

2.5.4.7. Ação de lavagem pela água (ASTM D-1264)

Possui grande importância e influência quando há o risco de contaminação pela água.

2.5.4.8. Bombeabilidade

Capacidade que a graxa contém de fluir quando ocorre o bombeamento. Os fatores que influenciam o bombeamento são: viscosidade do óleo base, o espessante selecionado e qual é a consistência da graxa.

2.5.4.9. Resistência ao trabalho

É a propriedade de assegurar sua consistência inicial após ser submetido a trabalhos forçados.

2.5.5. Aplicações da graxa

A tabela 5 fornece as aplicações da graxa conforme sua composição.

Tabela 5: Aplicações da graxa de acordo com a composição.

| Tipo de graxa | Graxa de lítio | | | Graxa de sódio (graxa de fibra) | Graxa composta de base de cálcio |
|-----------------------|--|---|--|---|---|
| | | | | | Sabão de sódio + cálcio |
| | | | | | (Na + Ca) |
| Espessante | Sabão de lítio (Li) | | | Sabão de sódio (Na) | Sabão de cálcio + lítio |
| | | | | | (Ca + Li) |
| Óleo base | Óleo mineral | Óleo diester | Óleo de silicone | Óleo mineral | Óleo mineral |
| Ponto de gota °C | 170 ~ 190 | 170 ~ 190 | 200 ~ 250 | 150 ~ 180 | 150 ~ 180 |
| Campo de aplicação °C | -30 ~ +130 | -50 ~ +130 | -50 ~ +160 | -20 ~ +130 | -20 ~ +120 |
| Estabilidade mecânica | Excelente | Bom | Bom | Excelente ~ Bom | Excelente ~ Bom |
| Resistência à pressão | Bom | Bom | Pobre | Bom | Excelente ~ Bom |
| Resistência à água | Bom | Bom | Bom | Bom ~ Pobre | Bom ~ Pobre |
| Aplicações | <p>Maior campo de aplicação.</p> <p>Graxa utilizada em todos os tipos de rolamentos.</p> | <p>Excelente a baixas temperaturas e características de desgaste.</p> <p>Apropriado para rolamentos pequenos e miniatura.</p> | <p>Apropriado para altas e baixas temperaturas.</p> <p>Não apropriado em aplicações com altas cargas em função da baixa resistência do filme de óleo</p> | <p>Parte da graxa se emulsiona quando se mistura com água.</p> <p>Excelentes características em temperaturas relativamente altas.</p> | <p>Excelente resistência à pressão e estabilidade mecânica.</p> <p>Apropriado para rolamentos que recebem cargas de choque.</p> |

Fonte: Catálogo do Grupo NTN – Lubrificação (2014).

2.5.6. Espessantes e aditivos

A qualidade de um lubrificante é determinada após a análise de seu desempenho em serviço, este que está relacionado à composição química do lubrificante, do refino correto dos aditivos e da formulação exata.

O desempenho de um lubrificante está diretamente ligado à sua composição química e ao processo de refinamento que o óleo foi submetido, além da adição de aditivos. Ao acrescentar esses aditivos obtém-se uma melhor característica aos lubrificantes, permitindo controlar a sua eficácia e qualidade, além de influência na aplicação do lubrificante.

O sabão utilizado fornece à graxa importantes propriedades, como a resistência à água e à temperatura. Geralmente, sabões de ácidos graxos de lítio, cálcio, alumínio, sódio e bário são utilizados como espessantes. Estes são adicionados para obter maior consistência às graxas,

fazendo com que se reduza a perda do lubrificante quando estão sob operação e aumentado a vedação.

Os espessantes são normalmente conhecidos como “uma esponja que segura o óleo” e os aditivos são os principais componentes nas fórmulas da graxa e exercem importante influência em seu comportamento, ou seja, entram na formulação de óleos e graxas para oferecerem certas propriedades. Pode-se destacar entre os mais comuns:

- a) Aditivos de extrema pressão: estes aditivos são quimicamente mais agressivos que os aditivos antidesgaste. Eles reagem quimicamente com superfícies de metal (ferro) para formar um filme de superfície sacrificial que impede a soldagem e a apreensão de asperezas opostas causadas pelo contato metal-metal (desgaste adesivo). Eles são ativados em altas cargas e pelas altas temperaturas de contato que são criadas. Eles são normalmente usados em óleos de engrenagens e dão àqueles óleos aquele cheiro único e forte de enxofre. Esses aditivos geralmente contêm compostos de enxofre e fósforo (e ocasionalmente compostos de boro).

Eles podem ser corrosivos em relação aos metais amarelos, especialmente em temperaturas mais altas e, portanto, não devem ser usados em engrenagens helicoidais e aplicações similares, onde metais à base de cobre são usados. Alguns aditivos EP à base de cloro existem, mas raramente são usados devido a problemas de corrosão. São acrescentados esses aditivos, quando a pressão ultrapassa o limite máximo da camada de graxa. Normalmente emprega-se aditivos a base de chumbo, sendo possível a utilização do molibdênio, grafite e óxido de zinco, porém, estes não são os mais indicados para utilização em mancais de rolamento.

- b) Aditivos para adesividade: aplicados em graxas de chassis, equipamentos de alta vibração ou em engrenagens, onde a rotação pode vir expulsar a graxa. Para esta finalidade, utiliza-se aditivos, por exemplo polímeros orgânicos ou látex, pois permitem o “fio” das graxas;
- c) Aditivos para melhoria da viscosidade: os melhoradores do índice de viscosidade são aditivos de polímeros muito grandes que impedem parcialmente o desgaste do óleo (perda de viscosidade) acompanhando o aumento da temperatura. Esses aditivos são usados extensivamente na mistura de óleos de motor de vários graus, como SAE 5W-30 ou SAE 15W-40.

Eles também são responsáveis por um melhor fluxo de óleo em baixas temperaturas, resultando em redução de desgaste e maior economia de combustível.

- d) Aditivos antioxidantes: a oxidação é o ataque geral dos componentes mais fracos do óleo base pelo oxigênio no ar. Ocorre em todas as temperaturas o tempo todo, mas é acelerado em temperaturas mais altas e pela presença de água, desgaste de metais e outros contaminantes.

Em última análise, os ácidos (que produzem corrosão) e o lodo (que resulta em depósitos de superfície e aumento de viscosidade) se formam. Inibidores de oxidação, como também são chamados, são usados para prolongar a vida do óleo.

Eles são aditivos sacrificiais que são consumidos enquanto cumprem seu dever de retardar o início da oxidação, protegendo assim o óleo base. Eles estão em praticamente todas as graxas lubrificantes e óleos. Aplicados em mancais de rolamentos, pois estes possuem longas jornadas de trabalho e com temperaturas elevadas, necessitando de oxidantes para não se tornarem corrosivas.

- e) Aditivos anticorrosivos e antiferrugem: aplicados em mancais de rolamento onde há presença de água. São acrescentados para impedir a ação dos ácidos formados pela ação da água;
- f) Aditivos antidesgaste: esses aditivos são normalmente usados para proteger as peças da máquina contra desgaste e perda de metal durante as condições de lubrificação limite. Eles são aditivos polares que se ligam a superfícies metálicas de atrito.

Eles reagem com as superfícies metálicas quando o contato metal-metal ocorre em condições de lubrificação mista e de contorno. São ativados pelo calor do contato para formar um filme que minimiza o desgaste. Eles também ajudam a proteger o óleo base da oxidação e do metal contra danos por ácidos corrosivos.

Estes aditivos tornam-se “esgotados” executando sua função, após o que o dano do desgaste do adesivo aumentará. São compostos tipicamente de fósforo, sendo os mais comuns o dialquilditiofosfato de zinco.

- g) Aditivos detergentes: executam duas funções, ajudam a manter os componentes de metal quente livres de depósitos (limpos) e neutralizam os ácidos que se formam no óleo. Os detergentes são usados principalmente em óleos para motores e são alcalinos ou básicos por natureza.

Eles formam a base da alcalinidade de reserva de óleos de motor, que é referida como o número base. Eles são tipicamente materiais de química de cálcio e magnésio. Os detergentes à base de bário foram usados no passado, mas raramente são usados agora.

Uma vez que estes compostos metálicos deixam um depósito de cinzas quando o óleo é queimado, eles podem causar resíduos indesejados para formar em aplicações de alta

temperatura. Um aditivo de detergente é normalmente usado em conjunto com um aditivo dispersante.

- h) Aditivos dispersantes: dispersantes são encontrados principalmente no óleo do motor com detergentes para fazer com que os motores estejam limpos e livres de depósitos. A principal função dos dispersantes é manter as partículas de fuligem do motor diesel finamente dispersas ou suspensas no óleo (com menos de 1 micrão de tamanho).

O objetivo é manter o contaminante suspenso e não permitir que ele se aglomere no óleo, minimizando danos e podendo ser realizado durante uma troca de óleo. Dispersantes são geralmente orgânicos e sem cinzas. Como tal, eles não são facilmente detectáveis com a análise convencional de óleo.

A combinação de aditivos detergentes com dispersantes permite que mais compostos ácidos sejam neutralizados e mais partículas contaminantes permaneçam suspensas. Como esses aditivos desempenham suas funções de neutralização de ácidos e suspensão de contaminantes, eles acabarão excedendo sua capacidade, o que exigirá uma troca de óleo.

- i) Aditivos modificadores de fricção: os modificadores de fricção são normalmente usados em óleos de motor e fluidos de transmissão automática para alterar o atrito entre os componentes do motor e da transmissão. Nos motores, a ênfase está na redução do atrito para melhorar a economia de combustível.

Nas transmissões, o foco é melhorar o engajamento dos materiais da embreagem. Modificadores de atrito podem ser considerados como aditivos antidesgaste para cargas mais baixas que não são ativadas por temperaturas de contato.

- j) Aditivos demulsificadores: os aditivos anti-emulsionantes evitam a formação de uma mistura óleo-água estável ou uma emulsão alterando a tensão interfacial do óleo, de modo que a água se aglomere e se separe mais facilmente do óleo. Esta é uma propriedade fundamental para lubrificantes expostos ao vapor ou à água, de modo que a água livre possa se depositar e ser facilmente drenada em um reservatório;

- k) Aditivos emulsificadores: emulsificadores são usados em fluidos de trabalho de metais à base de óleo e fluidos resistentes ao fogo para ajudar a criar uma emulsão óleo-água estável. O aditivo do emulsionante pode ser considerado como uma cola que liga o óleo e a água, porque normalmente eles gostariam de se separar devido à tensão interfacial e às diferenças na gravidade específica.

Mais aditivo nem sempre é melhor. À medida que mais aditivo é misturado ao petróleo, às vezes não há mais benefícios, e às vezes o desempenho realmente se deteriora. Em outros casos, o desempenho do aditivo não melhora, mas a duração do serviço melhora.

Aumentar a porcentagem de um determinado aditivo pode melhorar uma propriedade de um óleo e, ao mesmo tempo, degradar outro. Quando as concentrações especificadas de aditivos se tornam desequilibradas, a qualidade geral do óleo pode ser afetada.

Alguns aditivos competem uns com os outros pelo mesmo espaço em uma superfície de metal. Se uma alta concentração de um agente anti-desgaste é adicionada ao óleo, o inibidor de corrosão pode se tornar menos eficaz. O resultado pode ser um aumento nos problemas relacionados à corrosão, como pode ser visto na tabela 6.

Tabela 6: Composição da graxa.

| ÓLEOS BASE | ESPESSANTE | ADITIVOS |
|-------------------------|-----------------------|---------------------------------------|
| Óleos minerais | Sabão de sódio | Anti-oxidantes |
| Óleos sintetizados | Sabão de cálcio | Agentes Anti-desgaste |
| Óleos vegetais | Sabão de lítio | Agentes de Extrema Pressão (EP) |
| Ésteres orgânicos | Sabão de alumínio | Inibidores de corrosão |
| Ésteres fosfatados | Complexos de sódio | Melhoradores do Índice de Viscosidade |
| Polialfaolefinas | Complexos de cálcio | |
| Poliglicóis | Complexos de lítio | |
| Silicones fluoretados | Complexos de alumínio | |
| Silicones clorotados | Complexos de bário | |
| Álcoois Perfluoroalquil | Carbono/grafite | |
| | Poliuréia | |
| | Poliétileno | |

Fonte: Cousseau, 2009.

2.5.6.1. Classificação quanto ao sabão metálico

As características das graxas são oriundas do agente espessante de que são compostas, em graxas comuns é utilizado sabão metálico como os de sódio, cálcio e lítio. Outros tipos como os de argilas ou sílica-gel são pouco empregados devido ao alto custo.

2.5.6.1.1. Graxa a base de sabão de sódio (Na)

Graxas a base de sabão de sódio possuem ótimas propriedades de vedação, aderência e proteção contra ferrugem. Porém, ao ser usada como proteção contra ferrugem reduz a sua eficiência de lubrificação. Não devem ser usadas em aplicações úmidas, havendo o risco da mesma ser expelida do rolamento.

A principal vantagem desse tipo de sabão metálico é a grande resistência a altas temperaturas que ele oferece, podendo ser usada até 90-120°C, em geral seu ponto de gota fica por volta de 175°C. Em condições de bombeamento, são inferiores às de cálcio.

2.5.6.1.2. Graxa a base de cálcio (Ca)

Tem uma estrutura bem parecida com a da manteiga, apresentando excelente estabilidade mecânica, que é uma importante propriedade da graxa, são estáveis com 1 a 3% de água, não são dissolvidas em água, não devem ser usadas em altas temperatura de trabalho, superiores a 60°C. Seu ponto de gota é de 65°C a 105°C, sendo indicada para instalações com exposição a água, tem boa proteção contra água salgada podendo ser usada em ambientes marinhos. Sua maior vantagem é a resistência a água e muitas vezes ela mesma está presente em sua composição, sendo utilizada como estabilizante. (Carreteiro; Belmiro, 2006).

As fibras do sabão de cálcio são muito curtas e dão a graxa uma textura amanteigada. São largamente utilizadas em pistolas e copos para lubrificação de mancais operando em temperaturas normais e com cargas medianas, não sendo recomendadas para grandes pressões e elevadas temperaturas. (Carreteiro; Belmiro, 2006).

2.5.6.1.3. Graxa a base de lítio (Li)

Tem a maioria das vantagens de graxas com sua base de sódio e cálcio, e quase nenhuma das desvantagens. Sua estabilidade em altas temperaturas é excelente, sendo utilizada em trabalhos com temperaturas de até 140°C, e seu ponto de gota é por volta de 180°C. Não possuem resistência a ferrugem, a menos que sejam aditivadas e tem tendência à se separar do óleo, quando expostas a pressão. As propriedades EP de uma graxa de Lítio podem ser melhoradas com a adição de chumbo. (Carreteiro; Belmiro, 2006).

2.5.6.1.4. Graxas de alumínio

Sua temperatura máxima é equivalente à das graxas de cálcio. Em geral as graxas de alumínio tornam-se gomosas quando quentes, tornando-se impróprias para uso. Possuem boa resistência a água, elevada adesividade natural e boa aparência.

2.5.6.1.5. Graxas de complexo de cálcio e chumbo

São muito versáteis em seus ramos de utilização, possuindo alto ponto de gota, elevada resistência ao calor, boas propriedades EP e possuem resistência à água, mas são muito sensíveis nas variações de fabricação, portanto seu processo de obtenção é bastante delicado. Tendem a engrossar de acordo com o uso, quando o teor de sabão for elevado, por isso deve-se empregar nesses casos uma consistência menor do que a normalmente exigida. A tendência para que espesse se manifesta quando está em contato com água.

2.5.6.1.6. Graxas sem sabão

Há graxas que o espessante não é um sabão metálico e sim argilas modificadas ou sílica-gel. O processo de fabricação deste tipo se difere das demais, pois há a necessidade de passar a argila ou a sílica-gel em moinhos para que se formem partículas micrométricas que gerem gel com o óleo. É necessário acrescentar um agente de ligação para que se evite a quebra estrutura quando em presença de água.

As graxas com base em argila são resistentes a água e possuem ótima proteção contra desgaste, mas não oferecem bons resultados quando avaliadas para a corrosão. Devem ser feitas a partir de óleos viscosos, pois quando feita com um óleo fino, tendem-se a separar sob alta pressão e a graxa se dissolve mais fácil. Já as graxas a base de sílica-gel apresentam excelentes características contra o desgaste e resistência a temperatura similar as graxas de sódio, porém não resistem à água, a não ser quando aditivadas.

A graxa geralmente é composta de 70 a 95% de óleo básico (óleo mineral, fluído sintético, óleo vegetal), de 3 a 30% de espessante (sabões metálicos simples, sabões metálicos complexos, espessantes não sabões) e de 0 a 10% de aditivos (que conferem as propriedades a graxa).

De acordo com a tabela 7 temos como os aditivos acrescentados adquirem propriedades diferentes:

Tabela 7: Propriedade dada a graxa de acordo com o aditivo.

| | Alumínio | Sódio | Cálcio - Convencional | Cálcio - Anidro | Complexo de Lítio | Complexo de Alumínio | Complexo de Cálcio |
|--------------------------|-------------------------|---|---------------------------------|---|---|---|----------------------|
| Ponto de Gota (°C) | 57 - 62 | 80 - 96 | 127+ | 127+ | 127+ | 243 | 127+ |
| Temp. Máxima de Uso (°C) | 43 | 57 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 |
| Resistência a Água | Excelente | Boa | Boa a Excelente | Razoável a Excelente | Boa a Excelente | Boa a Excelente | Razoável a Excelente |
| Estabilidade ao Trabalho | Boa a Excelente | Boa a Excelente | Boa a Excelente | Razoável a Excelente | Boa a Excelente | Ruim a Boa | Razoável a Excelente |
| Estabilidade a Oxidação | Razoável a Excelente | Razoável a Excelente | Razoável a Excelente | Ruim a Boa | Razoável a Excelente | Boa a Excelente | Boa |
| Proteção Contra Ferrugem | Ruim a Excelente | Ruim a Excelente | Boa a Excelente | Razoável a Excelente | Razoável a Excelente | Razoável a Excelente | Ruim a Excelente |
| Bombeabilidade | Razoável a Excelente | Razoável a Excelente | Razoável a Excelente | Ruim a Razoável | Boa a Excelente | Boa a Excelente | Boa |
| Separação do Óleo | Boa | Boa a Excelente | Boa a Excelente | Boa a Excelente | Boa a Excelente | Boa a Excelente | Boa a Excelente |
| Aparência | Suave | Suave | Suave | Suave | Suave | Suave | Suave |
| Outras Propriedades | Graus EP disponíveis | Graus EP disponíveis Reversível | Graus EP disponíveis Reversível | EP e Anti Desgaste | Graus EP disponíveis | Graus EP disponíveis | |
| Princípio das Aplicações | Militar - Multi Serviço | Multi Serviço - Automotivo - Industrial | Multi serviço - Industrial | Multi Serviço - Automotivo - Industrial | Multi Serviço - Automotivo - Industrial | Multi Serviço - Automotivo - Industrial | Alta Temperatura |

Fonte: Noria Corporation.

2.6. Sistema Centralizado de Lubrificação

O sistema centralizado foi introduzido em meados da década de 1930, desde então muitas pesquisas foram realizadas a fim de resolver os problemas com fluidos lubrificantes viscosos como a graxa, para fornecer o fluido adequadamente aos seus pontos designados. Com os avanços tecnológicos foram criados os sistemas de lubrificação centralizada de hoje com forma de entrega mais precisas para uma vasta área de aplicações industriais.

Os parâmetros de projeto dos sistemas de graxa centralizada incluem o volume e a frequência de graxa necessária em cada ponto, o número de pontos que exigem graxa, condições de operação, pressão da bomba, diâmetro da linha e distância até os pontos de graxa.

O sistema centralizado é um método de lubrificação a partir de óleo ou graxa com a finalidade de lubrificar os pontos de lubrificação em vários locais a partir de uma bomba. O sistema permite o abastecimento da quantidade necessária de lubrificante, fazendo com que se reduza gastos com pessoal para a lubrificação. A operação de um sistema centralizado inclui:

O controlador do sistema e os injetores são predefinidos para fornecer uma quantidade necessária de lubrificante em um intervalo determinado. Para fornecer esse lubrificante, a

ativação da bomba é feita pelo controlador, através de um solenóide de ar. Isso cria pressão nas linhas, fazendo com que a graxa flua nos injetores. Um interruptor de pressão é incorporado no sistema para desarmar a bomba logo que a injeção de lubrificante estiver completa.

Na última etapa deste processo, o sistema direciona qualquer lubrificante remanescente nas linhas de volta para o reservatório por ventilação. Possuindo os componentes: bomba e manômetro, conexões, válvulas e porcas de compressão, joelhos, acoplamentos e uniões.

O uso de sistemas de lubrificação centralizada para o fornecimento de graxa ou óleo circulante para componentes que necessitam de lubrificação está aumentando dramaticamente. Esses tipos de sistemas são agora usados em equipamentos industriais móveis e fixos, em equipamentos de processo e linha de produção e em máquinas-ferramenta.

O sistema de lubrificação pode ser manual ou automático. No tipo manual, um funcionário é o responsável por injetar lubrificante. Na maior parte das vezes, é aplicada alta quantidade de lubrificante para diminuir o número de intervenções no equipamento. São utilizados na lubrificação de pontos com média frequência, e quase sempre são circuitos pequenos, como não é sempre necessário o retorno do óleo, são indicados para o sistema de perda total.

Na aplicação automática é possível assegurar a periodicidade de aplicação e a quantidade correta do lubrificante. Uma vantagem da aplicação automática é assegurar que o lubrificante foi aplicado por todas as partes do equipamento. São utilizados quando deve haver uma lubrificação contínua, por meio de um dispositivo ligado ao motor permitindo controlar a quantidade de operações por hora de trabalho.

Como as principais vantagens de aplicar um sistema de lubrificação centralizada, temos:

- Maior confiabilidade da máquina;
- Custo de mão-de-obra reduzido para aplicação de lubrificante;
- Redução do tempo de parada de máquinas para aplicação de lubrificante;
- Uso mais eficiente de lubrificantes;
- Custo reduzido de lubrificantes devido ao uso eficiente;
- Melhor lubrificação geral das máquinas;
- Redução do desperdício de lubrificante através do consumo controlado;
- Instalações e maquinaria potencialmente mais limpas devido à redução de derrames.

Há também algumas desvantagens, especialmente se o pessoal de operação e manutenção cair na armadilha comum de acreditar que um sistema de lubrificação centralizada

resolverá todos os problemas de lubrificação e deixar de inspecionar cuidadosamente e manter o sistema adequadamente.

Uma segunda desvantagem é que um sistema mal projetado ou mantido pode fazer com que algumas pessoas ajustem incorretamente os componentes do sistema e criem mais defeitos. O ponto a ser lembrado é que um sistema de lubrificação centralizada é outro componente da máquina e deve ser periodicamente inspecionado e mantido como qualquer outro.

Baseado na DIN ISO 1219 e/ou DIN 24271 o sistema centralizado tem os seguintes princípios de funcionamento: orifício, névoa e ar-óleo, linhas múltiplas, sendo o progressivo, linha simples, linha dupla os mais usuais e conhecidos.

2.6.1. Componentes e funcionamento do sistema centralizado

Um sistema básico de lubrificação centralizada é composto por um reservatório (para manter o óleo ou graxa), uma bomba (para fornecer fluxo ao sistema), uma válvula de controle (para direcionar o lubrificante através de várias linhas), uma válvula de medição ou válvulas (para medir e direcionar o lubrificante para os componentes que devem ser lubrificados) e uma válvula ou linha de alívio (para fazer com que o lubrificante em excesso retorne ao reservatório).

Em alguns sistemas, chamados sistemas diretos, a bomba serve para pressurizar o lubrificante e também para medi-lo nos pontos de aplicação. Outros, chamados de sistemas indiretos, usam uma bomba para fornecer lubrificante pressurizado, mas com válvulas de medição em cada ponto de aplicação.

Existem dois tipos básicos de sistemas indiretos: paralelos ou em série. Sistemas paralelos, também chamados de tipos "não progressivos", usam válvulas de medição que são acionadas por um sistema de bombeamento que leva a linha de distribuição principal até a pressão de operação. As válvulas de medição operam simultaneamente.

Sistemas de série ou "progressivos" contêm válvulas de medição em linha. Depois que a linha principal é trazida à sua pressão de operação, a primeira válvula opera e, em seguida, o fluxo de lubrificante passa para cada válvula subsequente. Nesse sistema, se uma válvula falhar, todas elas deixarão de funcionar.

2.6.2. Tipos de sistemas centralizados

2.6.2.1. Sistema de linha simples

É um sistema utilizado em máquinas de médio e pequeno porte. Geralmente composto por bombas elétricas, manuais ou pneumáticas. Ao acionar a bomba, o lubrificante é deslocado, aumentando a pressão na linha. Fazendo que os dosadores, acionados pelo lubrificante, insiram óleo nos pontos de lubrificação. Terminando a pressurização, a pressão na linha principal é aliviada. Logo, os pistões voltam à sua posição de origem. O retorno acontece através de uma mola, permitindo a recarga para o ciclo seguinte. A ligação é paralela entre a linha principal e os dosadores, ou seja, os dosadores estão localizados fora da linha principal.

2.6.2.2. Sistema de linha dupla

No sistema de linha dupla há duas principais linhas: uma para que haja o acionamento e outra para retorno dos dosadores. A válvula direcional pressuriza alternadamente uma linha e a outra. Esse sistema não possui molas, gaxetas ou outras peças que se desgastam facilmente. Permitindo que o sistema opere por vários anos sem problemas com manutenção.

O sistema de lubrificação centralizado pode ser operado tanto manual como automaticamente. Nos casos automáticos, controladores elétricos e eletrônicos controlam seu funcionamento e monitoram a frequência dos intervalos de lubrificação. Os tipos de bombas a ser utilizadas nesses sistemas podem ser manuais, elétricas ou pneumáticas. A ligação é paralela entre os dosadores e a linha principal.

2.6.2.3. Sistema progressivo

É composto por uma bomba ligada a um número de dosadores interligados. Esses dosadores são modulares, constituídos por seções superpostas. Cada um desses dosadores contém orifícios, canais para o fluxo do lubrificante, e um pistão. Mesmo sendo idênticas, as seções tem pistões com diversos diâmetros, conforme a quantidade necessária para cada um dos pontos. No sistema progressivo, sempre os pistões estão localizados na linha principal.

3. METODOLOGIA

Buscando otimizar e gerir as etapas do projeto, foi utilizado o fluxograma da figura 6 que permite maior organização, além de apontar os pontos importantes do projeto.

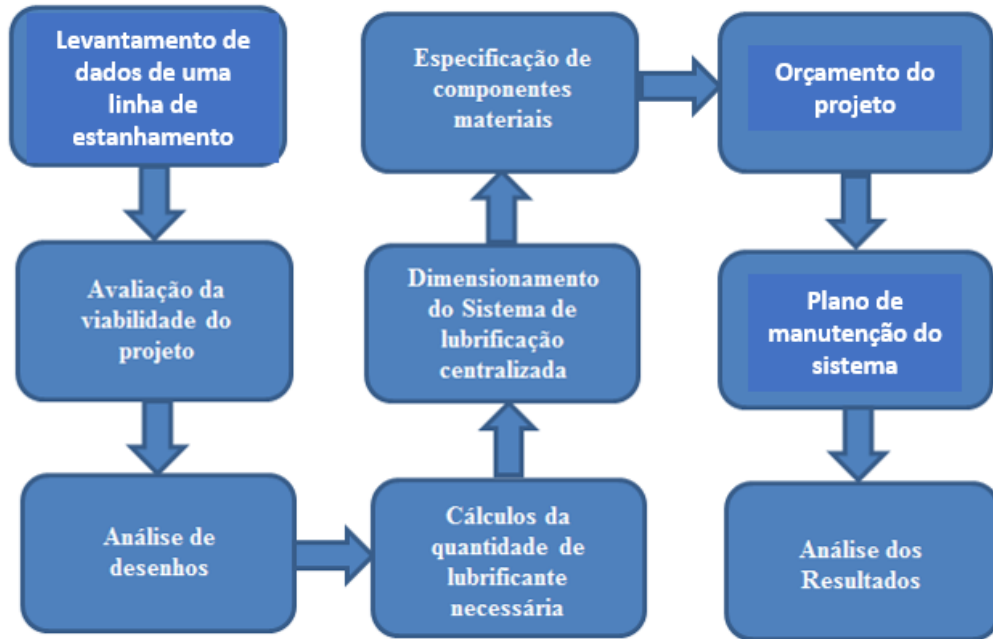


Figura 6: Fluxograma do processo de desenvolvimento do projeto.

Fonte: Elaborado pelos autores.

3.1. Desenvolvimento

- a) O levantamento de dados de uma linha de estanhamento sobre paradas relacionadas à lubrificação (manutenções preventivas ou quebras) e da situação atual do processo, cuja lubrificação é feita manualmente e depende da parada da linha. Ao depender do sistema manual, não se pode assegurar o volume de lubrificante que está sendo inserida no mancal, podendo gerar excesso ou falta de graxa. Outro ponto é a exposição dos trabalhadores ao ambiente com ácidos, e com a instalação do sistema centralizado, esse contato será reduzido.
- b) A avaliação da viabilidade do projeto foi feita através da relação entre o tempo necessário para execução da atividade, atualmente feita manualmente, e da mão de obra necessária para realizá-las com a situação após a implantação do projeto. Através do sistema centralizado, reduz-se a mão de obra da atividade, podendo esta, ser aproveitada

em outras atividades. Outro ponto, é a garantia da quantidade de lubrificante que está sendo inserida, pois ao ser realizada manualmente não se tem a precisão, que o sistema centralizado oferece.

- c) A análise dos desenhos permitiu iniciarmos os cálculos, pois estes são baseados nos diâmetros dos rolamentos utilizados, neste caso, o autocompensador de rolos – furo cônico – 22224 EK – SKF. Também serviu para dar a base necessária para verificarmos se há espaço suficiente para implantação da bomba no local. Através de medidas realizadas no local, como distância entre rolos e a temperatura de operação, foi possível se ter base para os cálculos.
- d) Os cálculos da quantidade de lubrificante necessária foram feitos em conjunto com a análise dos desenhos e de tabelas com especificações de distribuidores de graxas, sendo o catálogo da Eximport utilizado como base para a seleção dos distribuidores e da bomba elétrica. Para a seleção da graxa utilizou-se o boletim técnico da ROCOL Turmaline, que foi o lubrificante selecionado para o projeto.
- e) O dimensionamento do sistema de lubrificação centralizado, foi feito após os cálculos da quantidade de lubrificantes necessária, com base nas medidas obtidas na área. Em seguida, foram selecionados os distribuidores, onde se viu a necessidade do BM-50, não só pela facilidade na manutenção, mas também pela vazão oferecida. Ao obter esses dados, foi possível dimensionar a tubulação levando em consideração a perda de carga da linha principal. A seleção da bomba foi dada levando em consideração a pressão necessária para o correto funcionamento da linha e da vazão requerida. Após especificados os componentes do sistema, foi possível verificar a autonomia do reservatório, o que determina o intervalo de abastecimento da bomba.
- f) A especificação dos componentes materiais, foi possível após verificação do comprimento das tubulações primárias e secundárias e da especificação da bomba e do distribuidor a serem utilizados, bem como a quantidade e o tipo de graxa a ser utilizado;
- g) O orçamento do projeto foi realizado após a conclusão da especificação dos materiais, verificando o custo total dos componentes para a implantação do projeto;
- h) O plano de manutenção foi elaborado, visando manter o funcionamento do sistema, desenvolvendo uma manutenção preventiva eficaz. Para isso, levou-se em consideração todos os componentes do sistema e os respectivos pontos fracos de cada um, podendo assim, ficar atento durante as inspeções para itens específicos;

- i) A análise dos resultados levou em consideração os benefícios que o sistema trará para a seção na qual será implantado, aumentando a segurança e otimizando a lubrificação no equipamento.

4. DESENVOLVIMENTO/ ESTUDO DE CASO

4.1. Informações Iniciais

4.1.1. Linha de estanhamento eletrolítico

A seguir, temos os dados da linha de estanhamento eletrolítico, onde o sistema centralizado de lubrificação será implantado:

- O rolamento aplicado nos mancais dos rolos submersos é o autocompensador de rolos com furo cônico série 22224;
- A relação de velocidade das linhas de estanhamento eletrolítico são:
 - 100 m/min – Baixa Velocidade;
 - 240 m/min – Média Velocidade;
 - Acima de 320 m/min com limite de 500 m/min – Alta Velocidade.
- O diâmetro do rolo submerso é de 460 mm.

4.1.2. Especificação do rolamento

Segundo o catálogo SKF, o rolamento utilizado nos mancais dos rolos submersos é o seguinte: rolamento autocompensador de rolos – furo cônico – 22224 EK – SKF. A seguir, temos suas especificações:

- Marca: SKF;
- Grupo: Rolamentos autocompensadores de rolos;
- Subgrupo: Rolamentos autocompensadores de rolos – furo cônico;
- Código: 22224 EK;
- Diâmetro externo: 215 mm;
- Diâmetro interno: 120 mm;
- Largura: 58 mm;
- Peso: 8,5 Kg.

4.2. Memória de Cálculo

4.2.1. Rotação do rolamento

Dados:

- $n \rightarrow$ Rotação do rolamento – RPM;
- $Vl = 410 \text{ m/min} \rightarrow$ Velocidade da linha de estanhamento (Utilizamos a velocidade de 410 m/min, sendo uma média entre os valores máximo e mínimo para alta velocidade);
- $D = 460 \text{ mm} \rightarrow$ Diâmetro do rolo submerso.

$$n = \frac{Vl \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{410 \cdot 1000}{\pi \cdot 460} = 283,71 \text{ RPM}$$

4.2.2. Lubrificação inicial dos rolos submersos

A primeira lubrificação dos rolos submersos deve ser feita de forma a preencher todo o espaço livre do mancal, a fim de garantir que o dimensionamento para relubrificação seja eficaz. Esse procedimento é realizado através do acionamento, manual, da bomba elétrica até que a graxa chegue ao último mancal. Essa operação será feita pelo responsável da atividade, que passará a bomba para automático ao final da lubrificação dos mancais. A partir desse momento, a bomba irá operar de acordo com tempo determinado para a relubrificação.

4.2.3. Quantidade de graxa para relubrificação por rolamento – Método 1

Dados:

- $Gr \rightarrow$ Quantidade de graxa por rolamento – g;
- $de = 215 \text{ mm} \rightarrow$ Diâmetro externo do rolamento;
- $L = 58 \text{ mm} \rightarrow$ Largura total do rolamento;
- $0,005 \rightarrow$ Constante.

$$Gr = 0,005 \cdot de \cdot L = 0,005 \cdot 215 \cdot 58 = 62,35 \text{ g}$$

4.2.4. Produto dos fatores de correção

De acordo com a tabela 8, podemos determinar os fatores de correção.

Tabela 8: Fatores do intervalo de relubrificação.

| Condição | Média da Faixa de Operação | Fator de Correção |
|----------------------------|--|--------------------------|
| Temperatura Ft | Carcaça abaixo de 65 °C | 1.0 |
| | 65 a 80 °C | 0.5 |
| | 80 a 93 °C | 0.2 |
| | Acima de 93 °C | 0.1 |
| Contaminação Fc | Leve, pó não abrasivo | 1.0 |
| | Severo, pó não abrasivo | 0.7 |
| | Leve, pó abrasivo | 0.4 |
| | Severo, pó abrasivo | 0.2 |
| Umidade Fm | Umidade abaixo de 80% | 1.0 |
| | Umidade entre 80 e 90% | 0.7 |
| | Condensação ocasional | 0.4 |
| | Água ocasionalmente na carcaça | 0.1 |
| Vibração Fv | Velocidade pico menor que 0.2 ft/s | 1.0 |
| | 0.2 a 0.4 ft/s | 0.6 |
| | Acima de 0.4 | 0.3 |
| | | |
| Posição Fp | Horizontal | 1.0 |
| | 45 graus | 0.5 |
| | Vertical | 0.3 |
| Desenho do rolamento Fd | Rolamento de esferas | 10 |
| | Rolamentos cilíndricos e de agulhas | 5.0 |
| | | 1.0 |
| | Rolamentos cônicos e esféricos | |

Fonte: Elaborado pelos autores.

Dados:

- $K \rightarrow$ Produto dos fatores de correção – Adimensional;
- $F_t = 0,5 \rightarrow$ Fator de temperatura: 65 °C a 80 °C;
- $F_c = 0,7 \rightarrow$ Fator de contaminação: severo, pó não abrasivo;
- $F_m = 0,4 \rightarrow$ Fator de umidade: condensação ocasional;
- $F_v = 0,3 \rightarrow$ Fator de vibração: acima de 0.4ft/s;
- $F_p = 1 \rightarrow$ Fator de posição: horizontal;
- $F_d = 1 \rightarrow$ Fator de desenho do rolamento: rolamentos cônicos e esféricos.

$$K = F_t . F_c . F_m . F_v . F_p . F_d = 0,5 . 0,7 . 0,4 . 0,3 . 1 . 1 = 0,042$$

4.2.5. Intervalo de relubrificação dos rolamentos

Dados:

- $T \rightarrow$ Tempo até a próxima relubrificação – h;
- $K = 0,042 \rightarrow$ Produto dos fatores de correção;
- $n = 283,71$ RPM \rightarrow Rotação do rolamento;
- $d_i = 120$ mm \rightarrow Diâmetro interno do rolamento.

$$T = K . \left[\left(\frac{14\ 000\ 000}{n . d_i^{0,5}} \right) - 4 . d_i \right] = 0,042 . \left[\left(\frac{14\ 000\ 000}{283,71 . 120^{0,5}} \right) - 4 . 120 \right] = 168h = 7 \text{ dias}$$

4.2.6. Quantidade de graxa para relubrificação por rolamento – Método 2

Dados:

- $Gr \rightarrow$ Quantidade de graxa por rolamento – g;
- $d_e = 215$ mm \rightarrow Diâmetro externo do rolamento;
- $c = 2 \rightarrow$ Número de carreiras do rolamento;
- $0,0025 \rightarrow$ Constante.

$$Gr = 0,0025 . d_e . c = 0,0025 . 215 . 2 = 1,075 \text{ cm}^3 / 4h$$

4.2.7. Definição da quantidade de graxa para relubrificação por rolamento

Após utilizou-se dois parâmetros para determinarmos a quantidade de graxa necessária para a relubrificação de cada rolamento, vamos adotar o maior valor encontrado, de 62,35 gramas a cada 7 dias, como forma de garantirmos que a lubrificação dos rolamentos seja feita de maneira adequada e eficaz, e que a graxa antiga seja substituída pela nova, assegurando suas funções, reduzindo o atrito, protegendo a superfície do rolamento e impedindo a entrada de contaminantes.

4.2.8. Diâmetro médio do rolamento

Dados:

- $dm \rightarrow$ Diâmetro médio do rolamento – mm;
- $d_e = 215 \text{ mm} \rightarrow$ Diâmetro externo do rolamento;
- $d_i = 120 \text{ mm} \rightarrow$ Diâmetro interno do rolamento.

$$dm = \frac{d_e + d_i}{2} = \frac{215 + 120}{2} = 167,5 \text{ mm}$$

4.2.9. Seleção da graxa

4.2.9.1. Fator de rotação

Dados:

- DN → Fator de rotação – mm/min;
- $dm = 167,5$ mm → Diâmetro médio do rolamento;
- $n = 283,71$ RPM → Rotação do rolamento.

$$DN = dm \cdot n = 167,5 \cdot 283,71 = 47\,521,43 \text{ mm/min}$$

4.2.9.2. Análise do fator de rotação

Analisando a tabela 9 para classificação do fator de rotação, podemos classificá-lo como baixo, para o valor encontrado acima, de 47 521,43 mm/min. Logo, como a classificação do fator de rotação foi baixa, esse fator não é levado em consideração para determinar a graxa a ser utilizada.

Tabela 9: Classificação do fator de rotação.

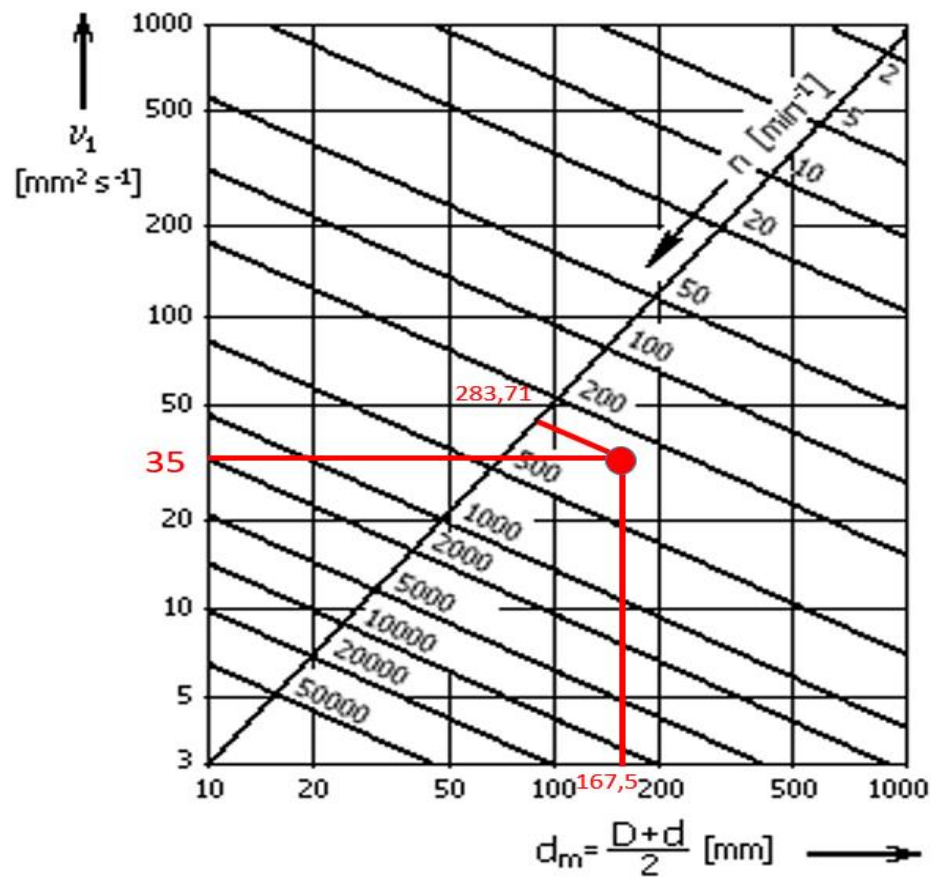
| Classificação | Fator DN (mm/min) |
|----------------------|--------------------------|
| Muito baixo | < 40 000 |
| Baixo | 40 000 – 90 000 |
| Médio | 90 000 – 500 000 |
| Alto | 500 000 – 1 000 000 |
| Muito alto | 1 000 000 – 1 500 000 |
| Ultra alto | 1 500 000 – 3 000 000 |

Fonte: Elaborado pelos autores.

4.2.9.3. Viscosidade nominal do óleo

Analisando o gráfico 1, com base na rotação e no diâmetro médio do rolamento, 283,71 RPM e 167,5 mm, respectivamente, é possível determinar a viscosidade nominal do óleo que a graxa a ser utilizada deve conter. Logo, temos que sua viscosidade nominal deve ser de 35 mm²/s.

Gráfico 1: Gráfico de viscosidade nominal do óleo.

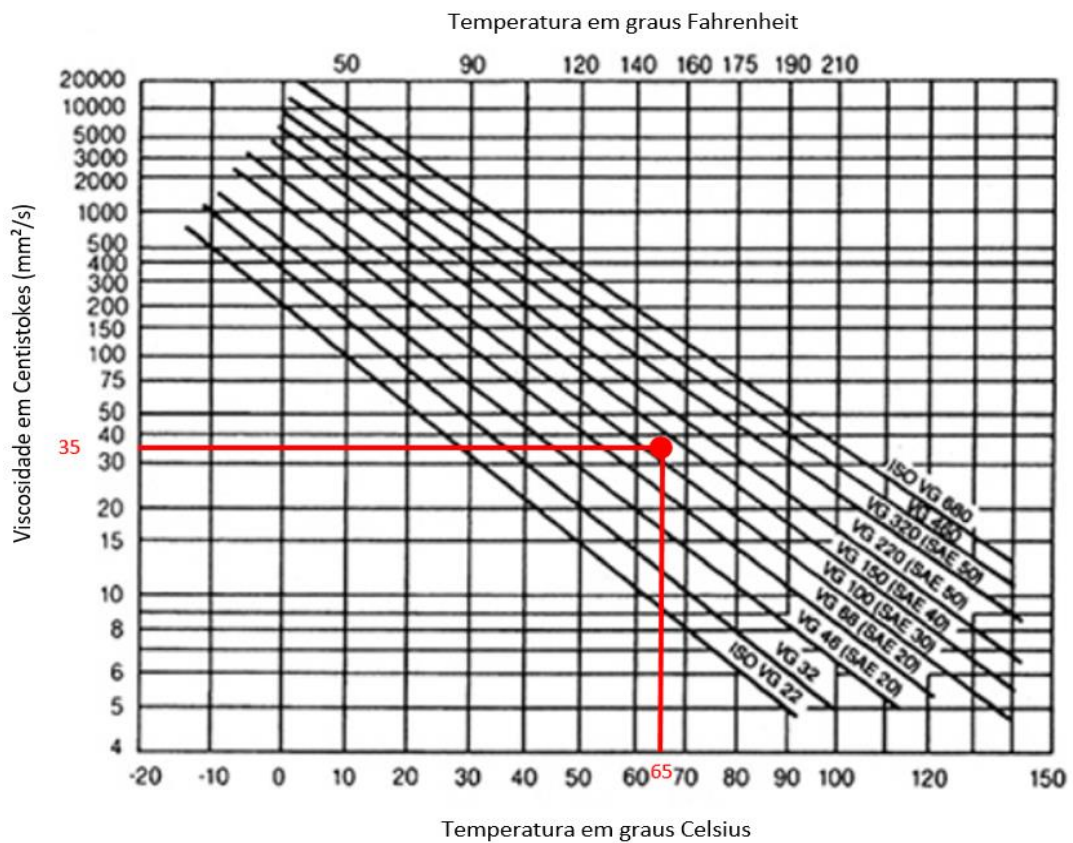


Fonte: Editado pelos autores.

4.2.9.4. Viscosidade operacional do óleo

Analisando o gráfico 2, de viscosidade operacional do óleo, e com base na viscosidade nominal que o óleo contido na graxa deve conter e na temperatura máxima de funcionamento do rolamento, 35 mm²/s e 65 °C, respectivamente, é possível determinar a viscosidade na qual o óleo trabalha. Logo, temos que a viscosidade operacional do óleo está entre VG 100 e VG 150. Logo, vamos adotar o VG 150, ou seja, 150 mm²/s ou centistokes, como forma de assegurar a eficácia da película do óleo caso haja um aumento de temperatura indesejado.

Gráfico 2: Gráfico de viscosidade operacional do óleo.



Fonte: Editado pelos autores.

4.2.9.5. Relação entre as viscosidades

Dados:

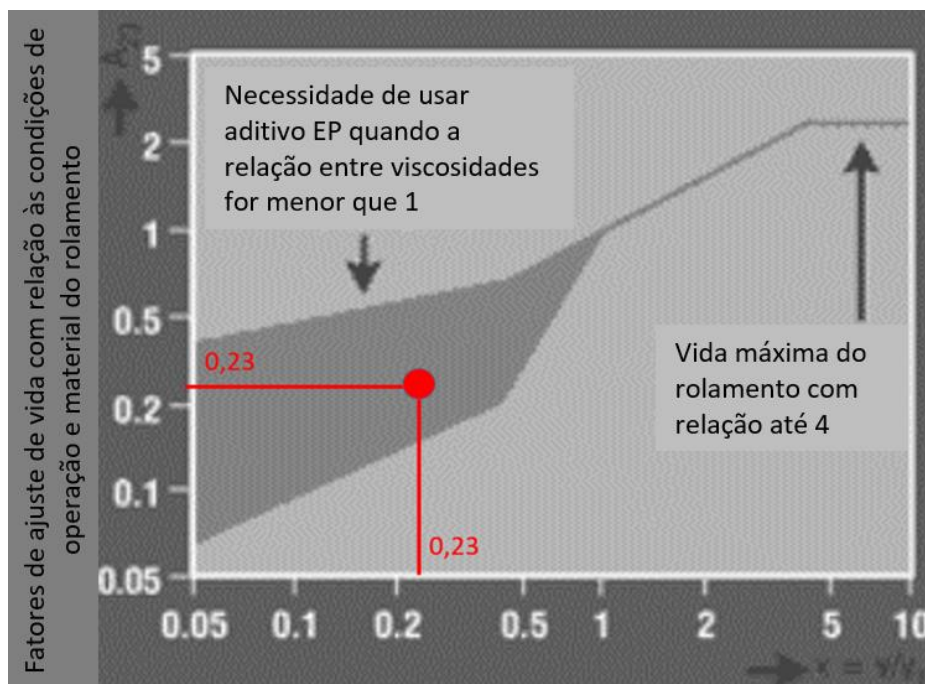
- $K \rightarrow$ Relação entre as viscosidades;
- $V_n = 35 \text{ mm}^2/\text{s} \rightarrow$ Viscosidade nominal;
- $V_o = 220 \text{ mm}^2/\text{s} \rightarrow$ Viscosidade operacional.

$$K = \frac{V_n}{V_o} = \frac{35}{150} = 0,23$$

4.2.9.6. Verificação de óleo para extrema pressão

Analisando o gráfico 3, de relação da viscosidade nominal e viscosidade operacional, e utilizando essa relação K , encontrada anteriormente de 0,16, é possível determinar a necessidade de óleo para extrema pressão. Assim, temos que o ponto de encontro dentro da zona em que é recomendado acrescentar os aditivos EP.

Gráfico 3: Gráfico de relação da viscosidade nominal e viscosidade operacional.



Fonte: Editado pelos autores.

4.2.9.7. Consistência da graxa

Analisando a tabela 10, para classificação da consistência da graxa, podemos classificá-la como NLGI 2, com base no fator de rotação e na temperatura em que o rolamento geralmente opera, de 47 521,43 mm/min e 45 °C, ou 113 °F, respectivamente.

Tabela 10: Consistência da graxa.

| Temperatura de Operação | Fator de Rotação | NLGI |
|--------------------------------|-------------------------|-------------|
| - 30 a 100 °F | 0 – 75 000 | 1 |
| | 75 000 – 150 000 | 2 |
| | 150 000 – 300 000 | 2 |
| 0 a 150 °F | 0 – 75 000 | 2 |
| | 75 000 – 150 000 | 2 |
| | 150 000 – 300 000 | 3 |
| 100 a 275 °F | 0 – 75 000 | 2 |
| | 75 000 – 150 000 | 3 |
| | 150 000 – 300 000 | 3 |

Fonte: Elaborado pelos autores.

4.2.9.8. Definição da graxa

Após a análise do fator de rotação; da determinação da viscosidade do óleo contido na graxa, VG 150; da necessidade de haver aditivos ep e da consistência da graxa, NLGI 2, definimos a graxa Rocol Turmaline como a mais adequada a ser usada, conforme com todos os parâmetros citados acima. A seguir, temos as especificações da graxa selecionada:

- Aparência: graxa bege;
- Classificação NLGI: 2;
- Aditivos EP: sim;
- Óleo base: mineral;
- Viscosidade do óleo base: 150 cSt;
- Ponto de gota: > 300 °C;
- Temperatura: - 20 a 180 °C;
- Fator DN: 350 000.

4.2.10. Seleção da bomba

Analisando o catálogo de bombas da Eximport e com base no tipo de graxa definida e na vazão da bomba, definimos a bomba elétrica A-III NG como a mais adequada a ser utilizada nesse caso, pois permite a utilização de graxa até NLGI 2 e possui uma grande vazão, além de suportar uma grande pressão. A seguir, temos a especificação da bomba selecionada:

- Lubrificante: óleo ou graxa até NLGI 2;
- Pressão máxima de trabalho: 210 bar;
- Pressão de alívio: 220 bar;
- Vazão: 130 cm³/min;
- Tensão: 220 Vca;
- Potência: 0,5 cv;
- Corrente: 0,935 A;
- Frequência: 50 Hz;
- Capacidade do reservatório: 30 L.

4.2.11. Seleção do distribuidor

Analisando o catálogo de distribuidores da Eximport, definimos o distribuidor linha dupla BM como o mais adequado a ser utilizado nesse sistema centralizado dos rolos submersos, pois esse distribuidor reduz consideravelmente o custo de manutenção, e tem como sua principal vantagem, em caso de haver alguma falha, somente o módulo danificado é substituído, diferentemente dos outros tipos de distribuidores, que não são divididos em módulos, assim não permitem a troca das saídas que apresentarem problemas, tendo que trocar todo o distribuidor. A série mais adequada do distribuidor é a série 50, pois permite o envio de 1,2 a 5,0 cm³ de graxa, permitindo assim que mais graxa seja enviada por cada pulso. E o distribuidor deverá ter 5 módulos com 10 saídas, de acordo com a quantidade de rolos submersos. Havendo um distribuidor para cada lado da linha. A seguir, temos a especificação do distribuidor selecionado:

- Distribuidor: Distribuidor Linha Dupla BM 5 Série 50;
- Grupo: Distribuidor Linha Dupla BM;
- Número de módulos: 5;
- Série: 50;
- Saídas: 10;
- Capacidade: 1,2 a 5,0 cm³;
- Peso: 13,950 Kg.

4.2.12. Disposição dos distribuidores

A seguir, na figura 7, temos uma representação de uma sessão da linha de estanhamento eletrolítico, onde será implantado o sistema centralizado de lubrificação, sendo que haverá um distribuidor para cada lado da linha de estanhamento, localizado na metade da distância entre o primeiro e o último rolo, de forma que a pressão chegue bem distribuída em todos os rolamentos. Ver figura 8.

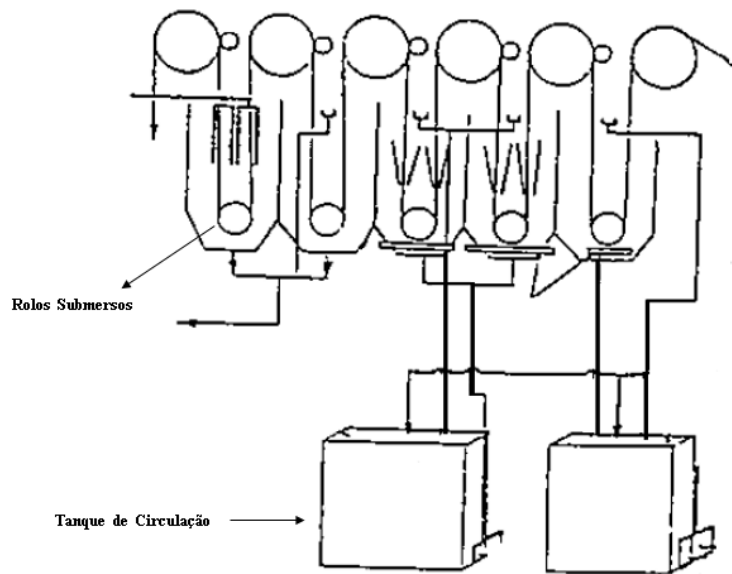


Figura 7: Representação de uma sessão da linha de estanhamento eletrolítico.

Fonte: Editado pelos autores.

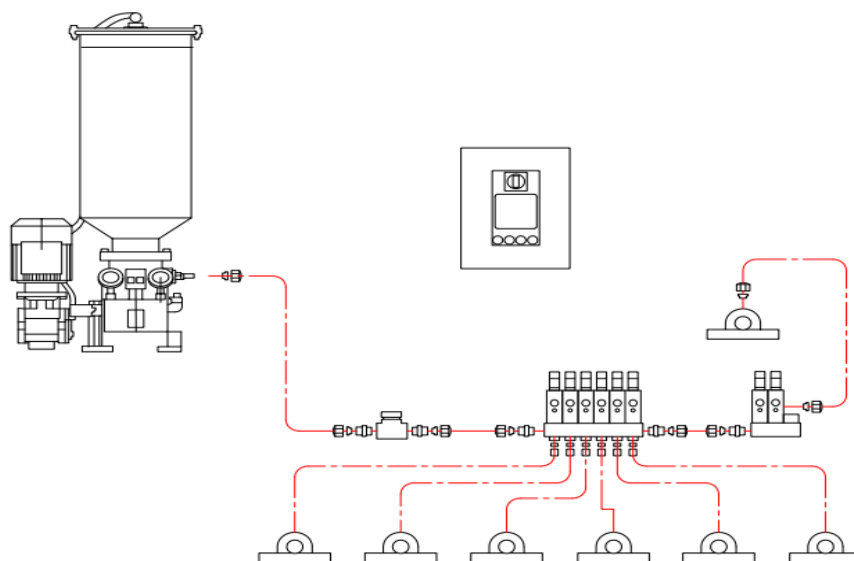


Figura 8: Representação do distribuidor na linha de estanhamento.

Fonte: Elaborado pelos autores.

4.2.13. Autonomia do reservatório

Dados:

- $A \rightarrow$ Autonomia do reservatório – h;
- $C = 30 \text{ L} = 30\,000 \text{ cm}^3 \rightarrow$ Capacidade do reservatório;
- $Gt = 62,35 \cdot 2 \cdot 10 = 1\,247 \text{ cm}^3 / 7 \text{ dias} = 7,4 \text{ cm}^3/\text{h} \rightarrow$ Quantidade de graxa para lubrificação dos 2 rolamentos dos 10 rolos.

$$A = \frac{C}{Gt} = \frac{30\,000}{7,4} = 4\,054 \text{ h} \approx 168 \text{ dias}$$

Apesar de o tempo de autonomia do reservatório ser de aproximadamente 6 meses, recomenda-se que o reservatório seja abastecido somente até a metade, ou seja, sua autonomia será por volta de 3 meses. Isso para que a graxa não fique muito tempo parada no reservatório, o que pode fazer com que o óleo da graxa se separe do sabão, causando perdas nas propriedades da graxa selecionada.

4.2.14. Comprimento da tubulação

Dados:

- $L \rightarrow$ Comprimento total da linha;
- $L_p = (0,95 + 0,15 + 6,075) \cdot 2 = 14,35 \text{ m} \rightarrow$ Comprimento da linha principal (da bomba até os distribuidores);
- $L_s = (0,15 + 12,15) \cdot 2 = 24,6 \text{ m} \rightarrow$ Comprimento da linha secundária (dos distribuidores até os rolamentos).

$$L = L_p + L_s = 14,35 + 24,6 = 38,95 \text{ m}$$

4.2.15. Verificação de perda de carga

Dados:

- $\Delta P_t \rightarrow$ Perda de carga total na linha;
- $\Delta P_{max} = 80 \text{ Kg / cm}^2 \rightarrow$ Perda de carga máxima para bombas elétricas;
- $L_p = 14,35 \text{ m} \rightarrow$ Comprimento da linha principal;
- $\Delta P = 1,81 \text{ Kg / cm}^2 \rightarrow$ Perda de carga para uma tubulação de 1/2" a 20 °C.

$$\Delta P_t = L_p \cdot \Delta P = 14,35 \cdot 1,81 = 25,97 \text{ Kg/cm}^2$$

Comparando os valores, temos que a perda de carga está dentro do limite para bombas elétricas:

$$\Delta P_{max} > \Delta P_t \rightarrow 80 \text{ Kg/cm}^2 > 25,97 \text{ Kg/cm}^2$$

4.2.16. Diâmetro da tubulação

De acordo com o cálculo de perda de carga acima, vamos adotar o diâmetro para a tubulação de 1/2", sendo esse um diâmetro disponível comercialmente. Para o apoio da tubulação serão utilizados dois blocos de ancoragem, sendo um para cada lado da linha de estanhamento.

4.3. Lista de Materiais

Após o dimensionamento dos componentes do sistema centralizado de lubrificação, chegou-se à seguinte lista de materiais:

- Bomba Elétrica A-III NG;
Qtde: 01 unidade;
- Distribuidor Linha Dupla BM 5 Série 50;
Qtde: 02 unidades;
- Bloco de Ancoragem;
Qtde: 02 unidades;
- Graxa Rocol Turmaline;
Qtde: 01 tambor (170 Kg);
- Tubo Aço Inox 1/2”;
Qtde: 42 m.

4.4. Orçamento

Na tabela 11, temos os valores unitários e totais dos materiais selecionados, a fim de determinarmos o orçamento para a instalação do projeto de sistema centralizado de lubrificação em uma linha de estanhamento eletrolítico.

Tabela 11: Orçamento do projeto.

| Material | Quantidade | Valor Unitário | Valor Total |
|-------------------------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|
| Bomba Elétrica A-III NG Eximport | 01 unidade | R\$ 21 000,00 | R\$ 21 000,00 |
| Distribuidor Linha Dupla BM | 02 unidades | R\$ 186,80 | R\$ 373,60 |
| Bloco de Ancoragem | 02 unidades | R\$ 35,00 | R\$ 70,00 |
| Graxa Rocol Turmaline | 01 tambor (170 Kg) | R\$ 4 156,00 | R\$ 4 156,00 |
| Tubo Aço Inox 1/2” (6 m) | 42 m | R\$ 245,00 | R\$ 1 715,00 |

Fonte: Elaborada pelos autores.

Após a análise dos valores totais para cada material selecionado do projeto, determinamos que o valor necessário para a instalação do projeto é de R\$ 27 314,60.

4.5. Sugestões de Melhorias

Pensando em projetos futuros, há a possibilidade de expansão do sistema centralizado de lubrificação para outras linhas de estanhamento, estendendo os pontos de lubrificação atendidos pela bomba. No caso, seria necessário apenas redimensionar os distribuidores e a tubulação, adequando-se a necessidade de cada linha, já que a bomba suportaria essa expansão sem problemas, conforme foi mostrado com a verificação da perda de carga.

4.6. Plano de Manutenção

Uma das ferramentas mais utilizadas de forma eficaz nos planos de manutenção tem sido a manutenção centrada em confiabilidade (MCC), utilizaremos os métodos desta para montagem do plano de manutenção, como pode ser visto nas tabelas 12, 13, 14 e 15. Métodos utilizados pela manutenção centrada em confiabilidade (Smith, 1992): preservar as funções do equipamento; identificar modos de falha que podem afetar as funções; priorização das funções via modos de falha e selecionar apenas ações preventivas aplicáveis e efetivas.

Tabela 12: Plano de manutenção – 1ª parte.

| MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE | | | |
|---|---|----------------------------|------------------------|
| Preservar Funções do Equipamento | Forma (Como?) | Responsável (Quem?) | Prazo (Quando?) |
| Verificar quantidade de lubrificante nos pontos de lubrificação | Através de rotina de inspeção analisando se a quantidade de graxa está adequada | Equipe de Inspeção | 1 vez no mês |
| Verificar condição dos pontos de lubrificação | Através de rotina de inspeção analisando se os pontos estão íntegros e, verificar sua temperatura | Equipe de Inspeção | 1 vez no mês |
| Verificar tubulações de graxa | Através de rotina de inspeção analisando e realizando teste de ultrassom para verificar integridade da tubulação e se há vazamentos | Equipe de Inspeção | A cada 6 meses |
| Verificar funcionamento dos distribuidores | Através de rotina de inspeção analisando e realizando teste para verificar funcionalidade do distribuidor | Equipe de Inspeção | 1 vez por semana |
| Verificar funcionamento das bombas | Através de rotina de inspeção analisando e realizando teste de vibrações, alinhamento e outros para verificar funcionalidade da bomba | Equipe de Inspeção | A cada 6 meses |
| Verificar abastecimento da bomba | Através de rotina de inspeção verificando os tanques de abastecimento da bomba | Equipe de Inspeção | A cada 90 dias |

Fonte: Elaborada pelos autores.

Tabela 13: Plano de manutenção – 2ª parte.

| Identificar Modos de Falha | Forma (Como?) | Responsável (Quem?) | Prazo (Quando?) |
|---|--|----------------------|-------------------------|
| Alta pressão no sistema | Entupimento da tubulação, ou ponto de lubrificação, distribuidor travado ou graxa com consistência errada | Equipe Especializada | Verificar a necessidade |
| Danificação da tubulação | Por conta do processo, atividades de manutenção na linha, desgaste, e condições de ácido sobre a tubulação | Equipe de Inspeção | Verificar a necessidade |
| Danificação do distribuidor, ou mau funcionamento | Pressão de operação abaixo da necessidade, ar no distribuidor, sujeira no distribuidor, saída obstruída, ponto de lubrificação obstruído | Equipe de Inspeção | Verificar a necessidade |
| Danificação dos pontos de lubrificação | Por conta do processo, atividades de manutenção na linha, desgaste, e condições de ácido sobre a tubulação | Equipe de Inspeção | Verificar a necessidade |
| Desgaste no reservatório | Oriundos do próprio sistema e condições de ácido sobre o reservatório | Equipe de Inspeção | Verificar a necessidade |

Fonte: Elaborada pelos autores.

Tabela 14: Plano de manutenção – 3ª parte.

| Priorização das Funções | Forma (Como?) | Responsável (Quem?) | Prazo (Quando?) |
|--|---|----------------------------|------------------------|
| Funcionamento da bomba | Através do modo de falha e criticidade para eficácia do sistema | Equipe de Inspeção | Rondas |
| Funcionamento do distribuidor | Através do modo de falha e criticidade para eficácia do sistema | Equipe de Inspeção | Rondas |
| Integridade dos pontos de lubrificação | Através do modo de falha e criticidade para eficácia do sistema | Equipe de Inspeção | Rondas |
| Conexão dos pontos de lubrificação | Através do modo de falha e criticidade para eficácia do sistema | Equipe de Inspeção | Rondas |
| Tubulação de lubrificação | Através do modo de falha e criticidade para eficácia do sistema | Equipe de Inspeção | Rondas |

Fonte: Elaborada pelos autores.

Tabela 15: Plano de manutenção – 4ª parte.

| Selecionar Apenas Ações Preventivas Aplicáveis e Efetivas | Forma (Como?) | Responsável (Quem?) | Prazo (Quando?) |
|--|---|----------------------------|-----------------------------|
| Manutenção na bomba | Manutenção na alavanca, sistema de abastecimento e sistema interno da bomba | Equipe de Manutenção | Ao apresentar desvios |
| Manutenção no Reservatório | Abastecer reservatório, trocar e / ou reparar reservatório | Equipe de Manutenção | A cada 168 dias |
| Manutenção nos pontos de lubrificação | Realizar limpezas, e troca se necessário | Equipe de Manutenção | Sempre que houver obstrução |
| Manutenção dos distribuidores | Realizar limpezas e troca se necessário | Equipe de Manutenção | Sempre que houver obstrução |
| Manutenção das tubulações | Realizar limpeza, retirada de vazamento e troca se necessário | Equipe de Manutenção | Ao apresentar desvios |

Fonte: Elaborada pelos autores.

5. CONCLUSÃO

A implantação do sistema centralizado como alternativa a técnica de lubrificação manual, se torna gradualmente mais visada, pois reduz a mão de obra necessária para execução das atividades, minimizando a exposição do trabalhador aos riscos inerentes da atividade e da área. Ao se automatizar o sistema percebe-se também, o aumento do grau de confiabilidade, pois se tem garantia de quando e como se está lubrificando o equipamento, o que não se pode afirmar quando esta é realizada manualmente.

Atualmente encontram-se pessoas capacitadas a realizar a manutenção e a revisão de sistemas centralizados de lubrificação, o que não ocorria há anos atrás. Essa mão de obra qualificada proporciona segurança para aqueles que desejam implantar esse tipo de sistema, tornando-o viável para a empresa.

Portanto, com a capacitação específica para este tipo de atividade sendo mais comumente encontrada e com a atenção das indústrias e do trabalhador voltada para a segurança no dia a dia, o sistema centralizado de lubrificação se torna uma alternativa para suprir as necessidades do equipamento em conjunto com melhores condições de trabalho.

Em relação ao projeto em si, para atendermos a linha de estanhamento eletrolítico analisada serão necessários os seguintes materiais: uma bomba elétrica A-III NG, dois distribuidores linha dupla BM 5 série 50, dois blocos de ancoragem, um tambor de graxa rocol turmaline e 42 m de tubo aço inox de 1/2". Além disso, foi realizado um plano de manutenção para os eventuais problemas que esse sistema centralizado pode apresentar, e um orçamento dos materiais listados, ressaltando que os valores encontrados são apenas dos materiais, ficando de fora custos com pessoal, transporte, insumos, entre outros.

REFERÊNCIAS

BRASIL - SISTEMA CENTRALIZADO DE LUBRIFICAÇÃO. **Lubrificação**. Disponível em: <https://www.machinerylubrication.com/Read/29067/centralized-lubrication-systems>> Acesso em: 08 de Maio de 2019.

BRASIL - CATÁLOGO EXIMPORT LUBESYSTEMS. **Distribuidores de Linha Dupla BM**. Disponível em: https://eximport.com.br/?gclid=CjwKCAjwiZnnBRBQEiwAcWKfYn9NMRZmux4r6qQ4Eq1CiG8WKguSycy_5I7_P9qox8gwAITfahBPKRoC9SUQAvD_BwE Acesso em: 07 de Março de 2019.

BRASIL - CATÁLOGO EXIMPORT LUBESYSTEMS. **Bomba Manual MDG**. Disponível em: <https://eximport.com.br/wp2017/wp-content/uploads/2017/11/bomba-manual-mdg.pdf>. Acesso em: 18 de Maio de 2019.

CARRETEIRO; CARLOS R.S MOURA. **Lubrificantes e Lubrificação**. Editora. Livros Técnicos Científicos, 1975.

BRASIL - Grease Basics. **Michinery Lubrication I & II**. Disponível em: <https://www.machinerylubrication.com/Read/705/grease-lubrication>. Acesso em: 20 de Abril de 2019.

BRASIL - Advantages of Automatic Lubrication. **Michinery Lubrication I & II**. Disponível em: <https://www.machinerylubrication.com/Read/30466/automatic-lubrication-advantage>. Acesso em: 20 de Maio de 2019.

BRASIL - **Lubricant Additives - A Practical Guide**. Disponível em: <https://www.machinerylubrication.com/Read/31107/oil-lubricant-additives>. Acesso em: 08 de maio de 2019

BRASIL - **Best Methods for Analyzing Grease. Dispo.** 2014. Disponível em: <https://www.machinerylubrication.com/Read/29893/analyzing-grease-methods>. Acesso em: 07 de Maio de 2019.

ANEXO A – Catálogo descritivo e demonstrativo da Graxa Rocol Turmaline

BOLETIM TÉCNICO**ROCOL TURMALINE**

Graxa Para Múltiplas Aplicações

ROCOL®

Performance you can trust

Descrição :

ROCOL TURMALINE é uma graxa para múltiplas aplicações, encorpada com sabão de sulfonato de cálcio, com excelente propriedade de adesividade e com aditivos EP. Excelente resistência à lavagem por água e em altas temperaturas. Desenvolvida e fabricada utilizando-se a mais alta tecnologia em materiais e processos.

Principais Vantagens :

- Excelente resistência à lavagem por água.
- Ampla faixa de temperatura.
- Aumenta os intervalos entre relubrificações.
- Reduz o consumo de graxa.
- Aumenta a vida útil dos rolamentos.
- Diminui o número de paradas, reduzindo os custos de manutenção.

Aplicações :

Aplicação em rolamentos, mancais e motores elétricos sob condições de média carga e sujeitos à vibração e lavagem por água.

Modo de Usar:

ROCOL TURMALINE pode ser aplicada de forma convencional, porém recomenda-se a limpeza prévia do equipamento para se obter os melhores resultados.

Dados Técnicos :

| | |
|--|---------------------|
| Aparência: | Graxa Bege |
| Penetração trabalhada a 25°C (ASTM D 217): | 265 – 295 |
| Classificação NLGI: | 2 |
| Oleo base: | Mineral |
| Viscosidade do óleo base: | 150 cSt |
| Encorpante: | Sulfonato de Cálcio |
| Ponto de gota (ASTM D 566): | > 300 °C |
| Temperatura - Uso contínuo: | -20 °C a +180 °C |
| - Intermitente: | >200 °C |
| Teste de corrosão em lâmina de cobre (IP 112): | Passa |
| 4-Ball – Carga de Soldagem (Kg): | 800 Kg |
| Lavagem Por água (DIN 51.817): | Grau 0 |
| Fator DN: | 350.000 |

As informações contidas nesta publicação são baseadas em nossas experiências de laboratório e de campo. A utilização em condições e/ou ambientes diferentes dos conhecidos podem alterar um ou vários dos dados apresentados nesta publicação, e, nestes casos, nossa responsabilidade estará restrita às informações por nós confirmadas e/ou alteradas após a apresentação pelo(s) usuário(s) de suas condições de uso.

RON 02.2009

ITW Chemical Products Ltda.

Av. Jorge Alfredo Camasmle, 670 Embu – SP- Cep: 06816-050 - Fone : (11) 4785. 2660 - Fax : (11) 4785. 2686
e-mail: tech@itwchem.com.br

ANEXO B – Catálogo descritivo e demonstrativo dos Distribuidores Linha Dupla BM

EXIMPORT**Distribuidores Linha Dupla BM**

10.403

Descrição

Os Distribuidores Linha Dupla BM, são válvulas compactas de aço, projetadas para funcionar com óleo ou graxa em todos os tipos de sistema de lubrificação linha dupla.

De operação totalmente hidráulica e sem válvulas de retenção, o distribuidor BM é constituído de 1 até 10 elementos modulares fixados em subplacas. Cada elemento modular pode atender a 1 ou 2 pontos de lubrificação e possui um indicador com haste de aço inoxidável para comprovação visual do seu funcionamento.

Os módulos são fabricados em duas séries, com deslocamento regulável por ciclo de trabalho, o que torna desnecessária a utilização de séries menores. A regulação é feita por parafuso existente na parte superior do indicador, alterando igualmente as 2 saídas do elemento duplo ou individualmente quando convertido para saída única.

As subplacas são fornecidas com 2 saídas para cada elemento modular. Sendo necessária apenas 1 saída, seja para se obter um número ímpar de pontos ou para dobrar o deslocamento máximo, um parafuso seletor interno precisa ser removido e uma das saídas deve ser fechada.

O emprego deste distribuidor reduz consideravelmente o custo de manutenção e o inventário de peças de reposição. No caso de falha, somente o módulo danificado é rápida e facilmente substituído, pois a tubulação é fixada na subplaca. Com os distribuidores convencionais, ao contrário, é necessário remover toda a tubulação e, eventualmente pela falha de apenas 1 elemento, inutilizar toda a peça. É uma operação de execução demorada e sobretudo onerosa.

Os distribuidores BM servem para reposição dos distribuidores convencionais de qualquer fabricante.

Características

- Fácil e rápida substituição de módulos
- Grande flexibilidade
- Continuidade operacional

Especificações

| Lubrificantes | | Óleo ou Graxa | | |
|----------------------|---------------|-----------------|-------------------------------|-----------|
| Pressões de Trabalho | | Mínimo: 15 bar | | |
| | | Máximo: 300 bar | | |
| Temperatura | | Máximo: 90°C | | |
| Modelos | Nº de Módulos | Saída | Capacidade (cm ³) | Peso (Kg) |
| BM - 1 | 1 | 1 ou 2 | 0,2 a 1,2 (módulo 30) | 1,660 |
| BM - 2 | 2 | 2 a 4 | | 2,920 |
| BM - 3 | 3 | 3 a 6 | | 4,380 |
| BM - 4 | 4 | 4 a 8 | | 5,840 |
| BM - 5 | 5 | 5 a 10 | | 7,000 |
| BM - 6 | 6 | 6 a 12 | 1,2 a 5,0 (módulo 50) | 8,320 |
| BM - 7 | 7 | 7 a 14 | | 9,750 |
| BM - 8 | 8 | 8 a 16 | | 11,120 |
| BM - 9 | 9 | 9 a 18 | | 12,500 |
| BM - 10 | 10 | 10 a 20 | | 13,950 |

**Funcionamento**

A construção básica do distribuidor modelo BM é mostrada no desenho. Cada elemento possui um pistão de controle e um de injeção.

O curso do pistão de controle é fixo e o de injeção limitado pelo parafuso de regulação através da haste.

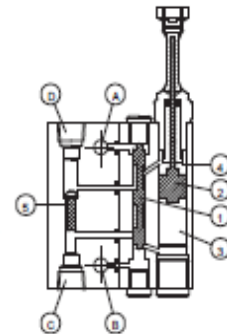
Durante a operação do distribuidor, o lubrificante sob pressão entra pelo pórtico (A) e força o pistão de controle (1) para baixo, permitindo que a pressão seja aplicada na parte superior do pistão de injeção (2).

Movendo-se para baixo sob pressão, esse pistão força o lubrificante para fora da câmara (3) através do pistão de controle em direção à saída (C).

Durante esse meio ciclo do distribuidor, a câmara superior do pistão de injeção foi alimentada para a próxima operação.

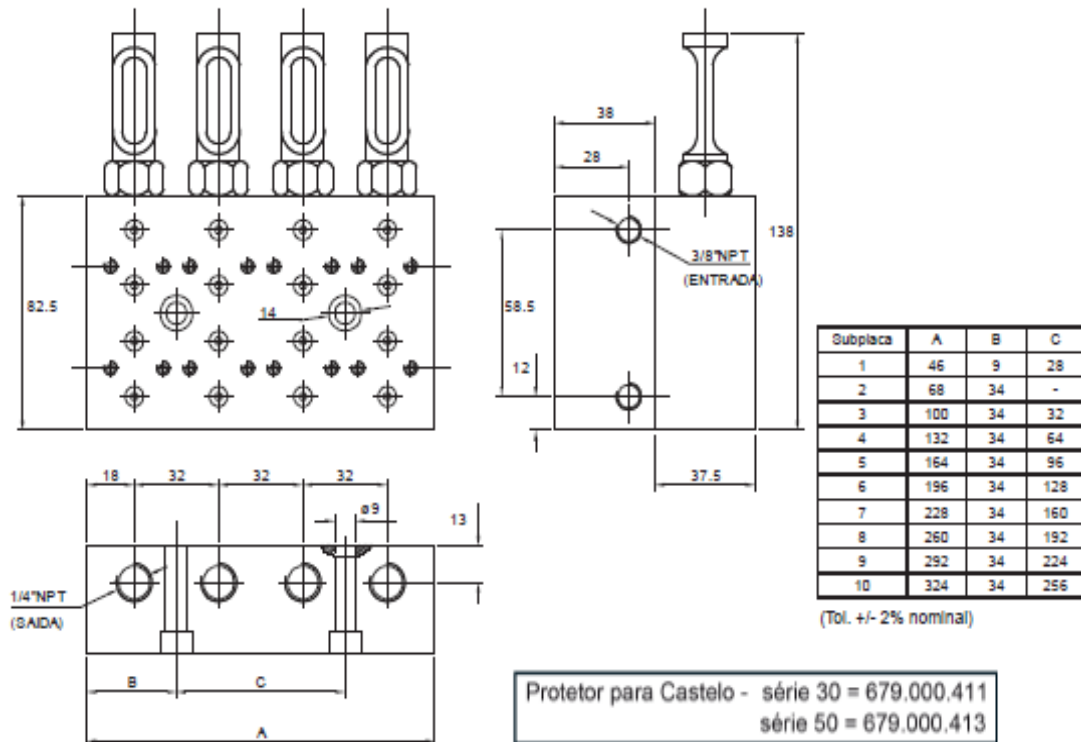
Quando a pressão da linha superior é aliviada, o lubrificante pressurizado entra no distribuidor pelo pórtico (B) e a operação se repete na outra direção: o pistão de controle é forçado para cima, permitindo que a pressão seja aplicada na parte inferior do pistão de injeção. Este move-se para cima e força o lubrificante para fora de sua câmara (4). O lubrificante passa pela parte superior do pistão de controle (1) e é injetado no ponto de lubrificação através da saída (D).

Para converter em saída simples, o parafuso (5) deverá ser retirado, colocando em comunicação as saídas (C) e (D). Para operar normalmente, uma delas precisa ser fechada.



Fev 16

DIMENSÕES em milímetros



Informações de compra

| Modelos | Série | Referência | | | | |
|-----------|-------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | 30 NPT | 30 BSPT | 50 NPT | 50 BSPT | |
| BM - 1 | | 620.031.000 | 620.231.000 | 620.051.000 | 620.251.000 | - |
| BM - 2 | | 620.032.000 | 620.232.000 | 620.052.000 | 620.252.000 | - |
| BM - 3 | | 620.033.000 | 620.233.000 | 620.053.000 | 620.253.000 | - |
| BM - 4 | | 620.034.000 | 620.234.000 | 620.054.000 | 620.254.000 | - |
| BM - 5 | | 620.035.000 | 620.235.000 | 620.055.000 | 620.255.000 | - |
| BM - 6 | | 620.036.000 | 620.236.000 | 620.056.000 | 620.256.000 | - |
| BM - 7 | | 620.037.000 | 620.237.000 | 620.057.000 | 620.257.000 | - |
| BM - 8 | | 620.038.000 | 620.238.000 | 620.058.000 | 620.258.000 | - |
| BM - 9 | | 620.039.000 | 620.239.000 | 620.059.000 | 620.259.000 | - |
| BM - 10 | | 620.040.000 | 620.240.000 | 620.060.000 | 620.260.000 | - |
| MÓDULO 30 | | - | - | - | - | 620.036.100 |
| MÓDULO 50 | | - | - | - | - | 620.056.100 |

NOTA: Parafusos de fixação de subplaca: cabeça redonda
sext. interno 5/16" x 1 3/4" não inclusos.

Literatura Adicional:
manual do Produto - nº 50.403
Instruções Gerais do Sistema - nº 60.200

Sujeito a alterações sem prévio aviso.

EXIMPORT
Rua Gen. Roberto Alves Carvalho Fº, 59
04744-000 • São Paulo • SP • Brasil
Fone: 55 (11) 5525-9777 • Fax: 55 (11) 5525-9778
e-mail: vendas@eximport.com.br
site: www.eximport.com.br

 **EXIMPORT**
LubeSystems

ANEXO C – Catálogo descritivo e demonstrativo da Bomba A-III NG

EXIMPORT

Bomba Elétrica A-III NG

30.705

Descrição

A Bomba Elétrica A-III NG, de pistão duplo é um projeto moderno e inteligente, indicado para múltiplas aplicações em sistemas progressivos ou linha dupla de óleo ou graxa, podendo ser montada com controlador e gabinete sobre base metálica.

As principais características da bomba são o reduzido tamanho e a versatilidade, pois a conversão para sistema linha dupla é efetuada de maneira simples e rápida com montagem do inversor hidráulico, elétrico ou pneumático diretamente no corpo da bomba, sem necessidade de tubulação auxiliar.

Outro detalhe construtivo que a torna confiável e eficiente é o emprego de dois pistões movimentados por um sistema de motoredutor externo, agilizando assim provável manutenção. O uso de dois pistões, um de recalque e outro piloto, operando sincronizadamente, eliminando a necessidade de molas e válvulas de retenção.

A bomba possui amplo reservatório com chave de nível mínimo e máximo. Quando utilizado com graxa, o reservatório é equipado com disco seguidor e através de uma coluna luminosa identificamos visualmente o nível mínimo. Uma válvula de alívio incorporada ao corpo da bomba protege o sistema no caso de eventual bloqueio.

Funcionamento

O motor elétrico aciona os dois pistões através do motoredutor, numa seqüência operacional que dá ao pistão principal a função de aspiração e recalque e ao pistão de vedar furos de comunicação para evitar o refluxo do lubrificante na fase de aspiração.

Quando usada em sistemas progressivos, o fluxo de descarga da bomba é unidirecional. Em sistemas de linha dupla, existe retorno para alívio da linha de pressão do sistema ao término de cada meio ciclo de operação, esse retorno se processa através do Inversor hidráulico, elétrico ou pneumático acoplado à bomba.

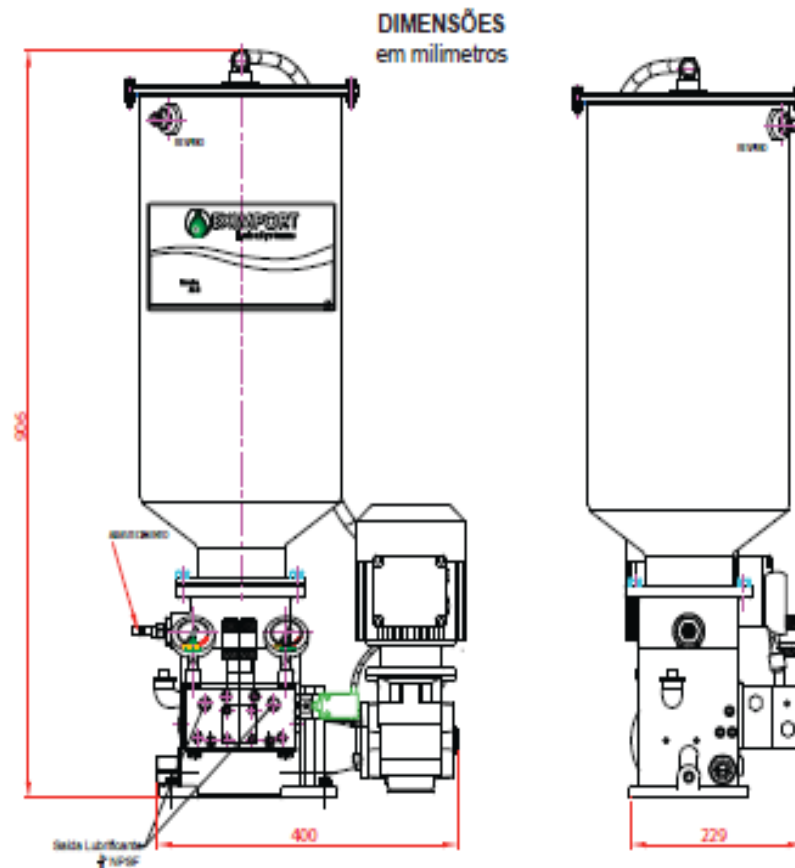
A frequência dos ciclos de lubrificação é controlada por um controlador que liga a bomba a intervalos predeterminados. O desligamento é automático e ocorre quando uma chave de contato montada no distribuidor de controle (sistema progressivo) ou no inversor hidráulico (sistema linha dupla) for atuada no final do ciclo.



Especificações

| | |
|-------------------|--------------------------|
| Lubrificante | Óleo ou Graxa NLGI-2 |
| Pressão Máxima | Até 210 bar |
| Pressão de Alívio | Até 220 bar |
| Vazão | 130 cm ³ |
| Potência | 0,5 cv |
| Tensão | 220/380 Vca 440 Vca |
| Corrente | 2,07 / 1,20 A 0,935 A |
| Frequência | 50 ou 60 Hz |
| Grau de Proteção | IPW 55 |
| Chave de nível | Mínimo Máximo |

| | |
|-------------------|----------------------|
| Lubrificante | Óleo ou Graxa NLGI-2 |
| Pressão Máxima | Até 350 bar |
| Pressão de Alívio | Até 360 bar |
| Vazão | 130 cm ³ |
| Potência | 1,0 cv |
| Tensão | 220/380/440 Vca |
| Corrente | 2,91/1,68/1,46 A |
| Frequência | 50 ou 60 Hz |
| Grau de Proteção | IPW 55 |
| Chave de nível | Mínimo Máximo |



Informações de Compra

| | | | | | | | |
|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Bomba Elétrica A-III NG | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Lubrificante | Graxa - G | Oleo - O | | | | | |
| Inversor | Sem - O | Loop - L | Fim de linha - F | Elétrico - E | Pneumático - P | | |
| Tensão do Motor | 220/380 Vca - 3 | 440 Vca - 4 | | | | | |
| Frequência | 50 Hz - 5 | 60 Hz - 6 | | | | | |
| Gabinete | Sem - SG | Com - CG | | | | | |
| Reservatório | Metálico - RM30 | Poliétileno - RP30 | Metálico - RM60 | Poliétileno - RP60 | | | |
| Pressão de Trabalho | Até 210 bar - 0 | Até 350 bar - 1 | | | | | |

Catálogos Adicionais

| | |
|-----------------------|--------|
| Inversor Hidráulico - | 30.251 |
| Inversor Elétrico - | 30.253 |
| Inversor Pneumático - | 50.290 |
| Gabinete - | 60.700 |

Sujeito a alterações sem prévio aviso.

EXIMPORT
Rua Gen. Roberto Alves Carvalho P, 59
04744-000 • São Paulo • SP • Brasil
Fone: 55 (11) 5525-9777 • Fax: 55 (11) 5525-9778
e-mail: vendas@eximport.com.br
site: www.eximport.com.br



ANEXO D – Catálogo descritivo e demonstrativo do Painel de Acionamento e Proteção PAP-NG

EXIMPORT Painel de Acionamento e Proteção PAP-NG

40.375

Descrição

O Painel de Acionamento e Proteção PAP-NG, é uma unidade projetada para comandar, monitorar e sinalizar o funcionamento de sistemas centralizados de lubrificação que utilizam bombas motorizadas.

O painel é composto de controlador LubeControl-NG, transformador, disjuntor- motor, contator principal e disjuntores de proteção. Montado em caixa de aço carbono, pintura padrão fabricante.

O painel, programa o número de ciclos de lubrificação e monitora continuamente o funcionamento do sistema sinalizando a condição de operação.

Um sistema de lubrificação típico comandado por um painel de acionamento e proteção consiste de uma bomba motorizada, um reservatório de lubrificante e uma rede de distribuidores (válvulas hidráulicas de dosagem).

Nos sistemas cíclicos, ao ser energizado ou quando do início de um ciclo de lubrificação programado o painel liga a bomba (indicado através do sinalizador "lubrificando") e aguarda um sinal elétrico de ciclo completado, gerado pelo fluxo do lubrificante sob pressão, através de uma chave de ciclos acoplada no distribuidor de controle (sistema progressivo) ou no inversor hidráulico (sistema linha dupla) ou ainda por uma chave de pressão fim de linha (sistema linha dupla com inversor elétrico). Quando o sinal elétrico de ciclo completado é recebido no tempo programado, o painel desliga a bomba (indicado através do sinalizador "lubricado") e inicia a contagem do intervalo, por tempo ou impulsos da máquina.

A falta do sinal ativa o circuito de defeito indicando falha na lubrificação através do sinalizador "defeito". Se o reservatório de lubrificante possuir chaves de nível mínimo e máximo com reabastecimento automático, quando a chave de nível mínimo for atuada será indicado através do sinalizador "nível mínimo" e ligará uma saída para ativar uma válvula solenóide de uma bomba de reabastecimento automático (indicado através do sinalizador "reabastecendo"). Quando a chave de "nível máximo" for acionada, essa saída será desligada e indicará que o reservatório de lubrificante foi reabastecido (indicado através do sinalizador "nível máximo").

Se o sistema for desenergizado, o painel memoriza a programação estabelecida e quando reenergizado completa essa programação. O sistema pode ser ligado remotamente através de CLP.

Caso haja necessidade de pré-lubrificação deve ser acionado manualmente através da tecla "manual" no controlador. Esta tecla deve permanecer pressionada durante todo o tempo necessário para a pré-lubrificação.

Dados Técnicos

Alimentação: 220/380/440 VCA 10% , 50/60 hz.

Consumo: LubControl 50 -100 ma (fonte chaveada)

Temperatura de armazenagem: -10 a 50°C

Temperatura de trabalho: 0 a 50°C

Corrente máx. de saída: 3 A -250 Vca

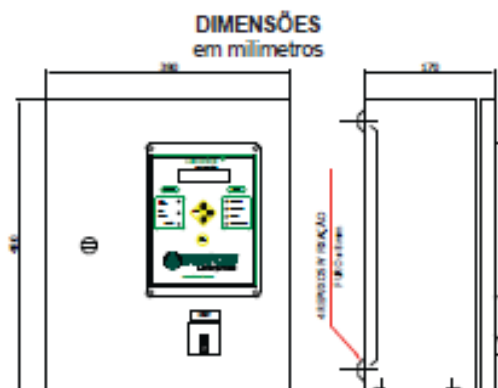
Proteção: Caixa de aço IP54



Programação

O projeto do Painel de Acionamento e Proteção PAP-NG, considerou todas as necessidades de um sistema de lubrificação com bomba motorizada. A programação é efetuada com facilidade através do sistema de interface, podendo-se alterar o Ciclo de Lubrificação, o Intervalo, Tempo de Bloqueio por falta de abastecimento, Retardo da Pulverização, Monitoragem e Operação do Sistema Completo (sistema progressivo e linha dupla com inversor hidráulico) ou Meio Ciclo (sistema linha dupla com inversor elétrico), Pressão Baixa ou Alta. A partir do conhecimento do volume de lubrificante que as máquinas ou equipamentos requerem e as frequências de aplicação, modificações nos parâmetros de programação poderão ser feitas no campo ou através de interface com CLP usando-se protocolo de comunicação em "Modbus" ou ainda "Profibus", através de acessórios extras, conforme tecnologia disponível no mercado.

O painel detecta a falta de lubrificante (nível mínimo) alta ou baixa pressão, resultantes de bloqueio ou ruptura na tubulação. Disponibiliza sinais digitais para interface com CLP de sistema "Lubrificando", "Defeito", "Lubrificado", "Nível Mínimo", "Pressão Alta" ou "Pressão Baixa".



Definição

Intervalo: Tempo ou número de impulsos da máquina que separa dois ciclos de lubrificação.

Ciclo de lubrificação: Tempo programável dentro do qual o sistema cicla uma ou mais vezes para fornecer a quantidade de lubrificante requerida para os pontos.

Ciclo do sistema: Ciclo completo de um distribuidor, de um inversor ou de um pressostato (conforme o tipo de sistema). Evidenciado por um movimento completo de um indicador ou de uma seqüência completa de uma abertura fechamento de um contato elétrico.

Tempo de Ciclo: período não programável (somente estimado) para a realização de um ciclo do sistema, gerando um sinal elétrico.

Monitorarem: tempo programável ou foco dentro do qual um ciclo do sistema precisa ser realizado.

Programação por tempo: estabelece em minutos o intervalo entre os ciclos de lubrificação e a duração do período de monitorarem.

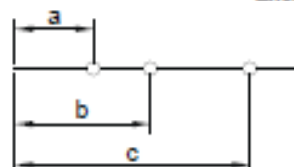
Programação por Impulsos: estabelece o intervalo em termos de movimentos cíclicos da máquina. A monitorarem é determinada por tempo.

Especificações Básicas

| Literatura adicional disponível para todos os modelos | | | Tensão de alimentação | | Programação | | | | | | | Sinalizadores | | | | | | Utilização | | |
|---|-------------|-------------------|-----------------------|--------------------|-------------|--------------------|-------------|--------------------|-----------|-------|-------|---------------|---------------|--------------|----------|---------|---------|------------|-------------|------------|
| Mod. | Referência | Execução | Corrente | Motor | Programação | Back | Monitoragem | Back | Ciclo | Ende | Resol | Tempo de modo | Tempo de modo | Lubrificação | Operação | Defeito | Pressão | | Alimentação | Mod. Falha |
| PAP-N01 | 678.605.440 | Gabinete metálico | 120V 50/60Hz-20 | 440V 50/60Hz-20 | 1 9999 | min. ou imp. | 1 9999 | min. ou imp. | 1 9999 | Ciclo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| PAP-N02 | 678.605.450 | Gabinete metálico | 220V 50/60Hz-20 | 440V 50/60Hz-20 | 1 9999 | min. ou imp. | 1 9999 | min. ou imp. | 1 9999 | Ciclo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| PAP-N03 | 678.605.380 | Gabinete metálico | 120V 50/60Hz-20 | 380V 50/60Hz-20 | 1 9999 | min. ou imp. | 1 9999 | min. ou imp. | 1 9999 | Ciclo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| PAP-N04 | 678.605.390 | Gabinete metálico | 220V 50/60Hz-20 | 380V 50/60Hz-20 | 1 9999 | min. ou imp. | 1 9999 | min. ou imp. | 1 9999 | Ciclo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| PAP-N05 | 678.605.120 | Gabinete metálico | 120V 50/60Hz-20 | 220V 50/60Hz-20 | 1 9999 | min. ou imp. | 1 9999 | min. ou imp. | 1 9999 | Ciclo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| PAP-N06 | 678.605.220 | Gabinete metálico | 220V 50/60Hz-20 | 220V 50/60Hz-20 | 1 9999 | min. ou imp. | 1 9999 | min. ou imp. | 1 9999 | Ciclo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

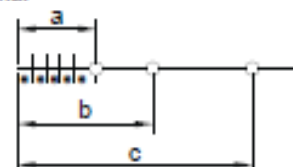
- Disponível
○ Não Disponível

Exemplos de seqüência funcional



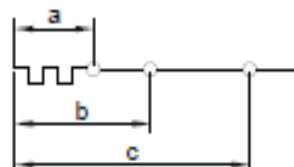
Sistema progressivo w/ bomba motorizada ou pressostática sem reciclo

- Tempo de ciclo
- Tempo de monitoragem
- Intervalo (tempo ou impulso)



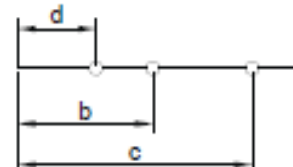
Com ciclos consecutivos do sistema

- Tempo de ciclo
- Tempo de monitoragem
- Intervalo (tempo ou impulso)
- Ciclos consecutivos



Sistema progressivo w/ bomba pressostática sem reciclo

- Tempo de ciclo
- Tempo de monitoragem
- Intervalo (tempo ou impulso)



Sistema linha dupla w/ bomba pressostática sem reciclo

- Tempo de 1/2 ciclo
- Tempo de monitoragem
- Intervalo (tempo ou impulso)

Sujeito a alterações sem prévio aviso.

Ciclo: Tempo de monitoragem (D) e Intervalo (I), caso contrário sistema está em "YALHA".

EXIMPORT
Rua Gen. Roberto Alves Carvalho P, 59
04744-000 • São Paulo • SP • Brasil
Fone: 55 (11) 5525-9777 • Fax: 55 (11) 5525-9778
e-mail: vendas@eximport.com.br
site: www.eximport.com.br



ANEXO E – Catálogo descritivo e demonstrativo do Gabinete de Proteção – Simples

EXIMPORT**Gabinete de Proteção - Simples**

60.700

Descrição

Os **Gabinetes de Proteção Eximport GP**, foram desenvolvidos para atender a necessidade das Indústrias em geral, com objetivo principal de proteger e proporcionar uma vida útil maior dos equipamentos, voltados para executar lubrificação, nas diferentes aplicações e situações.

Uma das características de grande destaque é o tamanho compacto e a capacidade de proteção que oferecem as bombas, reservatórios e painéis.

Projeto de concepção simples e robusto, onde pode ser previamente considerado em novos projetos e nos já existentes acomodando-os com grande facilidade.

Os gabinetes são desenvolvidos com uma ou duas portas conforme especificado abaixo, maçanetas, possui uma borracha esponjosa específica para executar a vedação e assegurar a impermeabilização deste gabinete.

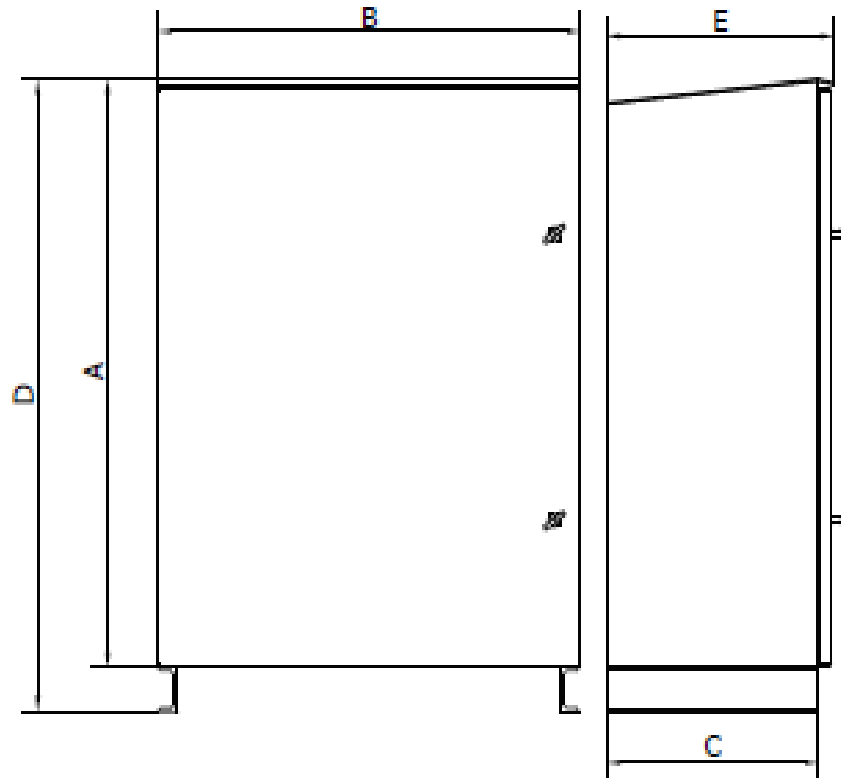
São fornecidos em diferentes tamanhos cada um em função das diferentes bombas e reservatórios da unidade.

**Especificações**

| Estrutura | Aço Carbono | |
|-----------|-------------|--------|
| Peso | GP-10 | 48 Kg |
| | GP-15 | 56 Kg |
| | GP-30 | 62 Kg |
| | GP-60 | 110 Kg |
| | GP-200 | 135 Kg |



DIMENSÕES
em milímetros



| GABINETE | COTAS (mm) | | | | |
|----------|------------|------|-----|------|-----|
| | A | B | C | D | E |
| GP-10 | 800 | 600 | 400 | 900 | 450 |
| GP-15 | 800 | 800 | 400 | 980 | 450 |
| GP-30 | 1000 | 800 | 400 | 1100 | 450 |
| GP-60 | 1100 | 1000 | 600 | 1200 | 650 |
| GP-200 | 1500 | 900 | 620 | 1200 | 650 |

TOL. \pm 5% DA NOMINAL

Informação de Compra

| GABINETE | REFERÊNCIA | |
|--------------|-------------|-------------|
| | Aço Carbono | Aço Inox |
| GP - 10 | 678.115.354 | 678.115.365 |
| GP - 15 | 678.115.353 | 678.115.366 |
| GP - 15 (*) | 678.115.363 | 678.115.367 |
| GP - 30 | 678.115.352 | 678.115.371 |
| GP - 30 (*) | 678.115.362 | 678.115.370 |
| GP - 60 (*) | 678.115.355 | 678.115.372 |
| GP - 200 (*) | 678.115.391 | 678.115.526 |

(*) Duas portas

Sujeito a alterações sem prévio aviso.

EXIMPORT
Rua Gen. Roberto Alves Carvalho P, 50
04744-000 - São Paulo - SP - Brasil
Fone: 55 (11) 5525-0777 - Fax: 55 (11) 5525-0778
e-mail: vendas@eximport.com.br
site: www.eximport.com.br



ANEXO F – Plano de Manutenção destacável

| MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE | | | |
|---|---|---------------------|------------------|
| Preservar Funções do Equipamento | Forma (Como?) | Responsável (Quem?) | Prazo (Quando?) |
| Verificar quantidade de lubrificante nos pontos de lubrificação | Através de rotina de inspeção analisando se a quantidade de graxa está adequada | Equipe de Inspeção | 1 vez no mês |
| Verificar condição dos pontos de lubrificação | Através de rotina de inspeção analisando se os pontos estão íntegros e, verificar sua temperatura | Equipe de Inspeção | 1 vez no mês |
| Verificar tubulações de graxa | Através de rotina de inspeção analisando e realizando teste de ultrassom para verificar integridade da tubulação e se há vazamentos | Equipe de Inspeção | A cada 6 meses |
| Verificar funcionamento dos distribuidores | Através de rotina de inspeção analisando e realizando teste para verificar funcionalidade do distribuidor | Equipe de Inspeção | 1 vez por semana |
| Verificar funcionamento das bombas | Através de rotina de inspeção analisando e realizando teste de vibrações, alinhamento e outros para verificar funcionalidade da bomba | Equipe de Inspeção | A cada 6 meses |
| Verificar abastecimento da bomba | Através de rotina de inspeção verificando os tanques de abastecimento da bomba | Equipe de Inspeção | A cada 90 dias |

| Identificar Modos de Falha | Forma (Como?) | Responsável (Quem?) | Prazo (Quando?) |
|---|--|----------------------|-------------------------|
| Alta pressão no sistema | Entupimento da tubulação, ou ponto de lubrificação, distribuidor travado ou graxa com consistência errada | Equipe Especializada | Verificar a necessidade |
| Danificação da tubulação | Por conta do processo, atividades de manutenção na linha, desgaste, e condições de ácido sobre a tubulação | Equipe de Inspeção | Verificar a necessidade |
| Danificação do distribuidor, ou mau funcionamento | Pressão de operação abaixo da necessidade, ar no distribuidor, sujeira no distribuidor, saída obstruída, ponto de lubrificação obstruído | Equipe de Inspeção | Verificar a necessidade |
| Danificação dos pontos de lubrificação | Por conta do processo, atividades de manutenção na linha, desgaste, e condições de ácido sobre a tubulação | Equipe de Inspeção | Verificar a necessidade |
| Desgaste no reservatório | Oriundos do próprio sistema e condições de ácido sobre o reservatório | Equipe de Inspeção | Verificar a necessidade |

| Priorização das Funções | Forma (Como?) | Responsável (Quem?) | Prazo (Quando?) |
|--|---|----------------------------|------------------------|
| Funcionamento da bomba | Através do modo de falha e criticidade para eficácia do sistema | Equipe de Inspeção | Rondas |
| Funcionamento do distribuidor | Através do modo de falha e criticidade para eficácia do sistema | Equipe de Inspeção | Rondas |
| Integridade dos pontos de lubrificação | Através do modo de falha e criticidade para eficácia do sistema | Equipe de Inspeção | Rondas |
| Conexão dos pontos de lubrificação | Através do modo de falha e criticidade para eficácia do sistema | Equipe de Inspeção | Rondas |
| Tubulação de lubrificação | Através do modo de falha e criticidade para eficácia do sistema | Equipe de Inspeção | Rondas |

| Selecionar Apenas Ações Preventivas Aplicáveis e Efetivas | Forma (Como?) | Responsável (Quem?) | Prazo (Quando?) |
|--|---|--------------------------------|-----------------------------|
| Manutenção na bomba | Manutenção na alavanca, sistema de abastecimento e sistema interno da bomba | Equipe de Manutenção | Ao apresentar desvios |
| Manutenção no Reservatório | Abastecer reservatório, trocar e / ou reparar reservatório | Equipe de Manutenção | A cada 168 dias |
| Manutenção nos pontos de lubrificação | Realizar limpezas, e troca se necessário | Equipe de Manutenção | Sempre que houver obstrução |
| Manutenção dos distribuidores | Realizar limpezas e troca se necessário | Equipe de Manutenção | Sempre que houver obstrução |
| Manutenção das tubulações | Realizar limpeza, retirada de vazamento e troca se necessário | Equipe de Manutenção | Ao apresentar desvios |