



FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
PRO-REITORIA DE GRADUAÇÃO
ENGENHARIA MECÂNICA



EDUARDO MACHADO CUNHA
IAGO AGUIAR FIGUEREDO
RACHEL XAVIER SILVA DE LIMA

ESTUDO DE CASO DE UM SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO
CENTRALIZADA NO ROLAMENTO DE UM STACKER-
RECLAIMER

VOLTA REDONDA

2021

EDUARDO MACHADO CUNHA

IAGO AGUIAR FIGUEREDO

RACHEL XAVIER SILVA DE LIMA

**ESTUDO DE CASO DE UM SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO
CENTRALIZADA NO ROLAMENTO DE UM STACKER-
RECLAIMER**

Dissertação apresentada ao curso de ENGENHARIA MECÂNICA do Centro Universitário de Volta Redonda – UniFOA, como requisito obrigatório para obtenção do título de Engenheiro Mecânico.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Fernandes Habibe

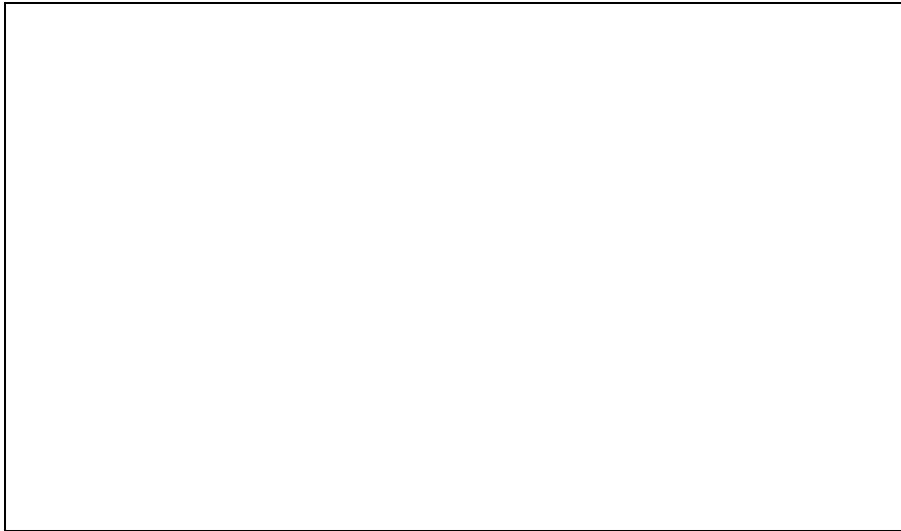
Coorientador: Prof. Dr. Alexandre Alvarenga Palmeira

VOLTA REDONDA

2021

FICHA CATALOGRÁFICA

Bibliotecária: Alice Tacão Wagner - CRB 7/RJ 4316





**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA CENTRO
UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA PRO-REITORIA
DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO ENGENHARIA
MECÂNICA**



EDUARDO MACHADO CUNHA

IAGO AGUIAR FIGUEREDO

RACHEL XAVIER SILVA DE LIMA

Estudo de Caso de um Sistema de
Lubrificação Centralizada no Rolamento de
um Stacker-Reclaimer

**ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA OBTENÇÃO DO
TÍTULO DE “ENGENHEIRO MECÂNICO”**

**APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE ENGENHARIA
MECÂNICA**

Prof. Dr. Sandro Rosa Correa
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. ALEXANDRE FERNANDES HABIBE
1º Membro da banca/Orientador/UniFOA

Prof. Dr. ALEXANDRE ALVARENGA PALMEIRA
2º Membro da banca/UniFOA

Prof. MSc. RUI AURÉLIO BARBOSA
3º Membro da banca/UniFOA

Maio de 2021.

DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho primeiramente a Deus por toda a força nos dada ao longo do período de graduação, aos nossos pais, irmãos, demais familiares e amigos.

Dedicamos também a todo o corpo docente da UniFoa aos quais adquirimos enriquecedor conhecimento ao longo de nossos anos acadêmicos.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer a Deus acima de tudo, pois foram anos de bastante luta e aprendizado.

Foram anos de estudo e dedicação, agravados por uma pandemia na qual estamos até o dia de hoje isolados em nossas casas. Porém, sem o apoio de Deus, nossas famílias, nossos amigos e do corpo docente da Unifoa, nossa jornada rumo a conclusão da graduação seria bem mais difícil do que já foi.

Gostaríamos também de expressar nossa gratidão por todas as pessoas que torceram e torcem pelo nosso sucesso, e deixar o nosso muito obrigado!

EPÍGRAFE

“A competitividade tecnológica de uma nação não começa na indústria, mas sim em uma sala de aula”.

CUNHA, E.M. **Confiabilidade do Equipamento**. 2021. Dissertação (ENGENHARIA MECÂNICA) – Fundação Oswaldo Aranha, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, 2021.

RESUMO

Este trabalho é um estudo de caso voltado para aumento da confiabilidade na lubrificação do rolamento central de um Stacker-Reclaimer através da implementação de um sistema de lubrificação centralizada por graxa. Utilizamos como metodologia primeiramente um estudo sobre lubrificantes e suas propriedades, considerando a segurança ao analisarmos a redução do tempo de exposição do colaborador que irá realizar a manutenção no equipamento, análise de fatores como atrito e oxidação, especificação da quantidade de graxa requerida no rolamento, do tempo ideal de relubrificação, especificação dos materiais e componentes necessários, do tipo de lubrificante, elaboração de um plano de manutenção adequada e estudo econômico do projeto. Obtivemos como resultados uma garantia de maior segurança e confiabilidade do sistema de lubrificação, seja em relação a vida humana ou ao equipamento. Um sistema centralizado garante um número muito reduzido de paradas da máquina para manutenção, obtendo assim um ganho operacional. A vida útil do rolamento irá aumentar consideravelmente, levando em consideração que o ambiente em que se encontra a máquina é extremamente agressivo devido a presença de diversos contaminantes e o sistema centralizado garante uma melhor vedação em geral. Também foi realizada uma visita técnica a uma grande Siderúrgica da região, a CSN, para melhor compreensão do processo. Portanto, o sistema de lubrificação centralizado trará diversos benefícios se comparado ao método manual, aumentando assim a produtividade da empresa que adotar o equipamento em seu processo.

Palavras-chave: Lubrificação; Sistema Centralizado; Rolamento.

CUNHA, E. M. **Equipment Reliability**. 2021. Dissertation (Mechanical Engineering) – Fundação Oswaldo Aranha, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, 2021.

ABSTRACT

This work is a case study aimed at increasing the reliability of the lubrication of the central bearing of a Stacker-Reclaimer through the implementation of a centralized grease lubrication system. We used as a methodology first a study on lubricants and their properties, consideration of safety when analyzing the reduction of time exposure of the employee who will perform the maintenance on the equipment, analysis of factors such as friction and oxidation, specification of the amount of grease required in the bearing, of the time ideal for relubrication, specification of the necessary materials and components, the type of lubricant, elaboration of an adequate maintenance plan and economic study of the project. As a result, we obtained a guarantee of greater safety and reliability of the lubrication system, whether in relation to human life or to the equipment. A centralized system guarantees a very low number of machine stops for maintenance, thus obtaining an operational gain. The service life of the bearing will increase considerably, taking into account that the environment in which the machine is located is extremely aggressive due to the presence of various contaminants and the centralized system guarantees a better seal in general. A technical visit was also made to a large steel company in the region, the CSN, to better understand the process. Therefore, the centralized lubrication system will bring several benefits when compared to the manual method, thus increasing the productivity of the company that adopts the equipment in its process.

Keywords: Lubrication, Centralized System, Bearing.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: O atrito de um corpo deslizando é igual à força necessária para superá-lo..... | 24 |
| Figura 2: O atrito pode variar..... | 25 |
| Figura 3: O atrito causa calor. | 25 |
| Figura 4: Atrito fluido e sólido. | 26 |
| Figura 5: L10 Vida útil da graxa e vida útil básica do rolamento versus velocidade para um rolamento 6204-2Z operando sob condições de teste a 70 °C..... | 36 |
| Figura 6: L50 Vida útil da graxa e vida útil do rolamento versus carga para graxas com ureia. $n = 10.000$ rpm, $T = 150$ °C..... | 39 |
| Figura 7: Rolamento Radial..... | 59 |
| Figura 8: Rolamento Axial. | 60 |
| Figura 9: Anel interno. | 61 |
| Figura 10: Anel externo. | 61 |
| Figura 11: Elementos rolantes..... | 62 |
| Figura 12: Gaiola..... | 62 |
| Figura 13: Rolamento de esferas. | 63 |
| Figura 14: Rolamento de rolos cilíndricos. | 64 |
| Figura 15: Rolamento tipo agulha. | 65 |
| Figura 16: Rolamento de esferas axial..... | 65 |
| Figura 17: Rolamento de rolos cônicos. | 66 |
| Figura 18: Exemplo de Sistema Centralizado Linha Simples..... | 69 |
| Figura 19: Exemplo de Sistema Centralizado Progressivo..... | 70 |
| Figura 20: Exemplo de Sistema Centralizado Linha Dupla. | 71 |
| Figura 21: Manutenção do Stacker-Reclaimer. | 72 |
| Figura 22: Manutenção do Stacker-Reclaimer em período noturno. | 73 |
| Figura 23: Desenho técnico Stacker-Reclaimer. | 74 |
| Figura 24: Acionamento do rolamento central do Stacker-Reclaimer. | 76 |
| Figura 25: Montagem do rolamento central..... | 76 |
| Figura 26: Conjunto de giro mesa/rolamento. | 76 |

| | |
|--|----|
| Figura 27: Distribuição dos pontos de lubrificação do sistema centralizado. | 77 |
| Figura 28: Diagrama de Blocos..... | 79 |
| Figura 29: Fluxograma da memória de cálculo. | 81 |
| Figura 30: Exemplo de teste de penetração para verificar consistência da graxa. | 82 |
| Figura 31: Graxa Mobil Mobilux EP2..... | 83 |
| Figura 32: Exemplo de Graxa Mobil Mobilux EP2..... | 88 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1: Definição das faixas de velocidade. Aqui $n \cdot d_m$ é o produto da rotação velocidade (r / min) e diâmetro médio do rolamento (mm). | 33 |
| Tabela 2: Lista de Materiais..... | 78 |
| Tabela 3: Grau de consistência NLGI..... | 82 |
| Tabela 4: Fator de correção do rolamento..... | 86 |
| Tabela 5: Fator para Correção..... | 87 |
| Tabela 6: Especificações da Bomba..... | 88 |
| Tabela 7: Especificação dos Distribuidores | 89 |
| Tabela 8: Orçamento do Projeto..... | 90 |
| Tabela 9: Plano de Manutenção do Equipamento..... | 91 |

LISTA DE EQUAÇÕES

| | |
|------------------------|-----------|
| Equação 1 | 36 |
| Equação 2 | 36 |
| Equação 3 | 36 |
| Equação 4 | 84 |
| Equação 5 | 85 |
| Equação 6 | 85 |
| Equação 7 | 86 |
| Equação 8 | 86 |
| Equação 9 | 87 |

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

| | |
|------------------|--|
| PAG | <i>Polialquilenos</i> |
| PAO | <i>Hidrocarbonetos Sintéticos</i> |
| EP | <i>Extrema Pressão</i> |
| ASTM | <i>American Society for Testing and Materials.</i> |
| Tr | <i>Tempo de Relubrificação</i> |
| A.C. | <i>Antes de Cristo</i> |
| EUA | <i>Estados Unidos da América</i> |
| PTFE | <i>Poli-tetra-flúor-etileno</i> |
| VI | <i>Índice de viscosidade</i> |
| NLGI | <i>National Lubricating Grease Institute</i> |
| PAO | <i>poliafaolefinas</i> |
| PFPE | <i>Perfluoropoliéter</i> |
| PAG | <i>Polialquilenoglicóis</i> |
| TPP | <i>Trifenilfosfato</i> |
| PIB | <i>Poliisobutenos</i> |
| AW | <i>Antidesgaste</i> |
| EHD | <i>Eletrohidrodinâmica</i> |
| CLP | <i>Controlador Lógico Programável</i> |
| DC | <i>Corrente Continua</i> |
| AC | <i>Corrente Alternada</i> |
| CSN | <i>Companhia Siderúrgica Nacional</i> |
| Eq | <i>Equação</i> |
| MDI | <i>Diisocianato de metileno-difenil</i> |
| TDI | <i>Diisocianato de tolueno</i> |
| Li | <i>Lítio</i> |
| Ca | <i>Cálcio</i> |
| Al | <i>Alumínio</i> |
| MoS ₂ | <i>Dissulfeto de molibdênio</i> |

| | |
|--------|------------------------------|
| r/min | <i>Rotações por minuto</i> |
| mm | <i>Milímetros</i> |
| mm/min | <i>Milímetros por minuto</i> |
| T | <i>Temperatura</i> |
| °C | <i>Graus Celsius</i> |
| P | <i>Carga equivalente</i> |
| n | <i>Velocidade</i> |
| Pa | <i>Pascal</i> |
| Cst | <i>Centistokes</i> |
| µm | <i>Micrometro</i> |
| g | <i>Gramas</i> |
| Min | <i>Minutos</i> |
| RPM | <i>Rotações por Minuto</i> |

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 21 |
| 1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS | 22 |
| 1.2. OBJETIVOS | 22 |
| 1.2.1. Objetivo geral | 22 |
| 1.2.2. Objetivos específicos | 22 |
| 1.3. JUSTIFICATIVA | 23 |
| 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 23 |
| 2.1. ATRITO | 23 |
| 2.1.1. Causas de atrito sólido | 23 |
| 2.1.2. Fatores que influenciam o atrito | 24 |
| 2.1.3. Efeito do Atrito | 24 |
| 2.2. LUBRIFICAÇÃO | 27 |
| 2.2.1. Categorias de lubrificantes | 27 |
| 2.2.1.1. Lubrificantes Líquidos | 28 |
| 2.2.1.2. Lubrificantes Coesivos..... | 28 |
| 2.2.1.3. Lubrificantes Sólidos..... | 29 |
| 2.2.2. Óleos Lubrificantes | 30 |
| 2.2.3. Graxa | 32 |
| 2.2.3.1. Condições Operacionais | 32 |
| 2.2.3.2. Fluxo de graxa | 33 |
| 2.2.3.3. Oxidação..... | 35 |
| 2.2.3.4. Vida Útil da Graxa..... | 35 |
| 2.2.3.5. Temperatura | 37 |
| 2.2.3.6. Velocidade | 38 |
| 2.2.3.7. Carga | 38 |
| 2.2.3.8. Tipo do Rolamento..... | 39 |

| | |
|---|-----------|
| 2.2.3.9. Tipo de Graxa | 40 |
| 2.2.3.10. Meio Ambiente..... | 40 |
| 2.2.4. Composição e propriedades da graxa | 40 |
| 2.2.4.1. Óleos..... | 40 |
| A) Óleo Básico..... | 40 |
| B) Óleos de Triglicerídeo | 42 |
| C) Óleos Minerais | 42 |
| C.1 Óleos Parafínicos | 43 |
| C.2 Óleos Naftênicos | 44 |
| C.3 Aromático | 44 |
| D) Óleos Sintéticos | 45 |
| D.1 Polialquilenoglicóis (PAG) | 46 |
| D.2 Ésteres Orgânicos | 46 |
| D.3 Ésteres de ácido dibásico..... | 47 |
| D.4 Ésteres de poliol | 48 |
| D.5 Ésteres ftalatos..... | 48 |
| D.6 Ésteres de ácido trimelítico..... | 48 |
| D.7 Ésteres Poliméricos Sintéticos | 49 |
| D.8 Ésteres Fosfato | 49 |
| D.9 Hidrocarbonetos Sintéticos(PAO)..... | 50 |
| D.10 Hidrocarbonetos Aromáticos Sintéticos Alquilados | 51 |
| D.11 Fluidos de tração-cicloalifáticos | 51 |
| D.12 Polibutileno e Poliisobutilenos..... | 52 |
| D.13 Éteres polifenílicos | 52 |
| D.14 Silicones..... | 53 |
| D.15 Perfluoropoliéteres | 54 |
| 2.2.4.2. Aditivos EP..... | 54 |

| | |
|---|----|
| 2.2.4.3. Espessante | 55 |
| A) Graxas de sabão de lítio | 56 |
| B) Graxas de sabão complexo de lítio | 57 |
| C) Graxas De Sabão De Cálcio | 57 |
| D) Graxas de sabão de complexo de cálcio..... | 57 |
| E) Graxas de sabão de sódio | 58 |
| F) Graxas de sabão de complexo de sódio | 58 |
| G) Graxas de sabão de alumínio | 59 |
| H) Graxas de Complexo de Alumínio..... | 59 |
| I) Graxas de poliureia | 59 |
| 2.3. ROLAMENTOS | 60 |
| 2.3.1. Rolamentos radiais e axiais..... | 60 |
| 2.3.2. Componentes | 60 |
| 2.3.3. Tipos de rolamentos | 63 |
| 2.3.3.1. Rolamentos de esferas | 63 |
| 2.3.3.2. Rolamentos de Rolos..... | 64 |
| 2.3.3.3. Rolamento de agulhas | 64 |
| 2.3.3.4. Rolamento axial de esferas..... | 65 |
| 2.3.3.5. Rolamentos de rolo cônico..... | 65 |
| 2.4. SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO CENTRALIZADA | 66 |
| 2.4.1. Comparação das disposições de lubrificação manual e automática | 68 |
| 2.4.2. Tipos de Sistema de Lubrificação Centralizada | 69 |
| 2.4.2.1. Linha Simples Paralelo (Paralelo ou não progressivo) | 69 |
| 2.4.2.2. Linha Simples Série ou Progressivo | 70 |
| 2.4.2.3. Sistema Centralizado Linha Dupla..... | 71 |
| 2.5. STACKER-RECLAIMER | 72 |

| | |
|---|-----------|
| 2.5.1. Rolamento Central do Stacker-Reclaimer | 75 |
| 3. MATERIAIS E MÉTODOS | 78 |
| 3.1. MATERIAIS | 78 |
| 3.2. MÉTODOS | 78 |
| 3.2.1. Metodologia Aplicada | 79 |
| 3.2.2. Fluxograma para Especificação do Tempo de Relubrificação | 81 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES | 82 |
| 4.1. ENSAIO DO GRAU DE CONSISTÊNCIA DA GRAXA | 82 |
| 4.1.1. Penetração do cone (ASTM D217) | 82 |
| 4.2. SELEÇÃO DO LUBRIFICANTE | 83 |
| 4.3. DADOS TÉCNICOS DO ROLAMENTO | 84 |
| 4.4. MEMÓRIA DE CÁLCULO | 84 |
| 4.4.1. Cálculo do Diâmetro Médio(Dm) do rolamento | 84 |
| 4.4.2. Cálculo da Rotação (n) | 85 |
| 4.4.3. Cálculo da Velocidade Periférica(Vp) | 85 |
| 4.4.4. Cálculo do Fator de Velocidade(DN) | 86 |
| 4.4.5. Cálculo do tempo de relubrificação(Tr) | 86 |
| 4.4.6. Cálculo da massa de graxa para relubrificação do rolamento | 87 |
| 4.5. SELEÇÃO DA BOMBA | 88 |
| 4.6. SELEÇÃO DOS DISTRIBUIDORES | 89 |
| 4.7. SELEÇÃO DOS DEMAIS COMPONENTES | 89 |
| 4.8. ORÇAMENTO | 90 |
| 4.9. PLANO DE MANUTENÇÃO | 90 |
| 5. CONCLUSÕES | 92 |
| 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 93 |
| 7. ANEXOS | 94 |
| 7.1. ANEXO A – CATÁLOGO GRAXA MOBIL MOBILUX | 94 |

| | |
|---|-----|
| 7.2. ANEXO B – TRECHO RETIRADO DO CATÁLOGO DA ROTHE ERDE..... | 96 |
| 7.3. ANEXO C – CATÁLOGO DA BOMBA MOTORIZADA..... | 97 |
| 7.4. ANEXO D – CATÁLOGO PAINEL DE ACIONAMENTO E PROTEÇÃO..... | 99 |
| 7.5. ANEXO E – CATÁLOGO GABINETE DE PROTEÇÃO..... | 101 |
| 7.6. ANEXO F - CATÁLOGO DISTRIBUIDORES LINHA DUPLA BM..... | 102 |
| 7.7. ANEXO G – CATÁLOGO SISTEMA LINHA DUPLA - ACESSÓRIOS . | 104 |

1. INTRODUÇÃO

A palavra "graxa" é derivada da palavra latina "crassus", que significa gordura. Já em 1400 A.C., tanto a gordura de carneiro quanto a de boi eram usadas como graxas em eixo de carruagens. As primeiras formas de lubrificantes de graxa antes do século 19 eram amplamente baseadas em triglicerídeos naturais, gorduras e óleos animais, comumente conhecidos como 'graxa'. A renderização parcial de gorduras com cal ou soda cáustica produziria graxas simples que eram eficazes como lubrificantes para eixos de madeira e máquinas simples. Os triglicerídeos são bons lubrificantes de limite que apresentam baixos coeficientes de fricção, mas apresentam baixa estabilidade oxidativa em elevadas temperaturas de operação.

Após a descoberta de petróleo nos EUA em 1859, a maioria dos lubrificantes era baseada em óleo mineral. As primeiras graxas "modernas" eram sabões de cal ou de cálcio, que hoje não são muito usados em rolamentos. Eles podem, no entanto, ser usados desde que as temperaturas continuem baixas. Posteriormente, foram desenvolvidas as graxas de alumínio e sódio, que podiam suportar temperaturas mais altas. Até a Segunda Guerra Mundial, apenas essas graxas de cálcio, sódio e alumínio eram usadas.

Nas décadas de 1930-1940, novos espessantes foram descobertos para graxas multifuncionais, à base de cálcio, lítio e bário. Em 1940, foram emitidas as primeiras patentes de graxa de complexo de cálcio e graxa de lítio. Hoje, mais de 50% do mercado ainda é composto por graxa de lítio.

As graxas de complexo de alumínio foram desenvolvidas na década de 1950 e as graxas de complexo de lítio na década de 1960. O uso da poliureia teve início na década de 1980, principalmente no Japão.

Em 1992, um novo tipo de graxa foi inventado por Meijer, onde o espessante compreende uma mistura de um polímero de alto peso molecular e baixo peso molecular de propileno. A estrutura da graxa pode ser obtida por meio de têmpera rápida. Esse tipo de graxa foi testado com sucesso e é usado hoje, por exemplo, em rolamentos de fábricas de papel. Outro exemplo é a graxa de nanotubo.

Lubrificantes de graxa são usados em uma grande variedade de ambientes. As temperaturas operacionais para aplicações lubrificadas com graxa variam de -70°C a 300°C , podendo exceder um pouco o valor máximo. Eles também são usados em atmosferas de vácuo encontradas em aplicações espaciais. Mais frequentemente, o ambiente operacional envolve atmosferas úmidas, exposição à água salgada e muitos outros tipos de agentes corrosivos que afetam o desempenho dos rolamentos e elementos da máquina. A composição química dos lubrificantes de graxa varia consideravelmente para acomodar a grande variedade de aplicações e extremos em ambientes operacionais. A graxa é comumente usada para lubrificação de rolamentos como uma fonte econômica e conveniente de lubrificação.

1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Um dos maiores temas de análise de manutenção se dá na lubrificação de equipamentos e de seus pontos críticos de desgaste. Um dos motivos pelo qual ocorre falhas é a falta de lubrificação ou também por uso de lubrificante não recomendado pelo fabricante.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. **Objetivo geral**

Desenvolver um sistema de lubrificação centralizada com ênfase no rolamento central do equipamento Stacker-Reclaimer.

1.2.2. **Objetivos específicos**

Será listado abaixo alguns objetivos específicos:

- Aumento da confiabilidade do sistema de lubrificação;
- Especificação do lubrificante;
- Especificação do tempo de relubrificação e da quantidade de graxa para relubrificar o rolamento central;
- Especificação dos componentes do sistema centralizado de lubrificação e sua vazão;

1.3. JUSTIFICATIVA

Esse estudo de caso foi pensado a partir da necessidade de garantir uma maior confiabilidade do sistema de lubrificação. Também foi considerado o ambiente extremamente poluído ao redor do local onde o equipamento se estabelece, e sendo assim, uma lubrificação automática com menores tempos de intervalos irá retirar partículas contaminadas que poderiam danificar o rolamento central, aumentando assim a vida útil do rolamento.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. ATRITO

Quando um corpo desliza sobre outro, uma força de resistência deve ser superada. Esta força é chamada de atrito. Se os corpos forem rígidos, isso é chamado de atrito sólido. O atrito sólido pode ser estático ou cinético - o primeiro encontrado ao iniciar o movimento de um corpo em repouso, o último quando um corpo está em movimento.

Distinto do atrito sólido está o atrito fluido, uma força normalmente menos resistiva que ocorre entre as moléculas de um gás ou líquido em movimento.

2.1.1. Causas de atrito sólido

O atrito sólido ou deslizante se origina de duas fontes amplamente diferentes. A fonte mais óbvia é a rugosidade da superfície. Nenhuma superfície usinada, por mais polida que seja, é idealmente suave. Embora a máquina moderna seja capaz de produzir acabamentos que se aproximam, por outro lado, irregularidades microscópicas existem inevitavelmente. Protuberâncias minúsculas em uma superfície são chamadas de rugosidades. Quando dois sólidos se esfregam, a interferência entre os opostos das rugosidades são responsáveis por uma parte considerável do atrito, especialmente se as superfícies são duras.

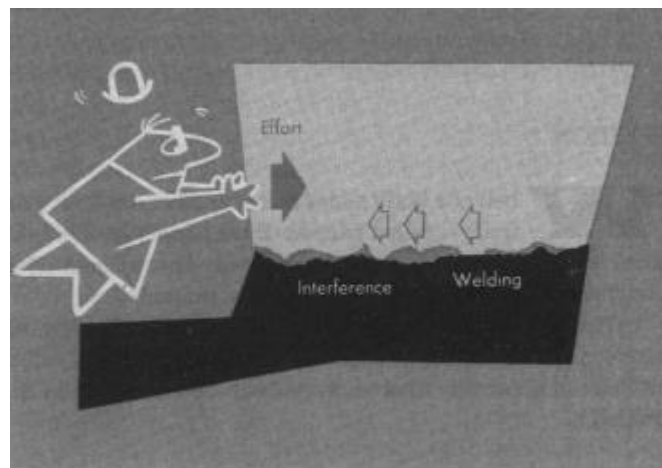
A outra causa do atrito de deslizamento é a tendência das áreas mais planas das superfícies soldarem a altas temperaturas que ocorrem sob

cargas pesadas. A ruptura das minúsculas ligações criadas dessa maneira é responsável por grande parte do atrito que pode ocorrer entre as peças da máquina. Em superfícies finamente polidas, de fato, essas minúsculas soldas constituem uma importante fonte de resistência potencial ao atrito.

2.1.2. Fatores que influenciam o atrito

Para corpos rígidos em contato direto, o atrito estático é maior do que o atrito cinético, ou seja, o arrasto de fricção é menor quando um corpo está em movimento em relação ao corpo oposto. O atrito deslizante varia apenas com a força que pressiona as duas superfícies uma contra a outra; isto é independente da velocidade e da área aparente de contato.

Figura 1: O atrito de um corpo deslizante é igual à força necessária para superá-lo.

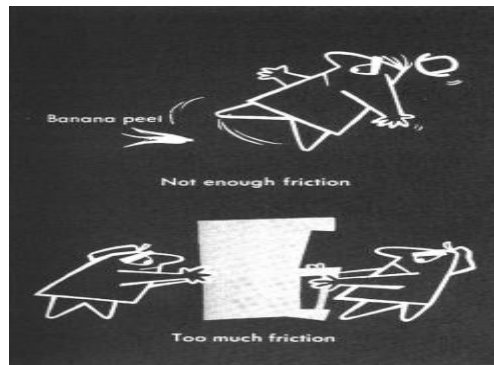


Fonte: (BLOCH, 2000)

2.1.3. Efeito do Atrito

Em alguns aspectos, é uma sorte que exista atrito. Sem atrito, caminhar seria impossível e, no automóvel, um freio seria inútil. Por outro lado, quase todos os mecanismos envolvem o deslizamento de uma parte contra a outra.

Figura 2: O atrito pode variar.



Fonte: (BLOCH, 2000)

Já no caso da figura 3, o atrito é bastante indesejável. É necessário trabalho para superar esse atrito, e a energia desperdiçada acarreta uma perda de potência e eficiência. Sempre que atrito é superado, o deslocamento das suas partículas gera calor e temperaturas excessivas operando desta forma pode ser bastante destrutivo. O mesmo calor de fricção que acende um fósforo é o que “queima” o rolamento de um motor.

Figura 3: O atrito causa calor.



Fonte: (BLOCH, 2000)

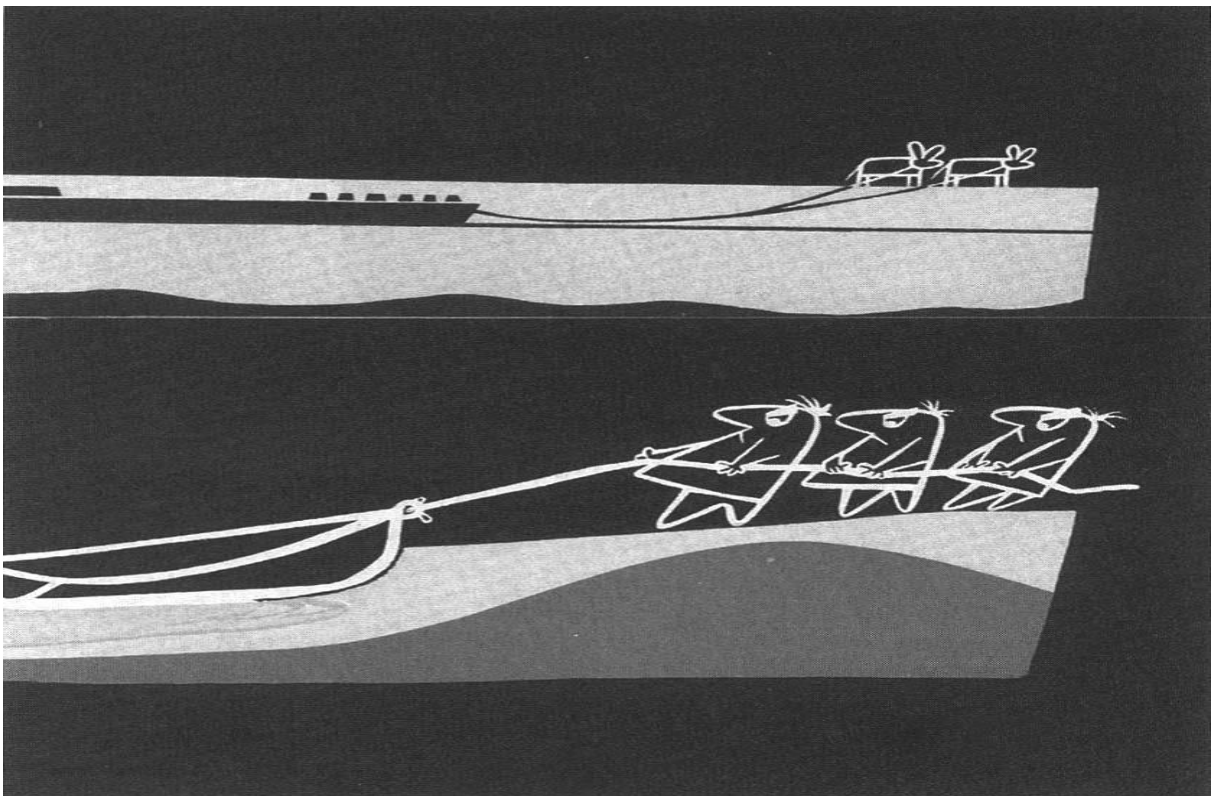
Adicionalmente, onde há atrito sólido, há desgaste: perda de material devido a ação de corte de rugosidades opostas ao cisalhamento de superfícies infinitesimalmente soldadas. Nos casos extremos, a soldagem pode realmente

causar a apreensão das partes móveis. Seja um dente de engrenagem ou munhão que estiver envolvido no movimento, os efeitos prejudiciais do atrito não devem ser subestimados.

Uma das tarefas do engenheiro é controlar o atrito - aumentar o atrito onde o atrito é necessário e para reduzi-lo onde for questionável. Esta discussão está preocupada com a redução do atrito.

Há muito tempo foi reconhecido que se um par de corpos deslizantes são separados por um fluido ou filme semelhante a um fluido, o atrito entre eles é grandemente diminuído. Um barco pode ser rebocado através de um canal muito mais facilmente do que pode ser arrastado, digamos, por uma praia arenosa. A Figura 4 pode nos exemplificar melhor.

Figura 4: Atrito fluido e sólido.



Fonte: (BLOCH, 2000)

2.2. LUBRIFICAÇÃO

O princípio de suportar uma carga deslizante em um filme redutor de atrito é conhecido como lubrificação. A substância de que o filme é composto é um lubrificante. Estes não são conceitos novos, nem em sua essência. Os fazendeiros lubrificavam os eixos de seus carros de boi com gordura animal séculos atrás.

As máquinas modernas tornaram-se muito mais complicadas desde os dias do carro de boi, e as demandas colocadas sobre o lubrificante tornaram-se proporcionalmente mais exigente. Embora o princípio básico ainda prevaleça - a prevenção de contato metal com metal por meio de uma camada intermediária de fluido ou semelhante a fluido material - a lubrificação moderna tem de tornar-se um estudo complexo.

2.2.1. Categorias de lubrificantes

A título de introdução, uma breve visão geral das principais categorias de lubrificantes será mostrada a seguir. Os lubrificantes são divididos nos seguintes grupos:

- gasosos;
- líquidos;
- coesos;
- sólidos.

Entre estes, os lubrificantes gasosos são insignificantes porque os custos de construção para equipamentos de lubrificação a gás ou ar são muito altos.

Como seria lógico supor, os lubrificantes, no sentido global, não devem apenas reduzir o atrito e o desgaste, mas também:

- dissipar calor;
- proteger as superfícies;
- conduzir eletricidade;
- manter as partículas estranhas do lado de fora;

- remover partículas de desgaste.

2.2.1.1. Lubrificantes Líquidos

Lubrificantes líquidos incluem:

- óleos graxos;
- óleos minerais;
- óleos sintéticos.

A tarefa dos lubrificantes líquidos é abrangente. Servem para:

- dissipar o calor;
- proteger as superfícies;
- conduzir eletricidade;
- remova as partículas de desgaste.

Os óleos gordurosos não são muito eficientes como óleos lubrificantes. Mesmo que sua lubrificação seja geralmente muito boa, sua resistência às temperaturas e à oxidação é pobre. Óleos minerais são usados com mais frequência como óleos de lubrificação, mas a importância dos óleos sintéticos é aumentada constantemente. Esses óleos oferecem as seguintes vantagens:

- maior estabilidade à oxidação;
- resistência a altas e baixas temperaturas;
- lubrificação de longo prazo e vitalícia.

Os agentes anticorrosivos são produtos especiais que também cumprem tarefas de lubrificação.

2.2.1.2. Lubrificantes Coesivos

Lubrificantes coesivos incluem:

- graxas lubrificantes;
- pastas lubrificantes;
- ceras lubrificantes.

A tarefa deles é:

- proteger as superfícies;
- conduzir eletricidade;
- manter as partículas estranhas do lado de fora.

As ceras lubrificantes são baseadas em hidrocarbonetos de alto peso molecular e são de preferência usadas para lubrificação limitada ou parcial em baixas velocidades.

As graxas lubrificantes são baseadas em um óleo e um espessante transmitindo a eles sua estrutura coesa. Eles podem ser usados para lubrificação elastohidrodinâmica, limitada ou parcial.

As pastas lubrificantes contêm uma alta porcentagem de lubrificantes sólidos. Elas são usadas em caso de lubrificação limitada e parcial, especialmente para folga, transição e ajustes de pressão. Lubrificantes coesivos são usados quando o lubrificante não deveria escoar, porque não há vedação adequada e / ou quando é necessária resistência a líquidos. Esses tipos de lubrificantes desempenham um papel cada vez mais importante, uma vez que é possível alcançar a longo tempo de vida da lubrificação com quantidades mínimas.

2.2.1.3. Lubrificantes Sólidos

Lubrificantes sólidos incluem:

- materiais tribossistema;
- revestimentos tribossistema;
- lubrificantes secos para tribossistemas.

Sua principal tarefa é proteger as superfícies.

Lubrificantes sólidos também incluem pós sintéticos, metálicos ou minerais, tal como PTFE, cobre, grafite e MoS₂. Como os pós são difíceis de aplicar, eles são usados principalmente como aditivos. Lubrificantes sólidos são normalmente usados como lubrificantes secos operando sob a condição limite

de lubrificação. Se lubrificantes líquidos ou coesivos forem incorporados no tribossistema materiais, pode até haver lubrificação parcial.

Lubrificantes sólidos são usados principalmente quando a aplicação de lubrificantes líquidos ou coesivos não é ideal por razões funcionais ou risco de contaminação e quando, ao mesmo tempo, as propriedades de lubrificação dos lubrificantes sólidos são suficientes.

2.2.2. Óleos Lubrificantes

Os óleos lubrificantes consistem em um óleo básico e aditivos que determinam seu desempenho característico. O óleo básico é responsável pelas propriedades típicas de um óleo. Os aditivos, no entanto, determinam seu desempenho real influenciando o óleo básico. Segue abaixo algumas características dos óleos lubrificantes:

- estabilidade de oxidação;
- propriedades anticorrosão;
- proteção contra desgaste;
- propriedades de lubrificação de emergência;
- comportamento de molhar;
- emulsibilidade;
- comportamento stick-slip;
- comportamento viscosidade-temperatura.

As vantagens de um óleo lubrificante em comparação com uma graxa são a melhor dissipação do ponto de atrito e suas excelentes propriedades de penetração e umectação. Sua principal desvantagem é que um complexo design é necessário para manter o óleo no ponto de atrito e evitar o perigo de vazamento.

Os óleos lubrificantes são usados em uma ampla variedade de elementos e componentes, como:

- rolamentos deslizantes;
- correntes;
- engrenagens;
- sistemas hidráulicos;
- sistemas pneumáticos.

Além de neutralizar o atrito e o desgaste, os óleos lubrificantes têm outros requisitos para cumprirem em várias aplicações, como por exemplo:

- proteção contra corrosão;
- neutralidade para os materiais aplicados;
- atender às regulamentações alimentares;
- resistência às temperaturas;
- biodegradabilidade.

Os óleos lubrificantes são aplicados em outras aplicações primárias ou secundárias como:

- óleos de amaciamento;
- óleos de deslizamento;
- óleos hidráulicos;
- óleos de instrumentos;
- óleos de compressor;
- óleos portadores de calor.

As principais tarefas, no entanto, continuam sendo lubrificação e proteção contra atrito e desgaste.

2.2.3. Graxa

Graxa é definida como um produto sólido, um semifluido ou dispersão de um agente espessante em um lubrificante líquido. Outros ingredientes que conferem propriedades especiais também podem ser incluídos.

Existem muitas situações em que a lubrificação pode ser realizada mais vantajosamente com graxa do que com óleo. A maioria das graxas lubrificantes consiste em óleos de petróleo espessados com sabonetes especiais que lhes conferem uma capacidade incomum de permanecer no lugar. A graxa é frequentemente usada, portanto, em aplicações para as quais não é prático fornecer um fornecimento de óleo. Embora as propriedades de retenção da graxa - também resistência ao calor, água, cargas extremas e outras condições adversas - dependam principalmente da proporção e do tipo de sabão, as próprias características de atrito estão relacionadas quase inteiramente ao teor de óleo. A viscosidade do óleo básico é um fator determinante na capacidade da graxa de fornecer uma película lubrificante adequada.

2.2.3.1. Condições Operacionais

O processo de lubrificação tem variações para diferentes velocidades e temperaturas e até mesmo para diferentes tipos de rolamentos. Em altas temperaturas, a oxidação e a perda de consistência desempenham um papel importante. Em temperaturas muito baixas, os valores altos de consistência e / ou viscosidade podem levar a um torque de atrito de inicialização muito alto. A janela de temperatura na qual uma graxa pode operar é fornecida pelo fabricante da graxa ou pelo fabricante do rolamento e é determinado por testes funcionais e de vida útil.

Em velocidades muito baixas, um rolamento pode ser preenchido com graxa porque as perdas por agitação serão mínimas. Isso implica que sempre haverá lubrificante suficiente nas entradas dos contatos. Em velocidades muito altas, a centrifugação de forças na graxa dentro do rolamento será tão alta que a maior parte da graxa se perderá nos contatos muito rapidamente, levando a uma severa privação ou, no caso de rolamentos vedados, a um contato entre o anel externo e o elemento rolante cheio demais. A definição da faixa de

velocidade é mais ou menos como dada na Tabela 1. O mecanismo de lubrificação que será descrito abaixo se aplica tipicamente a rolamentos funcionando em velocidade média.

Tabela 1: Definição das faixas de velocidade. Aqui nd é o produto da rotação velocidade (r / min) e diâmetro médio do rolamento (mm).

| Variedade | nd (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: (LUGT, 2013).

2.2.3.2. Fluxo de graxa

Após o enchimento inicial do sistema, a graxa é forçada a fluir pelos corpos rolantes e pela gaiola em movimento. A maior parte da graxa é empurrada para os lados, mas parte dela permanece perto dos contatos ou extremidades na gaiola. Para sistemas lubrificados com graxa, o enchimento inicial é de importância crucial. Muita graxa levará a agitação excessiva e, portanto, por causa da alta consistência da graxa, levará a níveis de atrito muito altos, que produzem o aumento das temperaturas de operação. Isso causará o colapso da estrutura da rede e a oxidação do óleo e do espessante, resultando em uma vida útil curta da graxa e vazamento para fora do sistema.

Pouca graxa reduz a eficiência de reabastecimento das pistas de corrida e, portanto, também leva a uma vida útil curta. Além da quantidade de graxa, a posição inicial da graxa no rolamento ou caixa de engrenagens antes da agitação também é importante. Diferenças relativamente pequenas no enchimento inicial podem levar a grandes diferenças no desempenho. No entanto, não há diferença no desempenho da graxa com relação ao torque de partida, temperatura e vazamento através das vedações se os rolamentos de esferas forem preenchidos de um lado apenas, desde que a mesma quantidade total de graxa seja colocada no rolamento em qualquer

condição de colocação. Isso indica que muitas vezes a maior parte da graxa em um rolamento de esferas participa da fase de fluxo inicial. O objetivo final é fornecer ao rolamento uma distribuição de graxa ideal para o desempenho do sistema - não muito, evitando que a graxa gire / flua continuamente, e não muito pouco, garantindo um suprimento ideal de óleo por sangramento ou cisalhamento. A quantidade de graxa que pode ser armazenada próximo às pistas de rolamento depende obviamente do design interno do rolamento e das propriedades de fluxo da graxa, ou seja, seu comportamento reológico. A distribuição da temperatura no rolamento também é importante aqui. Geralmente, por razões práticas, a temperatura do rolamento é medida no anel externo e a temperatura da gaiola quase nunca é relatada.

As condições de operação, e o design do equipamento, têm impacto no fluxo de graxa. Por exemplo, em um caso de arranjos de eixo vertical ou onde as vibrações estão presentes, a quantidade de graxa disponível para lubrificação será diferente das 'condições padrão'. Sob tais circunstâncias, geralmente uma graxa de alta consistência é usada para evitar que a graxa volte para a pista e para manter um reservatório de lubrificante adjacente à (s) fileira (s) de corpos rolantes.

Até agora, o fluxo de graxa nos rolamentos foi estudado apenas experimentalmente. As técnicas de visualização revelaram padrões de fluxo, mas a maior parte do trabalho foi indireta, relacionando o fluxo ao torque de atrito ou medições de temperatura. Um modelo quantitativo que permite a previsão da formação do reservatório de graxa não está disponível hoje.

O fluxo de graxa em um rolamento é um sistema de duas fases: uma mistura de ar e graxa. Estritamente, a separação do óleo também ocorre, adicionando outra fase ao sistema. Além disso, o envelhecimento térmico e mecânico ocorre, alterando continuamente as propriedades mecânicas da graxa. Outro fator complicador no estudo do fluxo de graxa em rolamentos é a grande variação na escala e nas taxas de cisalhamento dentro da configuração do rolamento. Entre os corpos rolantes, ocorre claramente a agitação com taxas de cisalhamento relativamente baixas. Na entrada dos contatos pode haver separação de fases, de modo que pode ocorrer um fluxo de jato ou mesmo a formação de gotículas.

2.2.3.3. Oxidação

Em altas temperaturas de operação, a oxidação pode ocorrer, o que reduz a vida útil da graxa significativamente. Os processos de oxidação ocorrem no óleo base sangrado, mas também na própria graxa, onde a formação de crostas pode levar a taxas de sangramento reduzidas. Os antioxidantes na graxa evitam esse processo de oxidação. No entanto, a ação dos antioxidantes limita isso por algum tempo e uma oxidação significativa não ocorre até que um certo "tempo de indução" tenha passado.

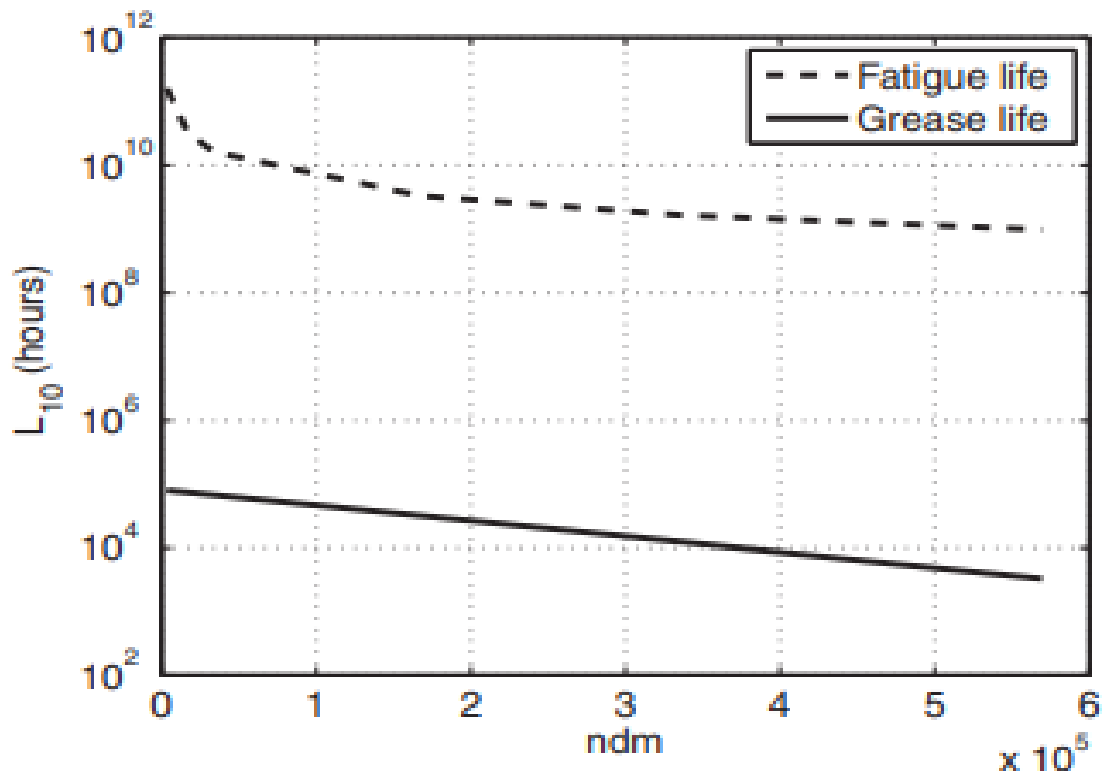
Em muitos casos os antioxidantes serão totalmente consumidos após 50% da vida útil da graxa. O tempo de indução é uma função da temperatura, propriedades da graxa e propriedades do material. Partículas de desgaste podem atuar como catalisadores e aumentar a taxa de reação, particularmente no caso de material de gaiola de latão. O último não significa que o uso de gaiolas de latão reduzirá a vida útil da graxa. Na verdade, as partículas de desgaste que contêm zinco, chumbo e cobre são bons lubrificantes sólidos e podem neutralizar esse efeito.

2.2.3.4. Vida Útil da Graxa

Modelos de vida útil da graxa foram desenvolvidos pelos fabricantes de rolamentos. Em comparação com os modelos de fadiga de vida, os desenvolvimentos científicos ainda são muito limitados e há muito a ser feito para o desenvolvimento de verdadeiros modelos físicos de vida com graxa. Apesar disso, esses modelos revelam os parâmetros importantes e o comportamento geral. Portanto, há muito que pode ser aprendido sobre os mecanismos de lubrificação desses modelos.

Os modelos de vida da graxa são modelos empíricos, que se baseiam em vários testes. Os equipamentos de teste usados para isso são principalmente equipamentos de teste de rolamentos de esferas, disponíveis no mercado por meio de fabricantes de rolamentos. As plataformas de teste de rolamentos de rolos geralmente são usadas apenas para testes funcionais, em vez de testes de vida.

Figura 5: L10 Vida útil da graxa e vida útil básica do rolamento versus velocidade para um rolamento 6204-2Z operando sob condições de teste a 70 °C.



Fonte: (LUGT, 2013).

Em geral, acredita-se que a vida útil da graxa segue na função da densidade da probabilidade Weibull. Os principais parâmetros que determinam a vida útil da graxa são voltados para a velocidade circunferencial (como $n \text{ dm}$), temperatura e carga. Como uma aproximação, a vida útil da graxa é exponencialmente dependente na velocidade (n) e temperatura (T):

$$\text{Graxa } \ln L \sim -n, \quad (\text{Eq. 01})$$

$$\text{Graxa } \ln L \sim -T, \quad (\text{Eq. 02})$$

Esperamos que a vida de fadiga do rolamento seja proporcional ao número de ciclos de estresse, portanto, inversamente proporcional à velocidade:

$$\text{Rolamento } L \sim n^{-1} \quad (\text{Eq. 03})$$

2.2.3.5. Temperatura

A principal razão para a velocidade e a temperatura serem os parâmetros mais importantes é que isso tem um grande impacto no filme hidrodinâmico e no envelhecimento mecânico e térmico da graxa. A oxidação é geralmente descrita com cinética de primeira ordem e a relação viscosidade-temperatura é descrita por uma relação mais ou menos exponencial. A graxa irá inicialmente formar um filme relativamente espesso, mas a inanição irá, em algum ponto do tempo, levar a severos contatos metais com metais, que iniciará as falhas. Tanto a espessura do filme totalmente inundado quanto a taxa de inanição são uma função da viscosidade do óleo. A taxa de decaimento é inversamente proporcional à viscosidade. Em temperaturas muito altas ocorre uma degradação severa e, finalmente, a graxa até mesmo perde sua consistência. Em baixas temperaturas, a graxa para de sangrar, ou se torna tão dura que o mecanismo de fluxo de lubrificante será diferente.

Todos os modelos de relubrificação / vida útil da graxa são desenvolvidos para uma "janela de temperatura verde", assumindo um comportamento geral e um certo mecanismo de lubrificação. Isso significa que os modelos só se aplicam às condições em que a oxidação não é muito severa, ou seja, onde a temperatura não é muito alta. A temperatura crítica na qual ocorre um desvio dos modelos pode ser testada com bastante facilidade, uma vez que a vida útil da graxa será relativamente curta em altas temperaturas. Esta temperatura é, portanto, muitas vezes especificada e chamada de 'limite de desempenho de alta temperatura. O limite de temperatura inferior é mais difícil de medir, uma vez que a vida útil da graxa é muito longa em temperaturas "mais baixas", levando a tempos de teste inaceitavelmente longos.

Por razões de segurança, a expectativa de vida é geralmente limitada a não mais do que duas vezes a vida a 70°C, ou seja, em temperaturas abaixo de 70°C a vida pode ser no máximo duas vezes a vida calculada com $T = 70^{\circ}\text{C}$, com exceção de rolamentos de conjunto completo e rolamentos axiais. Além disso, intervalos de relubrificação superiores a 30.000 horas não são aconselháveis. Em temperaturas extremamente altas, a graxa

perderá sua consistência. Este ponto é chamado de 'ponto de gota', que está relacionado ao 'limite de alta temperatura'. Obviamente, essa temperatura nunca deve ser excedida.

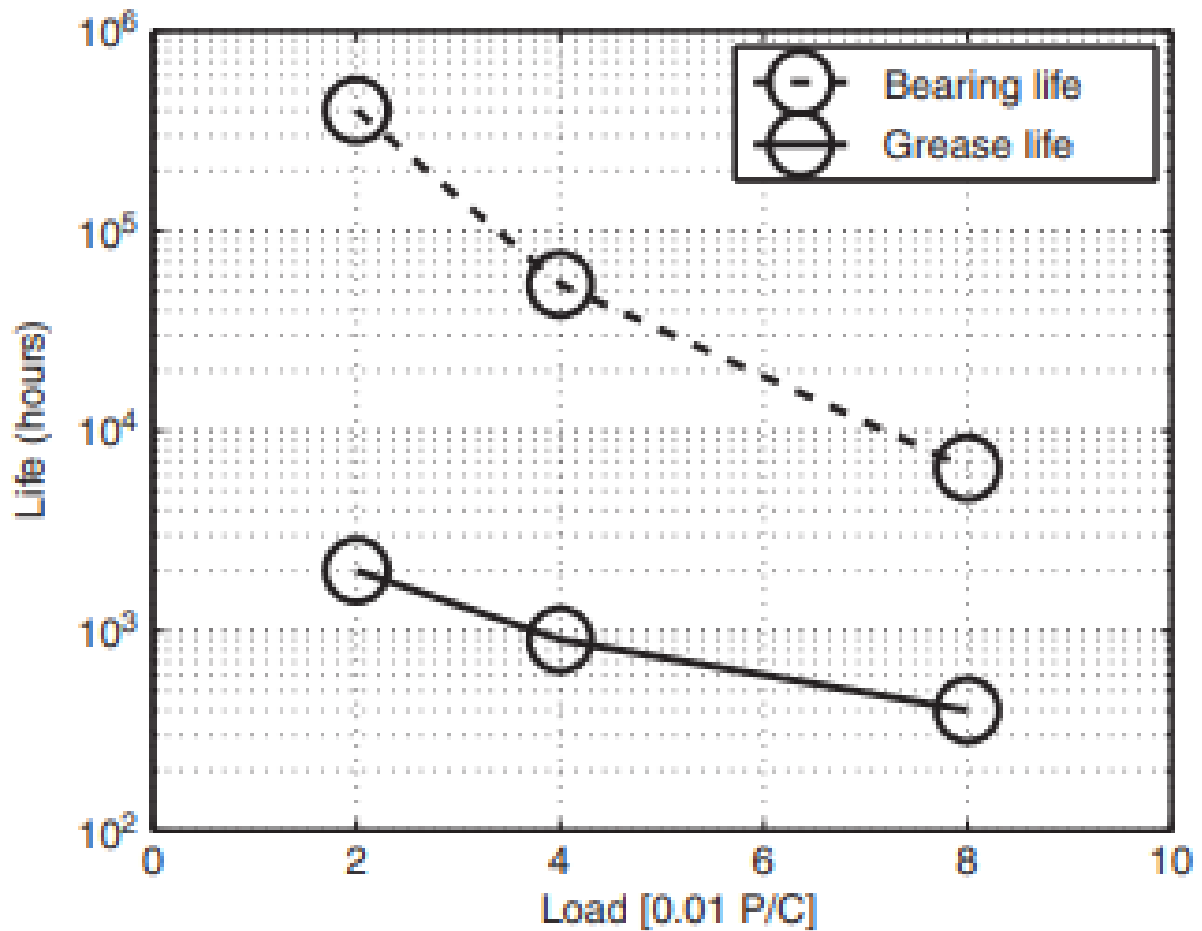
2.2.3.6. Velocidade

A vida útil da graxa diminui com o aumento da velocidade. No caso de condições totalmente inundadas, a espessura do filme aumenta com o aumento da velocidade e, portanto, acredita-se que a inanição é o mecanismo por trás desse efeito. Em alguns papéis, o tempo decrescente entre substituições sucessivas com o tempo decrescente correspondente para reabastecimento é dado como uma explicação para uma espessura de filme decrescente com a velocidade.

2.2.3.7. Carga

Outro parâmetro importante é a carga. Isso é mostrado na Figura 2-6, onde a vida da graxa e a vida à fadiga do rolamento são plotadas como uma função da carga para um exemplo específico. Em todos os modelos de vida útil da graxa (ou intervalos de relubrificação), a carga P é normalizada para a capacidade de carga do rolamento (C / P ou P / C). Essa capacidade C é definida como a carga na qual a vida de fadiga L_{10} é igual a um milhão de rotações. Isso sugere que há uma relação com a fadiga, o que obviamente não é o caso. Isso só é feito por conveniência para comparar a vida útil da graxa com a vida útil do rolamento. Algo semelhante se aplica a P , que é a carga equivalente e que é calculada a partir da carga radial e axial combinada que representa o mesmo estado de tensão como no caso de um rolamento carregado radialmente puro. O análogo à teoria da vida do rolamento é conveniente. A magnitude da carga do rolamento terá um impacto relativamente pequeno na espessura do filme lubrificante totalmente inundado, mas terá um impacto maior no tamanho do contato da taxa de privação, degradação da graxa e danos durante o contato metal com metal.

Figura 6: L50 Vida útil da graxa e vida útil do rolamento versus carga para graxas com ureia. $n = 10.000 \text{ rpm}$, $T = 150 \text{ }^\circ\text{C}$.



Fonte: (LUGT, 2013).

2.2.3.8. Tipo do Rolamento

A vida útil da graxa é sempre normalizada em rolamentos rígidos de esferas, que mostram a vida útil mais longa da graxa, o que significa que este tipo de rolamento é "mais fácil" de lubrificar do que outros tipos de rolamento. Isso pode estar relacionado à inanição mais focada nos contatos de linha, ao fluxo de graxa favorável devido ao giro da esfera e à geometria, por exemplo, ao possível bombeamento inerente devido a efeitos centrífugos ou diferentes designs de gaiola. Os rolamentos de rolos requerem uma graxa com uma taxa de sangramento mais alta, o que confirmaria que a taxa de privação é maior do que nos rolamentos rígidos de esferas.

2.2.3.9. Tipo de Graxa

Obviamente, a vida útil da graxa não é determinada apenas pelas condições de operação e tipo de rolamento. O tipo e a qualidade da graxa também são muito importantes. Uma boa graxa tem uma boa "consistência", boa "estabilidade ao cisalhamento", propriedades de sangramento e fluxo favoráveis e boa lubrificação de limite, incluindo propriedades de lubrificação. A viscosidade do óleo deve ser favorável para a velocidade e temperatura. Para determinar a vida útil da graxa, são necessários modelos e testes.

2.2.3.10. Meio Ambiente

Alguns outros fatores também podem causar um desvio do "mecanismo de lubrificação" padrão. No caso da rotação do anel externo, as forças centrífugas irão jogar graxa no anel externo, onde um acúmulo de graxa severamente trabalhada e degradada ocorrerá. Também no caso de arranjos de eixo vertical, a vida será diferente devido a uma diferença no fluxo de graxa durante a fase de agitação, mas também durante a fase de sangramento, onde os caroços podem facilmente cair na trilha.

Os efeitos de cargas de choque e vibrações também são frequentemente incorporados por meio de fatores de penalidade. Esses efeitos fazem com que pedaços de graxa das tampas / vedações caiam no rolamento, resultando em altas temperaturas e perda do reservatório de graxa. O mesmo se aplica ao efeito do ar fluir através do rolamento. Gotículas de lubrificante formadas atrás dos elementos rotativos serão arrastadas para fora do rolamento e não irão mais encher a entrada do próximo elemento rotativo. O fluxo de ar também terá um impacto na taxa de evaporação, especialmente em temperaturas mais altas.

2.2.4. Composição e propriedades da graxa

2.2.4.1. Óleos

A) Óleo Básico

Lubrificantes de graxa liberam fluidos que formam uma película de lubrificante líquido para reduzir o atrito de rolamentos e elementos de máquinas.

As propriedades de viscosidade do fluido do óleo em grande parte, determina o desempenho de lubrificantes de graxa. Os óleos devem permanecer fluidos em toda faixa de temperaturas operacionais e pressões de contato hertzianas. A viscosidade do óleo também deve fornecer lubrificação de filme completo em toda a faixa de variação e temperatura.

As propriedades físicas dos óleos que afetam a lubrificação são medidas por vários critérios. Os valores do ponto de fluidez medem a temperatura mínima de fluidez do óleo. O índice de viscosidade (VI) é a medida da mudança na viscosidade do óleo com a temperatura. Lubrificantes de alto índice de viscosidade apresentam menor queda na viscosidade para o aumento da temperatura. Os coeficientes de pressão-viscosidade dos óleos fornecem uma medida do aumento da viscosidade de fluidos com pressão crescente (contato Hertziano) e determinam toda a formação de filme de fluido e a capacidade de um lubrificante. Volatilidade, estabilidade térmica e estabilidade oxidativa da base, determinam geralmente o limite superior dos fluidos e da temperatura operacional de uma aplicação. Esses parâmetros são importantes para manter a lubrificação elastohidrodinâmica na laminação rolamentos (ou mais geralmente elementos de máquina).

Óleo mineral e triglicerídeos são óleos comumente usados, mas óleos sintéticos são tratados para muitas aplicações.

Muitos óleos sintéticos não são compatíveis com espessantes de sabão e devem contar com sistemas de espessamento de teflon, poliureia, argila ou sílica para formar lubrificantes de graxa.

Lubrificação com óleos sintéticos são usados mais frequentemente para rolamentos em ambientes com condições extremas.

Frequentemente, a distinção entre óleo e aditivos não é clara. Misturas de fluidos são frequentemente usados para o óleo de lubrificantes de graxa. Misturas de ésteres e óleo mineral ou óleos PAO são básicos comuns para lubrificantes de graxa para rolamentos. Misturas de ésteres e fosfato ésteres são comumente usados para aplicações de alta temperatura. Lubrificantes para compressor de gás, a indústria combina uma mistura de fluidos de silicone e

óleos minerais para reduzir a condensação da água. Os aditivos são usados principalmente para as propriedades dos fluidos de óleo comum, mas também podem melhorar o funcionamento com óleos em aplicações especiais.

B) Óleos de Triglicerídeo

Séculos atrás, graxas e lubrificantes eram baseados principalmente em gorduras animais, óleos de sementes de plantas e ceras. Existem vários tipos de ceras naturais e triglicérides. Graxa à base de triglicerídeos e os óleos lubrificantes estão em alta novamente, especialmente para aplicações ambientalmente sensíveis.

Embora muito limitado em desempenho, os lubrificantes de graxa à base de triglicerídeos naturais mostram muito boa biodegradabilidade e são frequentemente usados para lubrificação de alta perda em ambientes sensíveis.

C) Óleos Minerais

O óleo mais comum usado para lubrificação com graxa é óleo mineral. O óleo mineral é um excelente material para lubrificação de elementos de máquinas. Tem baixo custo, é facilmente abundante e disponível em uma ampla gama de viscosidades. Como características de viscosidade de hidrocarbonetos de óleo mineral são identificados pelo peso molecular, o comprimento da molécula e pela ramificação das moléculas.

Os óleos minerais permanecem na forma líquida em uma ampla gama de temperaturas e pressões, proporcionando boas propriedades de lubrificação de filme fluido.

Eles são hidroliticamente estáveis e apresentam boa oxidação a estabilidade abaixo de cerca de 100°C. Eles são hidrofóbicos, repelem água e protegem os componentes metálicos da ferrugem e da corrosão. Os óleos minerais são compatíveis com uma ampla gama de espessantes de graxa e sistemas aditivos.

Os óleos minerais são necessários a partir da destilação de óleos crus de petróleo. São três categorias básicas:

- Parafínico;
- Naftênica;
- Aromático.

Os óleos são classificados de acordo com a composição química. A verdadeira composição do óleo mineral depende da origem do petróleo e consiste em quantidades de variáveis, naftenos e hidrocarbonetos aromáticos.

Os óleos minerais da destilação de óleo bruto de primeira execução obrigatória, são mais refinados para remover aromáticos indesejáveis, heterocíclicos e ceras. O refino de solvente é usado para removedor de ceras e aromático.

A hidrogenação ou hidro refino é usada para reduzir ainda mais os aromáticos, olefinas e teor de hidrocarbonetos de petróleo de primeira extração.

O hidrotreatamento severo com reformas de hidrogênio hidrocarbonetos cerosos de cadeia linear em isoparafinas de cadeia ramificada de baixo ponto de fusão é processo de alta temperatura a fluidez em baixa temperatura, mantendo um alto índice de viscosidade.

C.1 Óleos Parafínicos

Os óleos parafínicos são os tipos de óleos minerais mais usados. Os óleos parafínicos são muito apolares e não tem o poder de solvência de óleos olefínicos (alquenos) ou óleos naftênicos para alguns polares aditivos de óleo lubrificante. No entanto, em comparação com os óleos naftênicos ou olefínicos, os óleos parafínicos têm melhor estabilidade à oxidação, maior índice VI e maior ponto de fluidez. O grau de ramificação determina a mudança de viscosidade com a temperatura, onde a melhor viscosidade-temperatura de desempenho (índice VI mais alto) é estabelecido a partir de hidrocarbonetos de cadeia linear. Altos níveis de hidrocarbonetos de cadeia linear no óleo lubrificante não são favoráveis, pois têm alto ponto de fusão, aponta e forma precipitados de cera cristalina em baixas temperaturas. Baixo níveis de ramificação, especialmente

em direção ao centro das cadeias lineares, melhoram os pontos de fluidez enquanto mantém um alto índice de viscosidade.

C.2 Óleos Naftênicos

Os óleos naftênicos são melhores solventes para polares aditivos e espessantes de graxa do que óleos parafínicos. Uma das principais razões para o uso generalizado de óleos naftênicos para graxa, é que os espessantes de sabão de metal são mais solúveis em naftênicos do que em óleos parafínicos (NLGI).

Óleos naftênicos específicos do metal são mais estáveis mecanicamente. Os óleos naftênicos também têm pontos de fluidez mais baixos e densidades mais altas do que os hidrocarbonetos de cadeia linear e geralmente são isentos de cera. Óleos naftênicos são encontrados em ampla aplicação para lubrificação de baixa temperatura e sistemas hidráulicos. Os óleos naftênicos têm baixa viscosidade-temperatura características e estabilidade oxidativa pobre que limitam sua faixa de temperatura superior útil.

C.3 Aromático

Os compostos aromáticos apresentam estabilidade térmica, resistência à oxidação e alta densidade.

Os grupos alquil laterais de hidrocarbonetos alquilarilados são propensos à oxidação. A estabilidade térmica do óleo aromático é um pouco melhor do que óleos naftênicos ou parafínicos. Óleos aromáticos de petróleo têm pontos de fusão mais baixos e boa fluidez em baixa temperatura porque não há ceras neste óleo. Os aromáticos também apresentam características de viscosidade-temperatura pobres e uma tendência mais forte de dissolver água devido à alta polaridade. Óleos aromáticos têm excelentes propriedades de solvente e uso difundido para composição de borracha.

Outras aplicações incluem óleos de motor diesel abaixo de zero, óleos hidráulicos de baixa temperatura, bem como óleos lubrificantes para sistemas de refrigeração de sistema fechado. A alta estabilidade térmica dos óleos aromáticos encontrou aplicação para fluidos de transferência de calor. A necessidade deste tipo de óleo mineral diminuiu à medida que os óleos sintéticos

mais novos fornecem melhor desempenho com menor toxicidade para essas aplicações.

Mesmo com uma ampla gama de aditivos de melhoria de desempenho disponível para os lubrificantes de hoje, as condições operacionais de rolamentos e outros elementos de máquina frequentemente excedem a capacidade das graxas de óleo mineral e de base triglicéridica de fornecimento ao longo prazo e vida útil lubrificação do rolamento.

Muitas aplicações têm desempenho de vida útil bem estabelecido, programações de manutenção e intervalos de lubrificação, que excedem em muito os recursos de óleo mineral ou graxa de óleo à base de triglicérido para fornecer lubrificação do ciclo de vida. Graxa lubrificantes que utilizam fluidos de base sintética e espessantes resistentes à oxidação melhoram a resistência à vida e prolongam a operação do rolamento em ambos os extremos de alta e baixa temperatura de nosso ambiente.

D) Óleos Sintéticos

Óleos sintéticos são lubrificantes que foram fabricados ou 'sintetizados' a partir de um ou mais componentes básicos da matéria-prima.

As matérias-primas de baixo peso molecular são combinadas para formar óleos com propriedades lubrificantes desejados. Alguns componentes de óleo sintético têm origem de fontes naturais. Ácidos graxos para ésteres sintéticos são originados de óleos de sementes e gordura animal fontes renováveis. A maioria dos óleos lubrificantes sintéticos são feitos de materiais à base de gás e petróleo. Lubrificantes sintéticos, ao contrário dos óleos minerais derivados do petróleo, têm uma estrutura molecular bem definida com distribuições de peso molecular bem definidas.

A maioria óleos sintéticos comuns usados em lubrificantes de graxa são ésteres orgânicos, poli (alfa-olefinas) (PAO) hidrocarbonetos sintéticos, perfluoropoliéteres (PFPE) e silicones. Os sintéticos têm um faixa de temperatura mais ampla do que os minerais, taxas de evaporação mais baixas, índice de viscosidade mais alto, excelente desempenho em baixas temperaturas e melhor resistência à oxidação em altas temperaturas.

D.1 Polialquilenoglicóis (PAG)

Os óxidos de polietileno são muito solúveis em água e são usados como surfactantes e detergentes. Polipropileno e polibutileno glicóis são insolúveis em água.

A extremidade terminal dos polímeros de poliéter pode ser deixada como um hidroxil livre ou pode ainda reagir com ácidos graxos para formar ésteres complexos que atuam como lubrificantes, emulsificadores ou surfactantes.

Lubrificantes PAG têm pontos de fluidez muito baixa e são adequados para altas e baixas temperaturas (-50 a + 200°C). Além disso, eles têm uma viscosidade muito alta e índices que variam de 140 a valores superiores a 200. Os coeficientes de pressão-viscosidade são baixos, normalmente 12GPa^{-1} .

PAGs têm estabilidade e alta temperatura, um pouco melhor do que os refinados minerais e apresentam boa resistência à oxidação. A oxidação térmica de fluidos PAG em geral resulta em perdas de fragmentos voláteis e não deixa vernizes e resíduos da oxidação. Lubrificantes de polialquilenoglicol fornecem boa lubricidade, e sua alta polaridade dá-lhes boas propriedades de lubrificação.

Os esqueletos de oxigênio-carbono dos polímeros de poliéter têm alta afinidade por superfícies de aço, proporcionando excelentes propriedades de lubricidade. PAG lubrificantes são muito higroscópicos (busca de água) absorvendo grandes quantidades de água (1-10%) de exposição ao ar úmido. A alta afinidade pela água é devido à ligação de hidrogênio ao oxigênio dentro uma estrutura.

A maioria dos lubrificantes de polialquilenoglicol não é miscível com óleos minerais. É necessária atenção especial para a escolha de vedações, mangueiras, juntas e tintas usadas no contato com esses fluidos.

D.2 Ésteres Orgânicos

Os ésteres sintéticos são uma classe importante de lubrificantes sintéticos, oferecendo boa lubricidade e desempenho operacional em uma ampla faixa de temperaturas. A molécula é, portanto, muito polar, o que está presente a volatilidade e aumenta o ponto de inflamação. Isto é, a polaridade também tem

um impacto na eficiência dos aditivos EP / AW, onde o éster pode cobrir a superfície do metal em vez dos aditivos.

Quanto maior for o índice, menor será a afinidade com uma superfície de metal, o que se traduz em uma melhoria resistência a arranhões e desgaste.

Os ésteres são termicamente estáveis (-60 a + 200°C) e são recomendados para altas taxas e velocidade. Os ésteres são geralmente miscíveis com minerais óleos, PAOs e a maioria dos aditivos lubrificantes. Eles são inerentemente biodegradáveis.

Os ésteres orgânicos têm boas propriedades de umectação de metal (baixa tensão interfacial), bom cisalhamento e boas propriedades de estabilidade.

Existem duas formas comuns de ésteres: ésteres de ácido dibásico e ésteres de poliol. Álcoois e ácidos combinam-se a temperaturas elevadas para formar ésteres com água como um subproduto. Esta reação é reversível e os ésteres hidrolisam novamente em ácidos e álcoois em a presença de água. Existem várias formas comuns de ésteres, tanto produtos quanto inorgânicos. Os ésteres são usados em óleos para dissolver aditivos.

D.3 Ésteres de ácido dibásico

Os ésteres de ácido dibásico alifático têm excelente fluidez em baixa temperatura e boa características de viscosidade. Além de um alto índice de viscosidade, os diésteres têm entre os menores coeficientes de pressão-viscosidade dos óleos de base sintética comumente usados.

Isso pode ser devido ao fato de que os diésteres permanecem fluidos em altas pressões de contato hertzianas e baixas temperaturas. Lubrificantes para motores de turbina de aeronaves tem óleo básico de diéster com cerca de 3–5% de tricresilfosfato para lubrificação.

Esses óleos de turbina apresentam boas propriedades de baixa temperatura, com pontos de fluidez tão baixos quanto -60°C, e bom desempenho em alta temperatura, mostrando estabilidade térmica a temperaturas tão altas quanto 200°C.

D.4 Ésteres de poliol

Ésteres de poliol são formados a partir da reação de ácidos graxos monocarboxílicos saturados com álcoois polihídricos. Os polióis mais comuns são neopentil glicol, trimetilol propano, pentaeritritol e dipentaeritritol.

Os ésteres de poliol têm viscosidade mais alta do que os diésteres, com características de viscosidade e temperatura muito boas, os índices de viscosidade são maiores que 140. Eles têm baixos coeficientes de tração, baixos coeficientes de pressão-viscosidade e boa lubricidade.

Eles também apresentam melhor estabilidade térmica a oxidação em alta temperatura do que a base de óleos diéster. Ésteres de poliol podem operar em temperatura de até 250°C. Óleos de poliol éster são comumente usados para aplicações de alta temperatura e alta velocidade. Lubrificantes avançados para motores de turbina atualmente usam óleos de poliol éster complexo que exibem estabilidade de temperatura ainda mais elevada do que o óleo diéster. Os fluidos de poliol éster também tendem a causar dilatação da vedação como fluidos de diéster e remove prontamente tintas e acabamentos de superfícies de metal.

D.5 Ésteres ftalatos

Os ésteres aromáticos do ácido dibásico são ocasionalmente usados na lubrificação. O ftalato aromático diésteres têm boas propriedades de solvência, baixo custo e são frequentemente usados como plastificantes. Os ésteres de ácido dibásico aromático comuns são os ftalatos e os ésteres de isoftalato de 2-etilhexilol e muitos outros tipos de álcoois. Os ésteres de ftalato mostram a baixa volatilidade em altas temperaturas, boa estabilidade térmica e oxidativa e baixos pontos de fluidez. Eles têm pobres características de viscosidade-temperatura, mas isso depende muito do componente de álcool do éster.

D.6 Ésteres de ácido trimelítico

É um éster comumente usados como plastificante por causa de suas propriedades de solvência.

Isto mostra alta estabilidade térmica, boa resistência à oxidação e a altas temperaturas, e mínimas perdas de volatilidade. Ésteres de ácido trimelítico geralmente têm viscosidades mais altas do que poliol ou diéster.

D.7 Ésteres Poliméricos Sintéticos

Ésteres poliméricos sintéticos são fabricados a partir da polimerização de acrílico e os ácidos alquil-acrílicos são comumente usados para modificar propriedades como de graxas e óleos lubrificantes. Os usos comuns de ésteres poliméricos são melhores de índice de viscosidade e depressores de ponto de fluidez. A melhoria do índice de viscosidade é uma função do peso molecular do aditivo. Lubrificantes de graxa comumente usam ésteres poliméricos sintéticos para modificação de espessante e aditivos pegajosos.

Esses tipos de aditivos de polímero usados em graxas melhoram as propriedades de índice de viscosidade de óleos e melhoram a aderência e a força coesiva da graxa lubrificantes.

D.8 Ésteres Fosfato

Ésteres de fosfato podem ser derivados da reação de ácido fosfórico e álcoois. Como comercialmente, eles são feitos a partir da reação de oxicloreto de fósforo e alquil substituído fenóis ou álcoois usando um catalisador. Os ésteres de triaril fosfato têm boa estabilidade oxidativa e térmica e exibem boa fluidez a baixa temperatura. Trifenilfosfato (TPP) mostra estabilidade termo-oxidativa a temperaturas superiores a 340°C. Os ésteres de fosfato geralmente apresentam compressibilidade mais baixa do que óleos minerais, que é uma propriedade importante para fluidos hidráulicos. Ésteres de triaril-fosfato têm coeficientes de alta pressão-viscosidade, mas exibem características de temperatura-viscosidade pobres. Os ésteres de fosfato aromático geralmente têm índice de viscosidade negativa. Aditivos são frequentemente necessários para melhorar características como de temperatura e de viscosidade.

Ésteres de fosfato têm baixa volatilidade que oferece excelentes propriedades de resistência ao fogo.

Os ésteres de alquil-aril e triaril fosfato são comumente usados para sistemas hidráulicos e plastificantes resistentes ao fogo. Ésteres de fosfato têm estabilidade hidrolítica pobre, prontamente formando ácidos fortes pela exposição à água. Os aditivos de ésteres de fosfato mais comuns usados para a indústria de lubrificantes são dibutil fenil fosfato e isodecil difenil fosfato.

Estes são mais frequentemente usados como aditivos para fornecer redução de atrito e antidesgaste, propriedades para aplicações pesadamente carregadas que requerem um limite de lubrificação.

Ésteres de fosfato necessitam de atenção especial à escolha de vedações, mangueiras, juntas e tintas usadas em contato com esses fluidos. Muitos materiais de vedação e gaxeta que mostram compatibilidade com minerais e não podem ser usados com fluidos de éster de fosfato, pois eles têm forte solvência que resulta em inchaço e perda de resistência. Muitos ésteres de fosfato são multifuncionais e muitos são usados como aditivos antidesgaste (AW).

D.9 Hidrocarbonetos Sintéticos(PAO)

Uma poli- α -olefina (PAO), é um polímero feito pela copolimerização de um α - olefina, que é um alceno em que uma ligação dupla carbono. O produto desta polimerização é tratado com hidrogênio para produzir um hidrocarboneto totalmente saturado.

Lubrificantes PAO caracteristicamente têm índices de viscosidade muito altos (> 140), coeficientes de viscosidade de baixa pressão e baixos coeficientes de tração. Eles também demonstram pontos de fluidez muito baixos e excelente baixa fluidez de temperatura. Eles têm excelente estabilidade térmica e respondem muito bem aos aditivos antioxidantes. Poli α -olefinas demonstram uma estabilidade de oxidação superior para lubrificantes totalmente formulados. Lubrificantes PAO são hidrocarbonetos muito puros que têm boa estabilidade hidrolítica e são hidrofóbicos (temem a água), mostrando uma afinidade muito baixa para a água. A volatilidade é muito menor do que do óleo mineral com características de viscosidade similar.

Isto é uma melhoria sobre óleos minerais, pois eles geralmente apresentam aumentos na viscosidade devido a perdas voláteis em aplicações de alta temperatura.

Tal como acontece com os óleos minerais, a viscosidade, baixas temperaturas, pontos de fluidez e o índice de viscosidade dos lubrificantes PAO aumentam com o comprimento da corrente. Ramificando os estoques de base

PAO tendem a diminuir a viscosidade, diminuir pontos de fluidez e diminuir a viscosidade índice.

A baixa polaridade dos lubrificantes PAO, conseqüentemente, mostram características de solvência pobres para aditivos.

Os lubrificantes PAO também podem causar o encolhimento da vedação e às vezes podem extrair ativos de polímeros de vedação.

A adição de óleos éster às formulações de lubrificantes PAO às vezes ajuda a melhorar a solubilidade do aditivo e em alguns casos, a melhorar os problemas de compatibilidade do selo.

D.10 Hidrocarbonetos Aromáticos Sintéticos Alquilados

Os hidrocarbonetos aromáticos alquilados possuem estabilidade oxidativa muito boa e volatilidade muito baixa em temperaturas elevadas. Eles também têm fluidez em baixa temperatura e baixos pontos de fluidez. Embora as características de temperatura de viscosidade são semelhantes aos óleos de parafina refinados, os coeficientes de pressão-viscosidade dos naftenos alquilados são mais elevados do que PAO, ésteres ou óleos de parafina.

Os alquil aromáticos têm um bom solvente adequando laços para aditivos polares baixando pontos de anilina e boa estabilidade hidrolítica. Alquilado os naftalenos apresentam à radiação muito boa.

D.11 Fluidos de tração-cicloalifáticos

Os fluidos de tração surgiram através da necessidade de lubrificantes para acionamentos de tração de velocidade variável utilizado na indústria automobilística. Eles são baseados em hidrocarbonetos cicloalifáticos com algumas propriedades mostrando semelhança com óleos naftênicos. Eles têm coeficientes de pressão-viscosidade muito altos e baixas pressões de solidificação. Os fluidos pressurizados transmitem prontamente quadro de cisalhamento com alto coeficientes de tração e evita o desgaste, mantendo filmes de fluido EHD em contatos hertzianos. Esses fluidos também são usados em aplicações de rolamentos onde a derrapagem pode causar danos para corpos rolantes.

D.12 Polibutileno e Poliisobutilenos

Polímeros de polibutileno e poliisobutileno de baixo peso molecular (frequentemente chamados de poli isobutenos (PIBs) são bons lubrificantes e são usados em algumas graxas especiais).

Eles têm um baixo índice de viscosidade, entre 70 e 110, e são menos estáveis à oxidação do que qualquer feolefinas ou ésteres.

Os PIBs de maior peso molecular são frequentemente usados em combinação com outros fluidos de base e são usados como melhoradores de VI. Eles também melhoram a adesão e a força coesiva da graxa lubrificantes. Eles têm boas propriedades umectantes em metais e são compatíveis com óleos minerais, óleos PAO e a maioria dos ésteres sintéticos, mas são incompatíveis com PAGs e silicones.

PIB's também são usados em graxas de alta temperatura como transportadores para lubrificantes sólidos (grafite).

PIB's têm índices de viscosidade entre 70 e 110. O coeficiente de pressão-viscosidade é muito mais alto do que os valores observados para lubrificantes PAO ou éster.

D.13 Éteres polifenílicos

Atualmente, os éteres polifenílicos são um dos mais termicamente estáveis e resistentes à radiação lubrificantes de alta temperatura. Eles são muito caros, têm volatilidade muito baixa e um flash pontos que excedem 300°C. Esses éteres são empregados como lubrificantes para produtos nucleares aplicações do reator.

Eles têm sido usados em aeronaves de alta velocidade e aplicações de foguetes para temperaturas superiores a 300°C. Eles têm excelentes estabilidade à oxidação e são muito resistentes à radiação.

Os grupos aromáticos de éteres polifenílicos são os coeficientes de alta pressão-viscosidade que melhoram como propriedades de formação de filme EHD. Mas os grupos aromáticos dos éteres polifenílicos também contribuem para a baixa viscosidade-temperatura características. Os éteres polifenílicos

apresentam baixa fluidez em baixas temperaturas, algumas formas são sólidas à temperatura ambiente.

Como ligações de éter aromático de meta posição fornecem uma a maioria das formas líquidas de éter polifenílico. Éteres polifenílicos orto e para ligados são sólidos com pontos de fusão elevados.

Alguns éteres polifenílicos modificados foram sintetizados para exibir propriedades de ponto de fluidez mais baixas do que éteres polifenílicos puros (-15 a -20°C).

D.14 Silicones

Os fluidos de silicone são um dos materiais sintéticos feitos pelo homem. Os fluidos dimetilsilicones são obtidos a partir da reação de monômeros de dicloro-dimetil (silicone com água). Os polímeros de dimetilsilicone têm grupos de metil anexados a um esqueleto de silicone e oxigênio. Eles são quimicamente inertes e podem ser usados em temperaturas que variam de -60 a 250°C. Eles têm baixa tensão superficial, baixa volatilidade, boa estabilidade térmica e boa resistência à oxidação.

Os silicones também são repelentes à água e não tóxicos. O índice de viscosidade de dimetilsilicones estão entre os mais altos de todos os lubrificantes de óleo, os valores podem ser maiores do que 300. Eles também apresentam uma resistência ao cisalhamento muito boa; fluidos com pesos moleculares menores que 1000 mostram quase nenhuma perda de viscosidade em aplicações de alto cisalhamento.

Silicones dimetil são comumente usados para fluidos de transferência de calor, fluidos de freio de baixa temperatura, temperatura ultrabaixa, lubrificantes e graxas para altas temperaturas. Contudo, dimetilsilicones são lubrificantes com capacidade de carga muito baixa. Os silicones são mais compressíveis do que outros materiais orgânicos.

Eles têm propriedades antidesgaste pobres e não exercitam a extrema pressão ou aditivos antidesgaste. Os silicones apresentam uma tendência forte para falha quando usado para lubrificação de rolamentos de esferas. Vários silicones modificados como fluossilicones e os fluidos de fenil silicone mostram

uma melhor lubrificação e formação de filme de fluido. Os silicones são lubrificantes de alto custo e geralmente são usados para aplicações especiais. Às vezes, os silicones são usados como aditivos antiespuma.

Foi observado que para graxas de fluido de silicone em rolamentos de esferas, a folga deve ser de duas a três vezes a folga radial normalmente usada. Isso é anunciado pela má 'lubricidade' de fluidos de silicone.

D.15 Perfluoropoliéteres

Perfluoropoliéteres ou fluidos PFPE são um dos poucos óleos fornecidos e preços muito altos de lubrificação. Os fluidos PFPE não possuem átomos de hidrogênio em sua estrutura, esses fluidos consistem de átomos de carbono, oxigênio e flúor.

Os fluidos PFPE permanecem em uma ampla faixa de temperatura, exibindo pontos de fluidez tão baixos quanto -90°C . Eles exibem estabilidade térmica a temperaturas superiores a 450°C e estabilidade termo-oxidativa a temperaturas superiores a 400°C em ambientes aéreos. Os coeficientes de pressão-viscosidade são muito altos. Temperatura e viscosidade são as características dos fluidos PFPE e variam dependendo da quantidade de ramificação. Fluidos lineares PFPE podem apresentar índices de viscosidade que excedem 200, fluidos PFPE de cadeia ramificada geralmente tem um índice de viscosidade na faixa de 120 a 150. Um dos critérios que limitam o desempenho de alta temperatura de fluidos PFPE é a reatividade química desses fluidos para superfícies de metal. A reação química do flúor com metais muitas vezes limita a aplicação a temperaturas superiores. Acima disso, a formação de fluoretos metálicos limita o uso deste fluido para lubrificação. Os fluidos apresentam a maior estabilidade química com ligas de níquel e cobalto. Esta combinação é estável a temperatura de cerca de 370°C sem degradação. A prevenção da corrosão é difícil com graxas perfluoropoliéter.

2.2.4.2. Aditivos EP

Os aditivos EP/AW (Extrema Pressão / Antidesgaste) são geralmente aplicados para baixa velocidade e/ou alta carga e são projetados para proteger as superfícies do rolamento de danos em caso de colapso do filme.

O efeito que esses aditivos têm na vida útil da graxa não é bem compreendido. A grande maioria de todos os aditivos lubrificantes destroem a estrutura espessante da graxa, uma vez que são frequentemente baseados em materiais tensoativos e isso leva ao que é comumente chamado de "efeito maionese" (amolecimento e descoloração). Ele atribui isso ao fato de que o material espessante é quase sempre muito polar (sabões metálicos) e ao fato de que os aditivos EP (também polares) irão aderir à estrutura do sabão em vez de à superfície do metal. Isso está em contradição com uma outra teoria, onde foi testado o efeito de uma série de graxas EP na vida útil do lubrificante e encontrou um aumento na vida útil. Os aditivos EP podem de fato ter um efeito adverso em algumas formulações de graxas, mas certamente funcionam bem para graxas projetadas especificamente para aplicações de alta carga e baixa velocidade. Uma avaliação do 'Teste de carga OK da Timken', mostra que aditivos EP idênticos dão uma resposta diferente à ação de EP para diferentes graxas formuladas e atribui isso a um possível impacto de mobilidade em direção à superfície por meio de interações químicas ou forças de atração. Isso está de acordo com os mecanismos propostos na lubrificação com óleo, como polaridade e solvabilidade. É bem conhecido que muitos aditivos do tipo EP / AW de enxofre / fósforo têm um efeito adverso na vida do rolamento, o que significa que sua ação protetora nem sempre é adequada.

Hoje, existe uma tecnologia em desenvolvimento para substituir os aditivos de enxofre / fósforo EP / AW. Um exemplo é o uso do Bismuto como aditivo EP / AW, não tóxico e apresentando desempenho muito bom.

2.2.4.3. Espessante

O espessante de graxa determina como as propriedades básicas das graxas são usados para classificar graxas em diferentes tipos. Existe uma grande variedade de materiais espessantes usados para graxas lubrificantes.

- Espessantes polimórficos: espessantes que não interagem com óleos à temperatura ambiente ou aqueles que formam dispersões coloidais em altas temperaturas (por exemplo, sabões);
- Espessantes insolúveis: espessantes termicamente estáveis de origem orgânica e inorgânica, que não se dissolvem em óleo e que não

apresentam transformações de fase quando a temperatura aumenta (por exemplo, gel de sílica, bentonita, negro de fumo, pigmentos);

- Espessantes que não possuem propriedades polimórficas, mas que derretem a relativamente baixa temperatura formando soluções homogêneas no óleo em um nível de temperatura superior seu ponto de fusão (por exemplo, hidrocarbonetos sólidos).

Esta classificação mostra que não existe um único tipo de esqueleto que dê graxa a seu comportamento do tipo sólido em baixo cisalhamento. O tipo de material e o 'mecanismo' de endurecimento podem ser muito diferente. Isso levará a diferentes propriedades e áreas físicas, como sangramento, taxa, reologia, oxidação, estabilidade mecânica e assim por diante. É por isso que o tipo de espessante determina as propriedades básicas da graxa.

A) Graxas de sabão de lítio

Atualmente, como graxas de sabão de lítio são praticamente todas feitas de ácido 12-hidroxi esteárico elas podem ser classificadas como graxas polivalentes com excelente estabilidade mecânica, boa resistência à água e desempenho de temperatura razoavelmente alta (até 120°C, 110°C). Uma desvantagem da graxa de 12-hidroxi-estearato de lítio é uma capacidade de bombeamento a baixas temperaturas causadas por altas propriedades elásticas e extremos de carregamento. O limite inferior de temperatura é -30°C.

O tamanho das fibras de lítio hidroxiestearato é comum entre 0,2x2 µm e 0,2x20 µm. Para cargas pesadas, é escolhida uma alta viscosidade do óleo base (200–1000 cSt). Para graxas multiuso geralmente um óleo de base mineral com uma viscosidade de 60-120 cSt é usado. Em aplicações que não envolvem altas velocidades, diésteres ou óleos polialfaolefínicos com uma viscosidade de 15-30 cSt são escolhidos como óleos básicos. Finalmente, para engrenagens um polialquenoglicóis insolúvel em óleo é o melhor.

Uma variante da graxa de sabão de lítio é uma graxa de lítio-cálcio de base mista, que pode ter melhor resistência à água e melhor estabilidade ao cisalhamento do que as graxas de lítio puras.

B) Graxas de sabão complexo de lítio

As graxas de complexo de lítio têm um alto ponto de fusão e a faixa de temperatura de operação é entre -30°C e 140°C ou mesmo 150°C . O limite de temperatura baixa é -20°C para Li. Este tipo de graxa pode ser operado continuamente a 150°C com óleos minerais e 200°C com óleos sintéticos. Possui excelente resistência à oxidação, excelente bombeabilidade e ampla compatibilidade com outras graxas.

C) Graxas De Sabão De Cálcio

As graxas de cálcio são as graxas de sabão de metal mais antigas. O ponto de fusão é bastante baixo (100°C) e o limite superior de temperatura é de apenas 60°C . Nesta graxa, a água é necessária para estabilizar a estrutura. Essa água evapora, levando a uma perda de consistência e, portanto, a uma vida útil curta da graxa. Obviamente, isso é acelerado ao operar em temperaturas mais altas. Portanto, essas graxas são usadas apenas em aplicações menos exigentes ou em aplicações úmidas (com até 60°C ou 80°C).

As graxas de cálcio têm boas propriedades de adesão. Recentemente, sabões de Ca também foram usados já que não são estabilizados pela água e que podem ser usados até a temperatura 110°C . Eles são chamados de 'graxas de sabão de cálcio anidro'. Elas também possuem uma mesma boa adesão e um ponto de gota em torno de 140°C . As graxas espessantes de sulfonato de cálcio têm boas propriedades EP / AW sem o uso de aditivos. Além disso, eles têm boa estabilidade mecânica inerente e um alto ponto de gota ($> 310^{\circ}\text{C}$).

D) Graxas de sabão de complexo de cálcio

O acetato de cálcio é usado aqui para modificar o sabão simples. Tem uma janela de operação (temperatura) de graxa que é muito mais larga do que no caso de uma graxa de sabão de cálcio simples e pode ser usado entre -20°C e 130°C . Essas graxas podem ser usadas até $140-180^{\circ}\text{C}$. Pode ocorrer espessamento durante uma operação do rolamento. Derivados de

cálcio são cristalizados em uma estrutura (sulfonato de cálcio), dando-lhes comportamento EP / AW inerente. Uma queda o ponto está acima de 240°C. A capacidade de bombeamento e o prazo de validade não são tão bons (a graxa tem uma tendência para endurecer). A resistência à água é excelente. Ele mantém sua consistência mesmo quando uma grande quantidade de água é introduzida.

Em graxas de complexo de sulfonato de cálcio, os derivados de sulfonato de cálcio são cristalizados em uma estrutura espessante, que lhes dão capacidade EP / AW inerente. Além disso, este tipo tem excelentes propriedades de proteção contra corrosão. O alto teor de sabão que é necessário para dar-lhe consistência reduz a capacidade de bombeamento e as propriedades de sangramento.

E) Graxas de sabão de sódio

Os sabonetes de sódio são muito semelhantes aos sabonetes domésticos. Eles podem ser usados em até 110°C até -30°C. Esses sabonetes não são muito usados hoje. Eles são solúveis em água (como sabonete doméstico) e apresentam uma camada fina de graxa em água, não corrosiva emulsão em contato com água. Eles não são realmente resistentes à pressão da água e pode ser facilmente lavado. Eles também não devem ser usados quando o rolamento tem longos períodos de ficar parado. Nesse caso, o rolamento pode sofrer corrosão. Além disso, eles têm uma vida útil curta.

F) Graxas de sabão de complexo de sódio

A janela de temperatura das graxas de sabão de complexo de sódio é estendida em comparação com as simples graxas de sódio: -20°C à 140°C. O máximo temperatura operacional é 130°C.

G) Graxas de sabão de alumínio

As graxas de sabão de alumínio são extremamente sensíveis ao cisalhamento, o que significa que elas rapidamente perdem sua consistência. Essas graxas não são usadas em rolamentos. O máximo deles a temperatura é apenas 70°C.

H) Graxas de Complexo de Alumínio

As graxas de complexo de alumínio podem ser usadas em altas temperaturas. O ponto de gota está acima 240°C. O limite superior de temperatura é 150-180°C. Além disso, eles são altamente hídricos resistente. A capacidade de bombeamento é excelente (baixa concentração de espessante). As graxas são particularmente adotadas para o uso em sistemas de lubrificação. A estabilidade mecânica é semelhante a graxa convencional de Al, que era mais pobre que a graxa de lítio.

I) Graxas de poliureia

Os espessantes de poliureia fornecem excelente desempenho em alta temperatura para lubrificação com graxa. A grande maioria das poliureias e diureias são fabricadas a partir de reações que combinam diisocianato de metileno-difenil (MDI) ou diisocianato de tolueno (TDI) com diaminas e / ou aminas graxas. As estruturas dos dois diisocianatos. MDI tem dois grupos fenil ligados por um grupo de metilenos. Esta ligação forma uma estrutura rígida em estruturas de ureia. O MDI forma estruturas de ureia mais flexíveis. Os espessantes de ureia (MDI e TDI) são bons eliminadores de radicais livres disponíveis durante a lubrificação de rolamentos de alta temperatura. Uma estrutura aromática dos espessantes de ureia atua de forma semelhante aos fenólicos substituídos e aromáticos antioxidantes diamina.

2.3. ROLAMENTOS

Em uma luva ou rolamento liso, o eixo e o rolamento se movem em direções opostas em uma superfície deslizante. Em contraste, os dois componentes de um rolamento que se movem em direção um ao outro - os anéis interno e externo - são separados por corpos rolantes. Este projeto gera significativamente menos atrito do que um mancal deslizante.

2.3.1. Rolamentos radiais e axiais

Os rolamentos podem transmitir cargas em uma direção radial ou axial e, em muitos casos, há uma combinação de cargas radiais e axiais para transmitir.

Ambos os projetos estão disponíveis como rolamentos de esferas ou rolamentos de rolos. A escolha do projeto do rolamento depende da aplicação em questão.

Figura 7: Rolamento Radial.

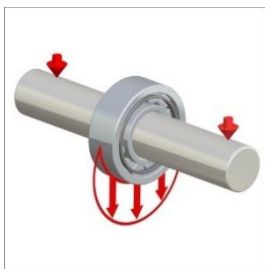
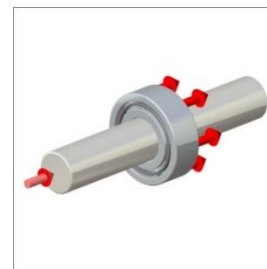


Figura 8: Rolamento Axial.



Fonte: Site nskeurope.

2.3.2. Componentes

Os rolamentos geralmente consistem nos seguintes componentes:

- Dois anéis ou discos com canais adutores;
- Elementos rolantes na forma de rolos ou esferas;
- Uma gaiola que mantém os corpos rolantes separados com os guias;
- Anel interno e anel externo.

Os anéis internos e externos geralmente são feitos de uma liga de aço especial de cromo de alta pureza. Este material tem a dureza e pureza

necessárias - ambos fatores importantes para uma alta classificação de carga e uma longa vida útil. As pistas são endurecidas, retificadas e afiadas.

Materiais especiais como cerâmica e plástico também são usados. Embora os plásticos não possam suportar temperaturas extremamente altas, eles são consideravelmente mais leves do que o aço. Isso os torna inestimáveis em setores como a indústria automotiva, onde cada grama é importante.

Figura 9: Anel interno.



Fonte: Site NKS.

Figura 10: Anel externo.



Fonte: Site NKS.

Figura 11: Elementos rolantes.



Fonte: Site NKS.

Os elementos rotativos são do tipo esferas, rolos ou agulhas. Normalmente são feitos de uma liga de aço especial de alta pureza ao cromo. Materiais especiais como cerâmica e plástico também são usados.

Os elementos rolantes rolam nas pistas especialmente formadas dos anéis ou discos e são mantidos separados e guiados pela gaiola.

Figura 12: Gaiola.



Fonte: Site NKS.

A gaiola é responsável por manter os corpos rolantes separados e por guiá-los. Os materiais usados incluem aço, latão e plástico. As gaiolas de metal sólido podem ser produzidas usando técnicas de usinagem,

enquanto as gaiolas prensadas são feitas de folha de metal. Da mesma forma, as gaiolas de plástico podem ser usinadas em plástico sólido ou moldadas por injeção.

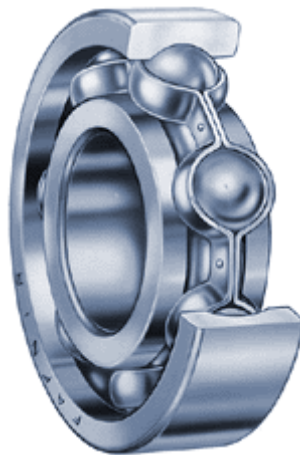
2.3.3. Tipos de rolamentos

Iremos apresentar a seguir alguns modelos de rolamentos com maior aplicação na indústria.

2.3.3.1. Rolamentos de esferas

Os rolamentos de esferas, conforme mostrado abaixo, são provavelmente o tipo mais comum de rolamento. Eles são encontrados em tudo, desde patins a discos rígidos. Esses rolamentos podem lidar com cargas radiais e axiais e geralmente são encontrados em aplicações onde a carga é relativamente pequena.

Figura 13: Rolamento de esferas.



Fonte: Site science.howstuffworks.com.

Em um rolamento de esferas, a carga é transmitida da pista externa para a esfera e da esfera para a pista interna. Como a bola é uma esfera, ela só entra em contato com as pistas interna e externa em um ponto muito pequeno, o que a ajuda a girar suavemente. Mas também significa que não há muita área de contato segurando essa carga, então se o rolamento

estiver sobrecarregado, as esferas podem deformar ou esmagar, arruinando o rolamento.

2.3.3.2. Rolamentos de Rolos

Rolamentos de rolos como o ilustrado abaixo são usados em aplicações como rolos de correias transportadoras, onde devem suportar cargas radiais pesadas. Nesses rolamentos, o rolo é um cilindro, de modo que o contato entre as pistas interna e externa não é um ponto, mas uma linha. Isso distribui a carga por uma área maior, permitindo que o rolamento lide com cargas muito maiores do que um rolamento de esferas. No entanto, esse tipo de rolamento não foi projetado para lidar com muita carga axial.

Figura 14: Rolamento de rolos cilíndricos.



Fonte: Site science.howstuffworks.com.

2.3.3.3. Rolamento de agulhas

Uma variação desse tipo de rolamento, chamada de rolamento de agulha, usa cilindros de diâmetro muito pequeno. Isso permite que o rolamento se encaixe em lugares apertados.

Figura 15: Rolamento tipo agulha.

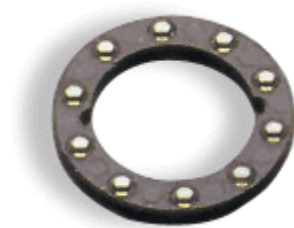


Fonte: Site science.howstuffworks.

2.3.3.4. Rolamento axial de esferas

Os rolamentos axiais de rolos como o ilustrado abaixo podem suportar grandes cargas axiais. Eles são frequentemente encontrados em conjuntos de engrenagens como transmissões de carro entre as engrenagens e entre a carcaça e os eixos rotativos. As engrenagens helicoidais usadas na maioria das transmissões têm dentes angulares - isso causa uma carga axial que deve ser suportada por um rolamento.

Figura 16: Rolamento de esferas axial.



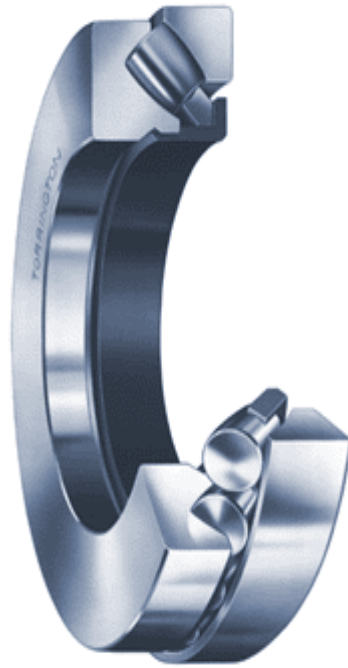
Fonte: Site science.howstuffworks.

2.3.3.5. Rolamentos de rolo cônico

Os rolamentos de rolos cônicos podem suportar grandes cargas axiais e radiais.

Os rolamentos de rolos cônicos são usados em cubos de automóveis, onde geralmente são montados em pares voltados para direções opostas para que possam suportar o empuxo em ambas as direções.

Figura 17: Rolamento de rolos cônicos.



Fonte: Site science.howstuffworks.

2.4. SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO CENTRALIZADA

Normalmente consiste em uma única bomba conectada a uma válvula divisora que mede e distribui lubrificante para vários pontos de lubrificação a partir de um sistema centralizado. As sequências de operação do sistema seguem três etapas:

- O lubrificante é entregue à válvula divisória através da máquina montada ou pistola de graxa manual.
- A válvula divisora de deslocamento positivo distribui graxa em quantidades medidas diretamente para cada rolamento através das linhas de alimentação.
- O pino indicador de ciclo sinaliza visualmente a conclusão do fluxo de lubrificante para os mancais.

No entanto, os sistemas centralizados podem ser totalmente automatizados para atender fábricas inteiras. Existem alguns tipos, como sistemas paralelos de linha simples, sistemas de linha dupla e sistemas

progressivos em série. Sistemas de graxa centralizados são projetados para uma ampla gama de requisitos de lubrificação. Modular em design e facilmente expansível, eles são adequados para máquinas com apenas alguns pontos de lubrificação, bem como instalações cobrindo plantas de produção completas e envolvendo milhares de pontos. Sistemas do tipo são projetados para a lubrificação periódica de rolos e mancais de deslizamento, guias, engrenagens abertas e juntas.

Dependendo da configuração da planta e do equipamento, o sistema de lubrificação automática projetado consiste em um centro de controle de canal único ou multicanal, um ou mais centros de bombeamento ou estações de bombeamento, linhas de abastecimento apropriadas, módulos de dosagem, tubulação de alimentação e uma válvula de fechamento controlada remotamente. Módulos de dosagem de tamanhos diferentes são usados para atender de forma otimizada rolamentos de configurações de variadas dimensões. Os próprios módulos de dosagem são ajustáveis individualmente para fornecer uma quantidade exata de lubrificante e, assim, evitar o excesso de lubrificação. Uma detecção interruptora de pressão completa o sistema.

O centro de controle inicia uma bomba, que alimenta o lubrificante do barril através a linha de alimentação principal para os módulos de dosagem. Quando a pressão no sistema sobe para um pré-definir o nível, o interruptor de pressão perto do final da linha transmite um impulso para o controle centro, que então para as bombas e despressuriza a tubulação. O centro de controle agora começa a medir o novo intervalo de bombeamento. Se por algum motivo a pressão de bombeamento não sobe para o nível predefinido no interruptor de pressão, um alarme é ativado e o centro de lubrificação não funcionará até que o problema seja corrigido e o alarme é reiniciado posteriormente.

Controladores multicanais especiais estão disponíveis com lubrificação automática de última geração sistemas. Estes têm a capacidade de fornecer lubrificação para instalações que requerem uma variedade de tipos de lubrificantes ou consistências. Mesmo diferentes intervalos de tempo podem ser controlados a partir de umas únicas localizações de controladores multicanais.

Esses sistemas provaram ser funcionais e confiabilidade mecânica em ambientes operacionais que variam de -35°C a 150°C. O fabricante finlandês testa cada tipo de graxa fornecida por empresas usuárias / clientes sob esses extremos de temperatura e não deixa questões relacionadas à confiabilidade abertas para questionamento.

2.4.1. Comparação das disposições de lubrificação manual e automática

Três desvantagens principais da lubrificação manual são geralmente citadas:

- Longos intervalos de relubrificação permitem que sujeira e umidade penetrem nas vedações do mancal. Bem mais de 50% de todos os rolamentos apresentam uma vida útil significativamente reduzida como resultado de contaminação;
- Excesso de lubrificação ocorrendo durante a reposição de graxa, o que causa atrito excessivo e temperaturas excessivas de curto prazo. Essas variações de temperatura causam oxidação da porção de óleo da graxa.;
- A falta de lubrificação ocorre conforme a carga de lubrificante aplicada anteriormente está sendo esgotada, e antes do próximo evento de relubrificação.

Em contraste, a lubrificação automatizada tem vantagens técnicas significativas. Tempo e as estatísticas compiladas pelos principais fabricantes de rolamentos mostram um índice de 50% e talvez até 70% de todas as falhas de rolamento em todo o mundo. Sistemas de lubrificação automática bem projetados, seja óleo ou graxa, estão agora disponíveis para o usuário voltado para o futuro e empresas. Em fábricas de papel, celulose, refino e siderurgia, esses sistemas são garantindo que:

- O intervalo de tempo entre os eventos de relubrificação é otimizado;
- Quantidades medidas e predeterminadas com precisão de lubrificante entram no rolamento "no tempo" e deslocar contaminantes;
- A integridade das vedações do rolamento é protegida;

- Instrumentação de supervisão e meios associados de monitoramento estão disponíveis no ponto de lubrificação para rolamentos críticos.

2.4.2. Tipos de Sistema de Lubrificação Centralizada

2.4.2.1. Linha Simples Paralelo (Paralelo ou não progressivo)

Sistemas fornecem graxa para vários injetores que independentemente entregam um volume de graxa aos componentes. Volumétrico os ajustes são feitos definindo o tempo de ciclo ou alterando o injetor volume.

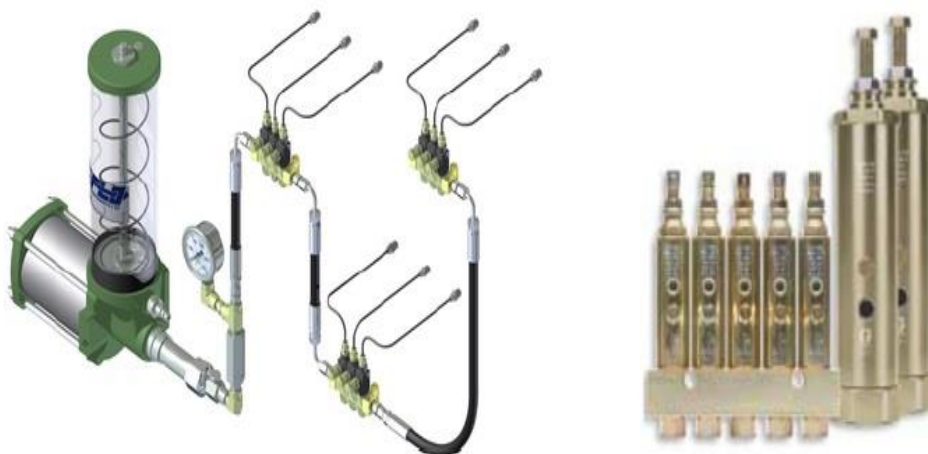
Atributos Positivos:

- Barato;
- Fácil de ajustar o volume;
- As falhas do injetor afetam apenas um ponto de lubrificação.

Atributos Negativos:

- Não pode bombear em longas distâncias;
- Cada injetor deve ser inspecionado regularmente.

Figura 18: Exemplo de Sistema Centralizado Linha Simples.



Fonte: Manual Des-case.

2.4.2.2. Linha Simples Série ou Progressivo

Os sistemas em série ou progressivos fornecem graxa para uma série de blocos de válvulas, onde a graxa é distribuída para cada ponto na sequência. Os ajustes volumétricos são feitos definindo o tempo de ciclo.

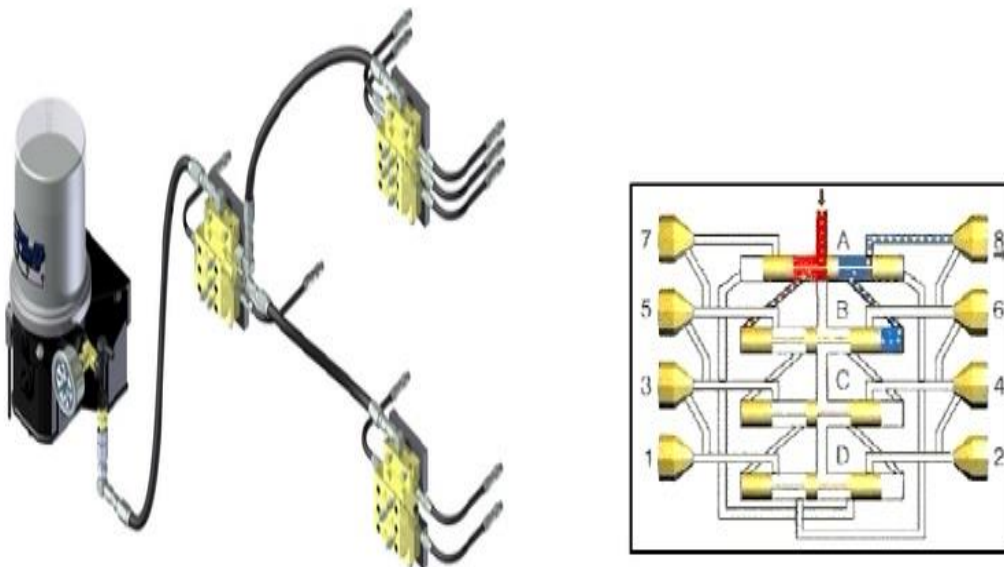
Atributos Positivos:

- Fácil de monitorar o sistema;
- Garante o volume de entrega adequado;
- Falhas de válvula podem ser detectadas;

Atributos Negativos:

- Falhas de válvula afetam todos os subsequentes pontos de lubrificação;
- Para alterar o bloco de volume de entrega deve ser mudado.

Figura 19: Exemplo de Sistema Centralizado Progressivo.



Fonte: Manual Des-case.

2.4.2.3. Sistema Centralizado Linha Dupla

Os sistemas paralelos de linha dupla apresentam duas linhas de alimentação onde a pressão é alternada entre as duas. Cada vez que o sistema é executado em um ciclo, metade das válvulas são preparadas e a outra metade “dispara” para fornecer graxa aos pontos de lubrificação.

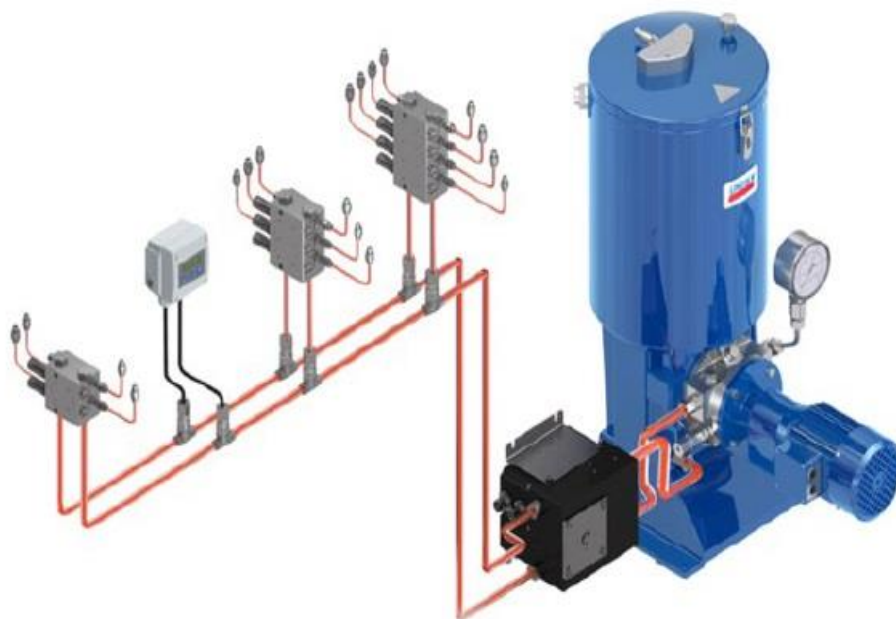
Atributos Positivos:

- Podem cobrir grandes distâncias e muitos pontos;
- Podem lidar com fluidos muito viscosos;
- Muito confiável se feita manutenção adequada.

Atributos Negativos:

- Um pouco caro;
- O volume da válvula é pré-determinado.

Figura 20: Exemplo de Sistema Centralizado Linha Dupla.



Fonte: Manual Des-case.

2.5. STACKER-RECLAIMER

O Stacker-Reclaimer é um equipamento que tem dupla função recuperar e empilhar materiais a granel, como, hematita bitolada, pelotas, sínter, coque entre outros minérios.

Em sua função de empilhamento, o equipamento recebe o material a granel a partir de uma correia transportadora e são transportados até a pilha de armazenagem de material.

Já em sua função de retomada, o equipamento recolhe o material da pilha que é enviado pelas correias transportadoras até o Alto Forno.

O Stacker-Reclaimer é um equipamento com custo de investimento relativamente baixo.

Figura 21: Manutenção do Stacker-Reclaimer.



Fonte: CSN.

Figura 22: Manutenção do Stacker-Reclaimer em período noturno.



Fonte: CSN.

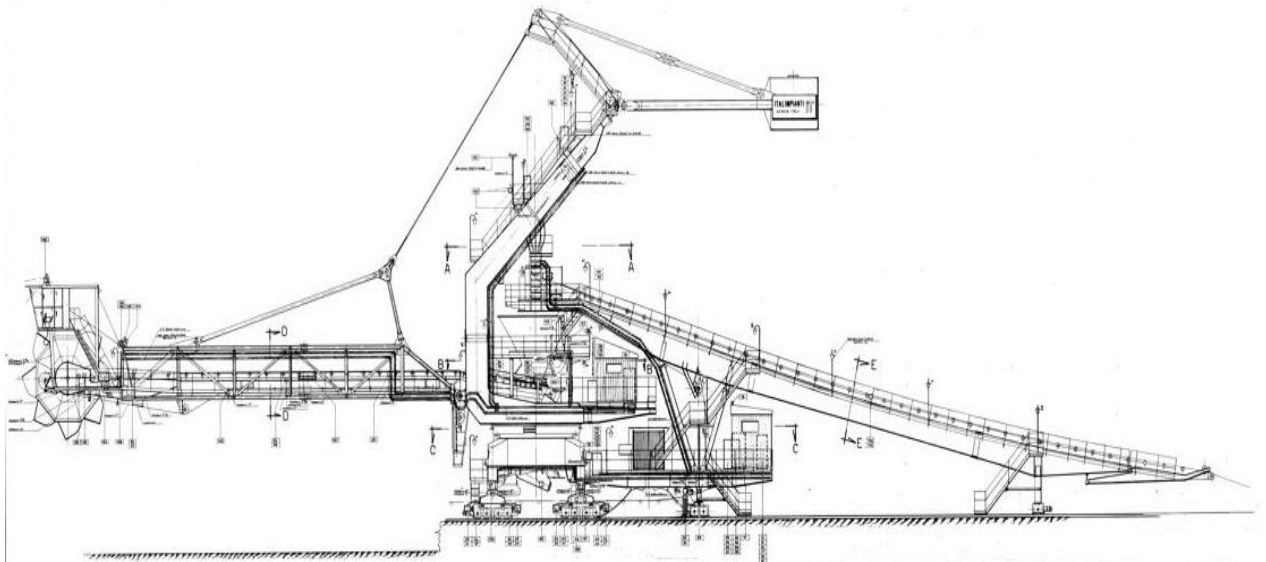
O Stacker-Reclaimer normalmente translada em um trilho entre os estoques no pátio de estocagem. Um empilhador geralmente pode se mover em pelo menos duas direções: horizontalmente ao longo do trilho e verticalmente inclinando (levantando e abaixando) sua lança. O comprimento da lança minimiza a poeira, reduzindo a distância que o material, como o carvão, precisa cair até o topo do estoque. A barreira é erguida conforme a altura do estoque aumenta. Alguns empilhadores podem girar a lança. Isso permite que um único empilhador forme duas pilhas de estoque, uma de cada lado da esteira.

O Stacker-Reclaimer é usado para empilhar em padrões diferentes, como empilhamento de cones e empilhamento chevron. O empilhamento em um único cone tende a causar segregação de tamanho, com o material mais grosso movendo-se em direção à base. No empilhamento de tela cônica bruta, cones adicionais são adicionados ao lado do primeiro cone.

No empilhamento chevron, o empilhador viaja ao longo do comprimento da pilha de estoque adicionando camada sobre camada de material.

O Stacker-Reclaimer era originalmente controlado manualmente, sem meios de controle remoto. As máquinas modernas são normalmente semiautomáticas ou totalmente automatizadas, com parâmetros definidos remotamente. O sistema de controle usado é tipicamente um CLP, com uma interface homem-máquina para display, conectado a um sistema de controle central.

Figura 23: Desenho técnico Stacker-Reclaimer.



Fonte: CSN.

Além de empilhar, um Stacker-Reclaimer tem três movimentos básicos:

- Elevação: Este é um movimento vertical ascendente ou descendente da lança e utiliza-se um mecanismo de cilindros hidráulicos.
- Deslocamento: O Stacker-Reclaimer se move em uma ferrovia, que pode ser de bitola larga ou estreita, permitindo que ele se mova pelo pátio conforme necessário. Para tanto, motores de tração acionados por corrente contínua (DC) são conectados por engrenagens cônicas

entre 12 e 22 rodas. Para controle manual, todos os controles estão na cabine de um controlador acima do transportador da lança. Stacker-Reclaimer modernos podem ser controlados remotamente.

- Giro: é a rotação do Stacker-Reclaimer em torno de seu eixo central para alinhar ou colocar a pilha de estoque quando necessário. Isso funciona principalmente por um pinhão giratório que gira em torno de uma base giratória. Este tipo de conjunto de engrenagem é denominado engrenagem solar e planetária. Os eixos podem ser múltiplos e são acionados por motores de eixo alimentados por DC que transmitem o torque por meio de engrenagens cônicas ou helicoidais.

As correias transportadoras usadas no Stacker-Reclaimer podem ser feitas de tecido ou arame metálico, dependendo do material a ser manuseado. Eles são acionados por polias, que por sua vez são acionadas por motores DC.

A maioria dos Stacker-Reclaimer's é alimentada eletricamente por meio de um cabo de tração. Existem basicamente dois tipos de cabo de tração: tambor rotativo do cabo de alimentação e tambor rotativo do cabo de controle. Os ajustes do pêndulo são feitos para garantir o alinhamento correto desses cabos enquanto o Stacker-Reclaimer está se movendo.

2.5.1. Rolamento Central do Stacker-Reclaimer

O rolamento central de giro é um rolamento cujo elemento rolante normalmente suporta uma carga pesada, mas de rotação lenta ou de oscilação lenta, muitas vezes uma plataforma horizontal, como um guindaste convencional, um pátio giratório ou a plataforma voltada para o vento de um moinho de vento de eixo horizontal.

Em comparação com outros rolamentos de corpos rolantes, os rolamentos de coroa de orientação têm seção fina e geralmente são feitos em diâmetros de um metro ou mais.

Os rolamentos de giro geralmente são feitos com dentes de engrenagem integrados à pista interna ou externa, usados para acionar a plataforma em relação à base.

Figura 24: Acionamento do rolamento central do Stack-Reclaimer.



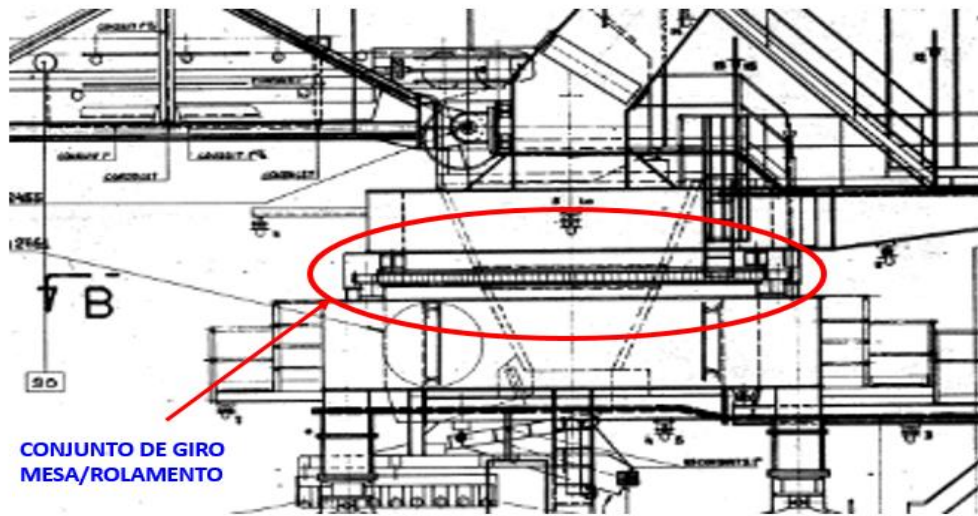
Fonte: CSN.

Figura 25: Montagem do rolamento central.



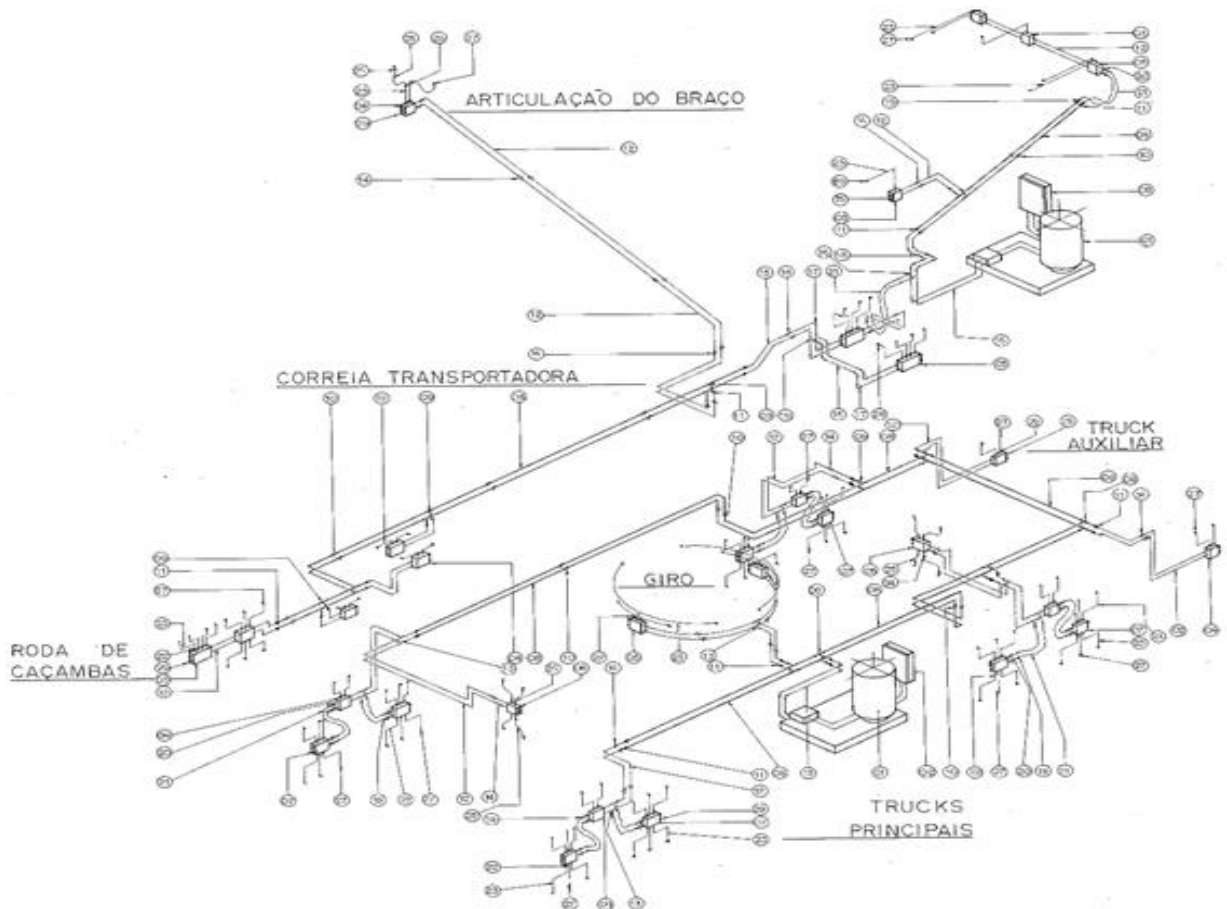
Fonte: CSN.

Figura 26: Conjunto de giro mesa/rolamento.



Fonte: CSN.

Figura 27: Distribuição dos pontos de lubrificação do sistema centralizado.



Fonte: CSN.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. MATERIAIS

Após a conclusão de todas as especificações do projeto, chegamos à lista dos principais materiais necessários para o sistema de lubrificação centralizada conforme mostra a tabela 2.

Tabela 2: Lista de Materiais.

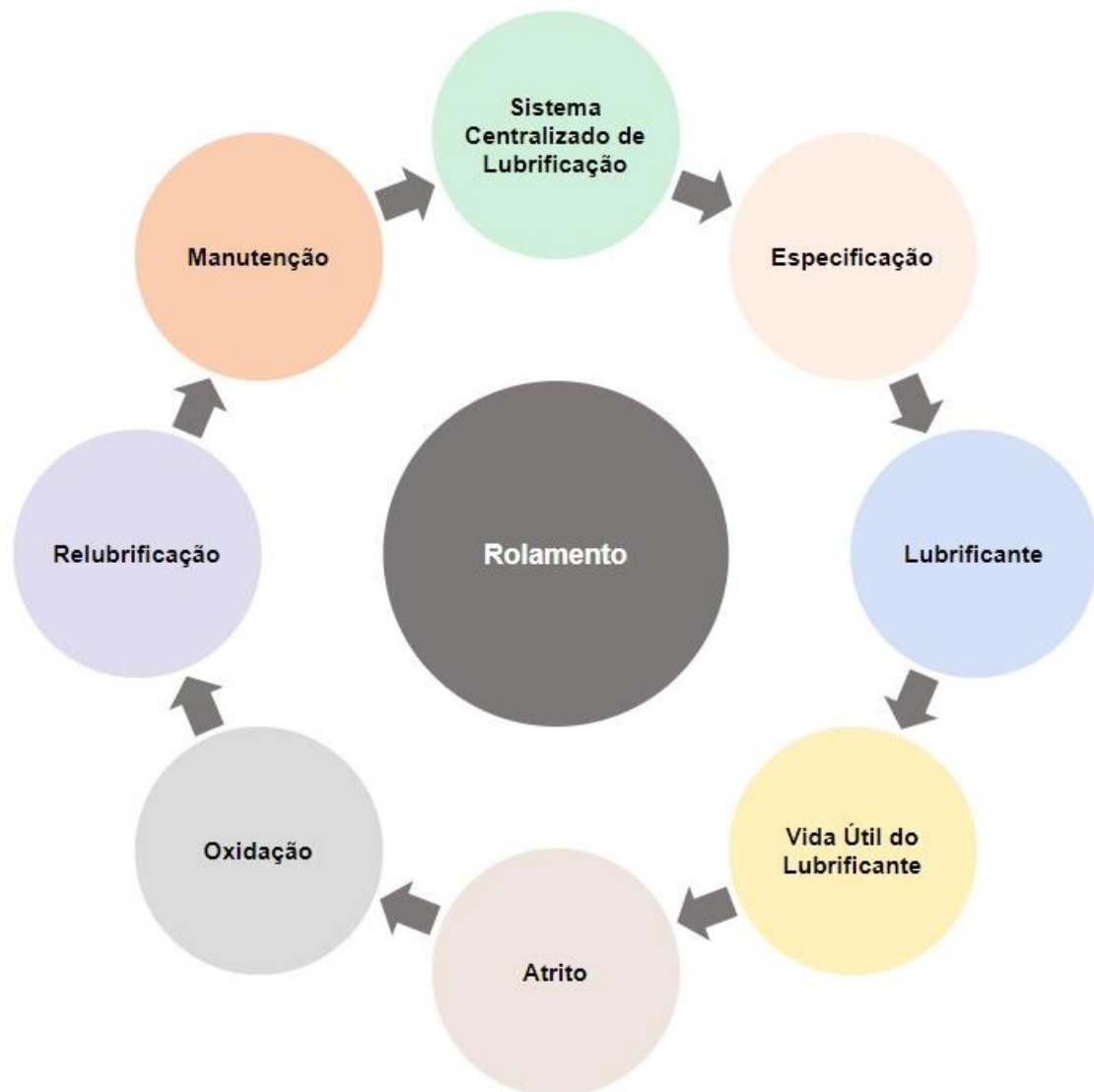
| Item | Quantidade | Discriminação | Especificação |
|------|------------|--------------------------|----------------------|
| 1 | 01 | Bomba Motorizada | BDG-NG Eximport |
| 2 | 02 | Distribuidor | BM |
| 3 | 01 | Painel de Acionamento | PAP-EC |
| 4 | 01 | Gabinete de Proteção | Eximport |
| 5 | 01 | Válvula de Bloqueio | Lubebloq II Eximport |
| 6 | 01 | Pressostato | 1/4" NPT |
| 7 | 01 | Controlador fim de linha | Eximport |
| 8 | 01 | Inversor Elétrico II | Eximport |
| 9 | 01 | Sensor SCM | Eximport |
| 10 | 01 | Sensor de aproximação | Eximport |
| 11 | 15 | Tubulação Inox | DN - 1" (6m) |
| 12 | 01 | Tambor Mobilux EP2 | Mobil – 170 Kg |

Fonte: Autores.

3.2. MÉTODOS

O diagrama de blocos a seguir nos mostra o método que foi pensado o nosso estudo de caso, voltado a maior confiabilidade do sistema de lubrificação para aumento da vida útil do rolamento.

Figura 28: Metodologia.



Fonte: Autores.

3.2.1. Metodologia Aplicada

Desenvolvemos a esse projeto a implementação de um sistema de lubrificação centralizada para o rolamento central do equipamento Stacker-Reclaimer, aplicado ao ramo siderúrgico.

Utilizamos alguns livros, sites, catálogos e visita a uma empresa siderúrgica como método de levantamento de dados para desenvolvermos esse projeto.

Após a visita técnica, detectamos uma área extremamente poluída e um método de lubrificação de baixa confiabilidade, o que nos instigou a desenvolvermos o nosso trabalho até o fim.

Devido a máquina ser bastante extensa, com mais de 100 pontos de lubrificação, optamos por utilizar um sistema centralizado de linha dupla para posterior aplicação aos demais pontos da máquina, mesmo com o nosso foco de trabalho sendo o rolamento central.

A partir disso, levantamos todos os dados e estudamos a viabilidade desse projeto através de diversas leituras. Observamos que as partículas contaminantes e a não renovação do lubrificante em intervalos curtos de tempo poderiam gerar um desgaste abrasivo no rolamento, aumentando sua temperatura, aumentando a folga interna e demais anomalias.

Com o desgaste devido ao atrito, a oxidação do lubrificante e demais fatores, o rolamento teria uma vida útil cada vez menor, sendo que o mesmo rolamento é de custo elevado.

Obtivemos assim a certeza da necessidade desse projeto, considerando que uma boa lubrificação em intervalos de tempo reduzido aumentaria a vida útil do nosso rolamento.

Foi especificado então o lubrificante ideal, seu grau de consistência, o sistema centralizado de lubrificação e seus demais componentes, assim como a quantidade de graxa necessária em determinado intervalo de tempo também especificado e a elaboração de um plano de manutenção.

Após orçado o valor final do projeto, temos a expectativa de um grande aumento da vida útil do rolamento, validando assim a importância do projeto.

3.2.2. Fluxograma para Especificação do Tempo de Relubrificação

Figura 29: Fluxograma da memória de cálculo.



Fonte: Autores.

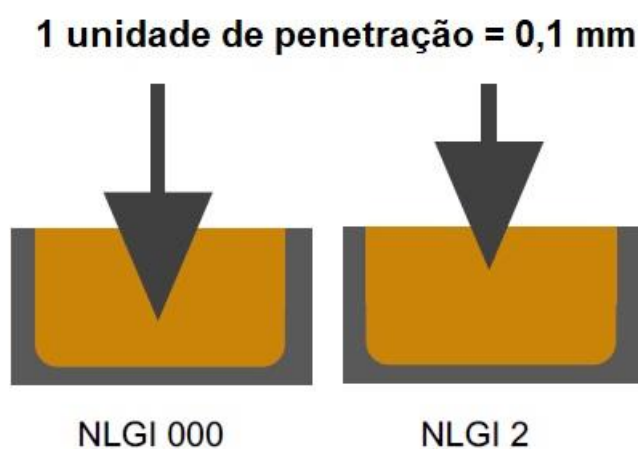
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. ENSAIO DO GRAU DE CONSISTÊNCIA DA GRAXA

4.1.1. Penetração do cone (ASTM D217)

Um cone de peso é largado em uma amostra de graxa trabalhada (60 cursos duplos), permitindo o assentamento por 5 segundos, então a profundidade de penetração é marcada.

Figura 30: Exemplo de teste de penetração para verificar consistência da graxa.



Fonte: Manual Des-case.

Tabela 3: Grau de consistência NLGI.

| Consistência | |
|--------------|------------|
| Grau NLGI | Penetração |
| 000 | 445-475 |
| 00 | 400-430 |
| 0 | 355-385 |
| 1 | 310-340 |
| 2 | 265-295 |
| 3 | 220-250 |
| 4 | 175-205 |
| 5 | 130-160 |
| 6 | 85-115 |

Fonte: Manual Des-case.

4.2. SELEÇÃO DO LUBRIFICANTE

Ao fazermos a seleção de uma graxa, devemos analisar diversos fatores. Podemos citar como os mais importantes a viscosidade, o grau de consistência, o tipo de espessante e as propriedades e aditivos especiais.

Foi selecionado o lubrificante de grau NLGI 2, fabricante e modelo Mobil Mobilux EP2, conforme indicação da fabricante do rolamento (Rothe Erde) em catálogo.

Figura 31: Graxa Mobil Mobilux EP2.



Fonte: Site da Mobil.

A Thyssenkrupp Rothe Erde Germany recomenda a instalação de lubrificação centralizada automatizada. A lubrificação do sistema de giro e dos dentes deve ser efetuada imediatamente após a montagem. Para este fim, bem como em cada lubrificação posterior, deverão ser utilizados os lubrificantes da tabela . Para as pistas do rolamento deve-se utilizar exclusivamente de graxas KP 2 K, ou seja, óleos minerais saponificados com lítio da classe NLGI 2 com aditivos EP. Os lubrificantes para a pista de rolamento indicados no Anexo B, podem ser misturados entre si. Os lubrificantes estão mencionados em ordem alfabética. O abastecimento com graxa diminui o atrito, protege contra a corrosão e é uma parte integrante da vedação.

Por este motivo a lubrificação deverá ser sempre com abundância, até que se forme um colarinho de graxa ao redor dos vãos existentes entre os anéis e as juntas. Rotacionar o rolamento durante a operação de lubrificação.

4.3. DADOS TÉCNICOS DO ROLAMENTO

Fabricante: Robrasa – Rothe Erde

Nº de Identificação: 85100100

Diâmetro externo(D): 5.508,00 mm.

Diâmetro interno(d): 4.762,00 mm.

Altura(B): 152,00 mm.

Peso: 3.238,00 kg

$n = 0,13$ RPM

Temperatura de trabalho(T_{trab}) $\cong 45^{\circ}\text{C}$

4.4. MEMÓRIA DE CÁLCULO

4.4.1. Cálculo do Diâmetro Médio(D_m) do rolamento

$$D_m = \frac{D + d}{2}$$

(Eq. 04)

Onde:

D_m = Diâmetro médio (mm)

D = Diâmetro maior (mm)

d = Diâmetro menor (mm)

$D_m = 5135$ mm

4.4.2. Cálculo da Rotação (n)

$$n = \frac{VL \times 1000}{\pi \times Dc}$$

(Eq. 05)

Onde:

n = rotação (RPM)

VL = Velocidade de linha

Dc = Diâmetro de contato com a linha

n = 0,13 RPM (Já especificado em projeto)

4.4.3. Cálculo da Velocidade Periférica(Vp)

$$Vp = \frac{\pi \times Dm \times n}{1000}$$

(Eq. 06)

Onde:

Vp = Velocidade periférica (m/min)

Dm = Diâmetro médio (mm)

n = rotação (RPM)

Vp = 2,09 m/min

4.4.4. Cálculo do Fator de Velocidade(DN)

$$DN = Dm \times n \times Fc$$

(Eq. 07)

Onde:

DN: Fator de velocidade (mm/min)

Dm: Diâmetro médio (mm)

n: Rotação (RPM)

Fc: Fator de correção (adimensional)

$$DN = 667,55 \text{ mm/min}$$

Tabela 4: Fator de correção do rolamento.

| Fc: Fator de Correção | | |
|---------------------------------|-------------|----------|
| Rolamentos de esferas | 100% | 1 |
| Rolamentos de dupla esferas | 90% | 0,9 |
| Rolamento de agulhas | 70% | 0,7 |
| Rolamento de rolos cônicos | 60% | 0,6 |
| Rolamentos de rolos cilíndricos | 40% | 0,4 |

Fonte: Manual Des-Case.

4.4.5. Cálculo do tempo de relubrificação(Tr)

$$Tr = 5371,7 \times e^{(-0,000005) \times (Dn \times Fr)}$$

(Eq. 08)

Onde:

Tr: Tempo de relubrificação (h)

DN: Fator de velocidade (mm/min)

Fr: Fator de forma do rolamento (adimensional)

Tabela 5: Fator para Correção.

| Fr: Fator de Forma do Rolamento | |
|---------------------------------|---------------|
| Rolamentos esféricos | Fr = 1 |
| Demais rolamentos | Fr = 2 |

Fonte: Manual Des-Case.

$$Tr = 5353,80 \text{ min} \cong 89 \text{ horas}$$

O valor adotado para fins de trabalho será de **30 horas** de intervalo, considerando a grande poluição ambiental presente no entorno do rolamento e demais fatores considerados conforme já explicado no resumo do trabalho.

4.4.6. Cálculo da massa de graxa para relubrificação do rolamento

$$G = 0,005 \times D \times B \quad (\text{Eq. 09})$$

Onde:

Gp = Quantidade de lubrificante no rolamento(g);

D = Diâmetro externo do rolamento (mm);

B = Altura do Rolamento(mm).

$$Gp = 4.186,05g \cong 4200 \text{ g}$$

Foi definido conforme cálculo demonstrado acima a quantidade de **4200 g** de graxa Mobil Mobilux EP2 para lubrificação do rolamento central do equipamento.

Figura 32: Exemplo de Graxa Mobil Mobilux EP2.



Fonte: Site da Mobil.

4.5. SELEÇÃO DA BOMBA

Foi selecionada uma bomba motorizada modelo BDG-NG (Eximport) com a função de alimentar com lubrificante nosso sistema de lubrificação centralizada de linha dupla. A bomba tem vazão nominal mínima de 130 cm³/min. Segue na tabela 6 as especificações do componente.

Tabela 6: Especificações da Bomba.

| | |
|-----------------------|--------------------------------|
| Lubrificante | Óleo ou Graxa até NLGI 2 |
| Pressão Máxima | 400 Bar |
| Vazão Nominal | 10:1 - 550cm ³ /min |
| | 20:1 - 275cm ³ /min |
| | 40:1 - 130cm ³ /min |
| Potência | 1 CV |
| Motor Trifásico | 220/380/440 VCA |
| Corrente | 2,91/1,68/1,46 A |
| Frequência | 50 ou 60 Hz |
| Grau de Proteção | IP 55 |
| Chave de Nível Mínimo | NA |
| Chave de Nível Máximo | NA |
| Peso | 142 Kg |

Fonte: Catálogo da Eximport.

4.6. SELEÇÃO DOS DISTRIBUIDORES

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.

Foi selecionado o Distribuidor BM-5 pensando num maior benefício da manutenção, pois este modelo de distribuidor permite a troca do módulo danificado ao invés da troca de todo o conjunto.

Segue na tabela 7 as especificações desse modelo de distribuidor.

Tabela 7: Especificação dos Distribuidores

| Lubrificantes | | Óleo ou Graxa | | |
|----------------------|---------------|-----------------|-------------------------------|-----------|
| Pressões de Trabalho | | Mínimo: 15 Bar | | |
| | | Máximo: 300 Bar | | |
| Temperatura | | Máximo 90°C | | |
| Modelos | Nº de Modelos | 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 |

Fonte: Catálogo da Eximport.

4.7. SELEÇÃO DOS DEMAIS COMPONENTES

Também foram especificados alguns acessórios e demais componentes, como:

- Controlador fim de linha;
- Inversor elétrico II;
- Sensor SCM;
- Sensor de aproximação;

- Pressostato;
- Válvula de bloqueio;
- Tubulação DN – 1" (6m).

4.8. ORÇAMENTO

Será mostrado na tabela 8 os componentes especificados com seus respectivos valores unitários e finais.

Tabela 8: Orçamento do Projeto

| Item | Qtd | Discriminação | Especificação | Preço Un. | Preço Total |
|------|-----|--------------------------|----------------------|---------------|----------------------------|
| 1 | 01 | Bomba Motorizada | BDG-NG Eximport | R\$ 32.000,00 | R\$ 32.000,00 |
| 2 | 02 | Distribuidor | BM | R\$ 2.500,00 | R\$ 5.000,00 |
| 3 | 01 | Painel de Acionamento | PAP-EC | R\$ 3.500,00 | R\$ 3.500,00 |
| 4 | 01 | Gabinete de Proteção | Eximport | R\$ 7.000,00 | R\$ 7.000,00 |
| 5 | 01 | Válvula de Bloqueio | Lubebloq II Eximport | R\$ 2.000,00 | R\$ 2.000,00 |
| 6 | 01 | Pressostato | 1/4" NPT | R\$ 1.800,00 | R\$ 1.800,00 |
| 7 | 01 | Controlador fim de linha | Eximport | R\$ 3.500,00 | R\$ 3.500,00 |
| 8 | 01 | Inversor Elétrico II | Eximport | R\$ 4.000,00 | R\$ 4.000,00 |
| 9 | 01 | Sensor SCM | Eximport | R\$ 3.200,00 | R\$ 3.200,00 |
| 10 | 01 | Sensor de aproximação | Eximport | R\$ 350,00 | R\$ 350,00 |
| 11 | 15 | Tubulação Inox | DN - 1" (6m) | R\$ 420,00 | R\$ 6.300,00 |
| 12 | 01 | Tambor Mobilux EP2 | Mobil – 170 Kg | R\$ 3.200,00 | R\$ 3.200,00 |
| | | | | | TOTAL R\$ 71.800,00 |

Fonte: Autores.

Após as especificações dos componentes do projeto, chegamos a um valor final orçado em R\$ 71.800,00.

4.9. PLANO DE MANUTENÇÃO

Para começar uma discussão sobre a manutenção preventiva de qualquer máquina ou componente, deve-se primeiro definir a manutenção preventiva. Uma definição adequada é esta: manutenção que pode ser

realizada de forma econômica para evitar quebras de equipamentos antes que ocorram, deslocando a maior parte do trabalho de manutenção para uma base planejada.

A ênfase é colocada na palavra economicamente, uma vez que os custos para funções de manutenção preventiva elaboradas e frequentes podem exceder qualquer economia resultante do esforço. A relubrificação do equipamento é uma função de manutenção preventiva.

Segue na tabela 9 o plano de manutenção para o sistema centralizado de linha dupla especificado.

Tabela 9: Plano de Manutenção do Equipamento.

| Plano de Manutenção | | | |
|---|--|---------------------------|---------------|
| Verificação/Manutenção | Forma | Responsável | Periodicidade |
| Troca de filtros/ telas | Troca do componente | Equipe de Manutenção | 30 dias |
| Tubulações/ mangueiras | Verificar quanto a quebras ou vazamentos | Inspetor de Manutenção | 30 dias |
| Dispositivos de medição | Limpeza | Equipe de Manutenção | 30 dias |
| Conexões | Verificar quanto a vazamentos | Inspetor de Manutenção | 30 dias |
| Painéis elétricos e controles | Limpeza interior | Equipe de Manutenção | 90 dias |
| Conexões elétricas | Verificar possíveis conexões soltas | Inspetor de Manutenção | 90 dias |
| Medidores de pressão e calibre | Realizar teste | Inspetor de Manutenção | 90 dias |
| Dispositivos de advertência e segurança | Realizar teste | Inspetor de Manutenção | 7 dias |
| Conclusão do ciclo | Verificação do ciclo completo | Operador de área | Diariamente |
| Pressões Operacionais do sistema | Verificação | Operador de área | Diariamente |

Fonte: Autores.

Continuação da tabela 9: Plano de Manutenção do Equipamento.

| Plano de Manutenção | | | |
|----------------------------|---|------------------------|---------------|
| Verificação/Manutenção | Forma | Responsável | Periodicidade |
| Condição do Lubrificante | Aspecto visual do lubrificante | Operador de área | Diariamente |
| Gabinete de Controle | Limpeza e verificação das portas e travas | Equipe de Manutenção | 15 dias |
| Reservatório | Inspeção de possíveis danos/desgaste | Inspetor de Manutenção | 180 dias |
| Bomba | Verificar sua funcionalidade, vibração e alinhamento | Inspetor de Manutenção | 180 dias |
| Distribuidor | Obstrução ou pressão não ideal, possível troca imediata | Inspetor de Manutenção | 7 dias |
| Pontos de Lubrificação | Verificação quanto a vazamentos / desgaste | Equipe de Manutenção | 15 dias |
| Quantidade de Lubrificante | Verificar reservatório | Inspetor de Manutenção | 30 dias |

Fonte: Autores.

5. CONCLUSÕES

As especificações foram obtidas com sucesso. Devemos destacar que o trabalho foi desenvolvido com foco no rolamento central da máquina e dando bastante destaque a uma característica específica, que é o grande índice de partículas contaminantes no local. Foi selecionado um sistema centralizado de lubrificação de linha dupla.

É esperado também uma grande redução das paradas do equipamento para manutenção, uma vez que o sistema centralizado atua com a máquina em operação.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BLOCH, Heinz P., **Practical Lubrication for Industrial Facilities**. 2ª Edição. Lilburn, Geórgia. Fairmont Press, 2000.

DES-CASE. **Practical Machinery Lubrication Course Manual**, 1ª Edição. USA, 2020.

EXIMPORT. **Catálogos de Produtos Eximport**. Disponível em: <<https://eximport.com.br/produtos/>>. Acesso em: 30 Março 2021.

LUGT, Piet M., **Grease Lubrication in Rolling Bearings**: Tribology Series. 2ª Edição. Holanda. Wiley, 2013.

MOBIL. **Catálogo Mobil Mobilux EP2**. Disponível em: <<https://mobilindustrial.com.br/lubrificantes/produto/mobilux-ep-2>>. Acesso em: 03 Abril 2021.

ROTHERDE. **Catálogo de Rolamentos Rothe Erde**. Disponível em: <<https://thyssenkrupp-rotheerde.com/pt/downloads/folhetos-e-catalogos> >. Acesso em: 02 Fevereiro 2021.

STANBURY, Kate. **Preventive Maintenance of Centralized Lubrication Systems** - Key to Its Reliability. Machinery Lubrication, Maio 2019. Disponível em: <<https://machinerylubrication.com/Read/275/preventive-maintenance-lubrication>>. Acesso em: 15 Março 2021.

TOTTEN, George E., **Handbook of Lubrication and Tribology**: Application and Maintenance. 2ª Edição. Seattle, EUA. Taylor e Francis, 2006.

7. ANEXOS

7.1. ANEXO A – CATÁLOGO GRAXA MOBIL MOBILUX



Mobilux EP Série

Graxas industriais multiuso

Descrição do Produto

Os produtos Mobilux EP 0, 1, 2 e 3 compõem uma linha de alto desempenho de graxas industriais para serviços especiais. Estas graxas de hidroxiestearato de lítio são formuladas para proporcionar proteção extra contra o desgaste, corrosão e lavagem por água. São apresentadas em graus NLGI de 0 a 3, e têm óleos base de viscosidade ISO VG 150.

As graxas Mobilux EP 0, 1, 2 e 3 são recomendadas para a maioria dos usos industriais, incluindo serviços pesados onde existam cargas de choque ou cargas de alta pressão. Estas graxas proporcionam excelente proteção contra a ferrugem e corrosão e resistem a lavagem com água, o que as torna particularmente apropriadas para equipamentos onde condições úmidas ou molhadas são comuns. A Mobilux EP 0 e 1 são recomendadas para sistemas centralizados de lubrificação. A Mobilux EP 2 e 3 são graxas multiuso. A faixa de temperatura operacional recomendada vai de -20 °C a 130 °C, mas elas podem ser usadas em temperaturas mais altas se a frequência da lubrificação for aumentada proporcionalmente.

Características e Benefícios

As graxas Mobilux EP têm um histórico antigo de desempenho comprovado e já demonstraram sua superioridade quando comparadas a produtos concorrentes nas áreas de proteção contra a corrosão, bombeamento em baixa temperatura e vida prolongada em alta temperatura. O teste de carga Timken OK de 40 lbs ilustra a capacidade de carga e de pressão extrema dessas graxas.

- Desgaste reduzido sob cargas pesadas ou de choque e sob vibração, tornando o equipamento confiável e disponível
- Proteção contra ferrugem e corrosão e resistência à lavagem por água, aumentando a proteção e boa lubrificação de equipamentos na presença de água
- Potencial de prolongamento da vida útil dos rolamentos em ambientes molhados, reduzindo os custos de manutenção e de tempo parado não programado
- Boas características de bombeamento em sistemas centralizados (Mobilux EP 0 e 1)

Aplicações

- Mobilux EP 0 e Mobilux EP 1 têm boas características de bombeamento em baixa temperatura e são recomendadas para sistemas centralizados de lubrificação e em outras aplicações onde exige-se desempenho em baixas temperaturas.
- A Mobilux EP 2 é recomendada para aplicações multiuso em rolamentos e mancais de deslizamento e antifricção, buchas e pinos, sob condições normais de trabalho.
- A Mobilux EP 3 é uma graxa com grau NLGI 3 recomendada para aplicações onde seja exigida máxima proteção contra contaminação por água ou particulados.



Especificações e Aprovações

| Mobilux EP atende ou excede as exigências de: | Mobilux EP 0 | Mobilux EP 1 | Mobilux EP 2 | Mobilux EP 3 |
|---|--------------|--------------|--------------|--------------|
| DIN 51825: (2004-06) | | KP1K-20 | KP2K-20 | KP3K-20 |
| DIN 51826: (2005-01) | GPOG-20 | | | |

Propriedades Típicas

| Mobilux | EP 0 | EP 1 | EP 2 | EP 3 |
|--|----------|----------|----------|----------|
| Grau NLGI | 0 | 1 | 2 | 3 |
| Tipo de espessante | Lítio | Lítio | Lítio | Lítio |
| Cor, aspecto visual | Castanho | Castanho | Castanho | Castanho |
| Penetração trabalhada, 25 °C, ASTM D 217 | 370 | 325 | 280 | 235 |
| Viscosidade do óleo base, ASTM D 445, cSt a 40 °C | 160 | 160 | 160 | 160 |
| Ensaio de carga Timken OK, ASTM D 2509, lb | 40 | 40 | 40 | 40 |
| Aparelho de 4 esferas – prevenção de desgaste ASTM D 2266, scar, mm | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| Aparelho de 4 esferas, carga de soldagem, ASTM D 2596, kg | 250 | 250 | 250 | 250 |
| Ponto de gota, D 2265, °C | 190 | 190 | 190 | 190 |
| Proteção contra a ferrugem, ASTM D 6138, água destilada | 0-0 | 0-0 | 0-0 | 0-0 |

Saúde e Segurança

Com base na informação disponível, não é esperado que este produto cause efeitos adversos à saúde quando utilizado nas aplicações a que é destinado e seguidas as recomendações indicadas na Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico (FISPQ). As FISPQs encontram-se disponíveis com o representante local de vendas ou pela internet. Elas serão fornecidas pelo revendedor ao cliente, se exigido, e de acordo com a legislação. Deve-se utilizar este produto apenas nas aplicações pretendidas. Ao descartar o produto, tenha o devido cuidado com o meio ambiente.

Qualquer um dos produtos pode não estar disponível no local. Para mais informações, contate seu escritório de vendas local ou visite o site mobil.cosan.com.

7.2. ANEXO B – TRECHO RETIRADO DO CATÁLOGO DA ROTHE ERDE.

| | | |
|---|---------------------------------------|---------------------------------------|
|  | ● Aralub HLP 2 | 243 K até 393 K (-30°C até +120°C) |
| | ▲ Castrol Molub-Alloy OG 936 SF Heavy | 243 K até 373 K (-30°C até +100°C) |
|  | ● Spheerol EPL 2 | 253 K até 413 K (-20°C até +140°C) |
| | ▲ Castrol Molub-Alloy OG 9790/2500-0 | 253 K até 363 K (-20°C até +90°C) |
|  | ● Centoplex EP 2 | 253 K até 403 K (-20°C até +130°C) |
| | ▲ Grafoscon C-SG 0 ultra | 243 K até 473 K (-30°C até +200°C) |
|  | ● Lagermeister EP 2 | 253 K até 403 K (-20°C até +130°C) |
| | ▲ Ceplattyn KG 10 HMF | 263 K até 413 K (-10°C até +140°C) |
|  | ● Mobilux EP 2 | 253 K até 393 K (-20°C até +120°C) |
| | ▲ Mobilgear OGL 461 | 253 K até 393 K (-20°C até +120°C) |
|  | ● Gadus S2 V220 2 | 248 K até 403 K (-25°C até +130°C) |
| | ▲ Gadus S2 OGH NLGI 0/00 | 263 K até 473 K (-10°C até +200°C) |
|  | ● Multis EP 2 | 248 K até 393 K (-25°C até +120°C) |
| | ▲ Copal OGL 0 | 248 K até 423 K (-25°C até +150°C) |

● Lubrificação das pistas
▲ Lubrificação da engrenagem

7.3. ANEXO C – CATÁLOGO DA BOMBA MOTORIZADA

EXIMPORT

Bomba Motorizada BDG-NG

30.711

DESCRIÇÃO

A **Bomba Motorizada BDG-NG** é destinada a alimentar com lubrificante sistemas de lubrificação centralizada linha dupla. Robusta e de manutenção praticamente nula, é ideal para instalações que apresentam condições de trabalho bastante severas e que necessitam desenvolver altas pressões, é especialmente recomendada para a lubrificação periódica de equipamentos siderúrgicos e similares, com elevado número de pontos de consumo frequente.

O conjunto é formado por uma unidade de bombeamento, motor, redutor, válvula de alívio, manômetro e um inversor hidráulico, elétrico ou pneumático. Sobre a unidade de bombeamento, um reservatório de grande capacidade contém internamente um disco seguidor para evitar a entrada de ar e cavitação da graxa. Uma chave de nível fica responsável pela sinalização de nível mínimo ou máximo. Todos os componentes estão interligados e montados em uma base comum de chapa de aço reforçada. O mecanismo de acionamento dos pistões fica alojado em compartimento próprio, com lubrificação por banho de óleo.

O inversor, disponível em vários modelos, tem a finalidade de alternar o fluxo de lubrificante nas duas linhas principais de suprimento do sistema, para operar os distribuidores. A válvula de alívio protege a bomba e o sistema no caso de eventual bloqueio.



FUNCIONAMENTO

A unidade de bombeamento utiliza um princípio positivo de operação, sem válvulas de retenção, com o emprego de dois pistões que se deslocam em cilindros de aço especial. Estes pistões, um principal e outro piloto, são acionados por excêntricos com defasagem angular entre si.

Devido a essa característica, o bombeamento é sempre efetuado pelo pistão principal, cabendo ao pistão piloto a função de abrir e fechar furos de comunicação nas fases de sucção e recalque.

A frequência dos ciclos de lubrificação é controlada por um programador, que liga a bomba a intervalos predeterminados. O desligamento do sistema no final do ciclo é efetuado automaticamente por uma chave de contato atuada pelo inversor hidráulico ou pelo controlador de pressão quando o inversor for elétrico.

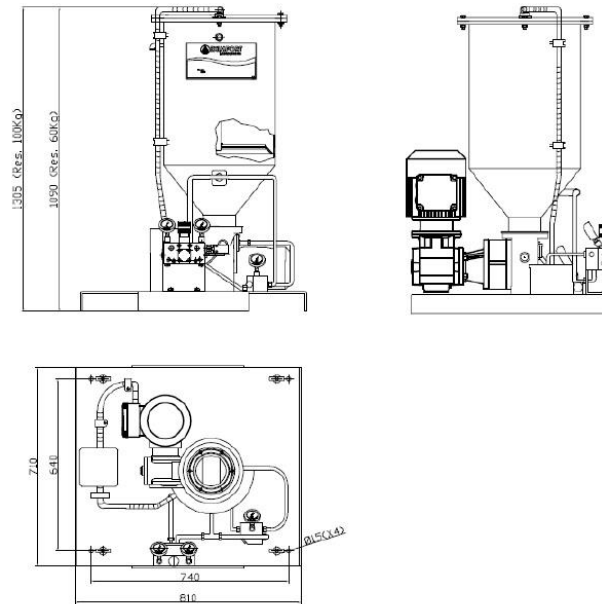
Dispositivos de sinalização, locais ou remotos, podem ser ativados pelo programador para fornecer indicação de qualquer interrupção na operação normal do sistema.

Especificações

| | |
|-----------------------|----------------------------------|
| Lubrificante | Óleo ou Graxa até NLGI- 2 |
| Pressão Máxima | 400 bar |
| Vazão Nominal | 10:1 – 550 cm ³ /min. |
| | 20:1 – 275 cm ³ /min. |
| | 40:1 – 130 cm ³ /min. |
| Potência | 1 cv |
| Motor Trifásico | 220/380/440 Vca |
| Corrente | 2,91/1,68/1,46 A |
| Frequência | 50 ou 60 Hz |
| Grau de proteção | IP 55 |
| Chave de Nível Mínimo | NA |
| Chave de Nível Máximo | NA |
| Peso | 142 Kg |

Mar 19

DIMENSÕES
em milímetros



Informações de Compra

Bomba Motorizada BDG-NG

| | | | | | | |
|----------------|-----------------|---------|--|--|--|--|
| | | | | | | |
| Redução | 10:1 | - 1 | | | | |
| | 20:1 | - 2 | | | | |
| | 40:1 | - 3 | | | | |
| Inversor | Sem | - 0 | | | | |
| | Loop | - L | | | | |
| | Fim de linha | - F | | | | |
| | Elétrico | - E | | | | |
| | Pneumático | - P | | | | |
| Motor Elétrico | 220 Vca | - 1 | | | | |
| | 380 Vca | - 2 | | | | |
| | 440 Vca | - 4 | | | | |
| Reservatório | Metálico | -RM-60 | | | | |
| | | -RM-100 | | | | |
| | Poliétileno | -RP-60 | | | | |
| Gabinete | Sem | - SG | | | | |
| | Com | - CG | | | | |
| Sensor | Reflectométrico | - SR | | | | |
| | Elétrico | - SE | | | | |

Catálogos Adicionais:

| | |
|-----------------------|-------|
| Inversor Hidráulico | 30251 |
| Inversor Elétrico | 3025 |
| Inversor Pneumático | 50290 |
| Gabinete | 60700 |
| Chave de Nível Sônica | 61934 |

Observação: Disponível a opção do sensor de nível eletrônico, que faz a leitura do nível de graxa ou óleo em qualquer nível do reservatório, em milímetros ou em porcentagem, para mais informações consultar catalogo n° 61934.

Sujeito a alterações sem prévio aviso

| | |
|---|--|
| <p>EXIMPORT Rua Gen. Roberto Alves Carvalho Fº, 59 04744-000 • São Paulo • SP • Brasil Fone: 55 (11) 5525-9777 E-mail: vendas@eximport.com.br Site: www.eximport.com.br</p> |  <p>LUBEQUIP EXIMPORT</p> |
|---|--|

7.4. ANEXO D – CATÁLOGO PAINEL DE ACIONAMENTO E PROTEÇÃO

EXIMPORT Painel de Acionamento e Proteção PAP-EC

40.385

Descrição

O Painel de Acionamento e Proteção PAP-EC, 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 EASY, transformador, contator principal, relé térmico, e disjuntor 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.

Nos sistemas cíclicos, ao ser energizado ou quando do início de um ciclo de lubrificação programado, o painel liga uma saída para ligar o sistema de lubrificação ("indicado através do sinalizador "lubrificando") e aguarda um sinal elétrico gerado pelo fluxo do lubrificante sob pressão através de uma chave de ciclos acoplada no distribuidor de controle (sistema progressivo) ou inversor hidráulico (sistema linha dupla). Quando esse sinal é recebido no tempo programado, o painel desliga a saída que liga o sistema de lubrificação (indicado através do sinalizador "lubrificado") e inicia a contagem do intervalo por tempo. A falta do sinal liga uma saída de defeito, indicando defeito na lubrificação (indicado através do sinalizador "defeito"). Se o reservatório de lubrificante possuir chave de nível mínimo, quando a chave for atuada é indicado através do sinalizador "nível mínimo", nesta condição deverá desligar a bomba e sinalizar defeito depois do término de um tempo pré-determinado (tempo de bloqueio). Quando o reservatório de lubrificante for reabastecido essa ação é indicada através do sinalizador "nível máximo".

Se o sistema for desenergizado, o painel memoriza a programação estabelecida e quando reenergizado completa essa programação. Caso haja necessidade de pré-lubrificação; o controlador deve ser acionado manualmente através da tecla "manual". Esta tecla deve permanecer pressionada durante todo o tempo necessário para a pré-lubrificação.

Dados Técnicos

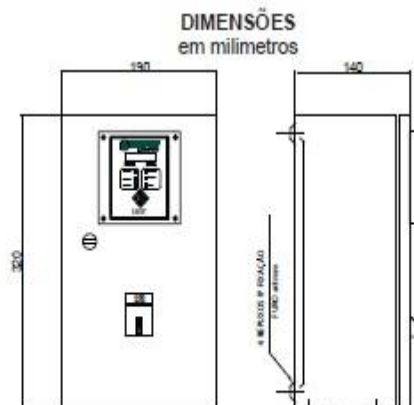
Alimentação: 220/380/440 Vca 10% , 50/60 hz.
Consumo: Control Easy 50 -100 mA (fonte chaveada)
Temperatura de armazenagem: -10 a 50°C
Temperatura de trabalho: 0 a 50°C
Corrente máx. de saída: LubeControl 3 A -250 Vca
Proteção: Caixa de aço IP54



Programação

O projeto do painel considerou todas as necessidades de um sistema de lubrificação com bomba motorizada. A programação é efetuada com facilidade através do sistema de interface. É possível alterar o ciclo de lubrificação, o intervalo tempo de bloqueio por falta de reabastecimento, retardo da pulverização, monitoragem operação da bomba continua (sistema motorizado) ou pulsada (sistema pneumático). A partir do conhecimento do volume de lubrificante que as máquinas ou equipamentos requerem e as frequências de aplicação.

Modificações no programa podem ser feitas no campo. O controlador detecta a falta de lubrificante (nível mínimo). Disponibiliza sinal digital para interface com CLP de "Bomba ligada" (sistema operando) "Sistema com Defeito". (falha na lubrificação).



Mai 16

Definições

Intervalo: Tempo 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.

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

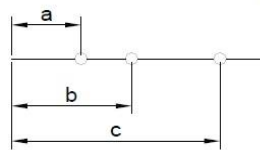
Programação por tempo: estabelece em minutos o intervalo entre os ciclos de lubrificação e a duração do período de monitoragem.

Especificações Básicas

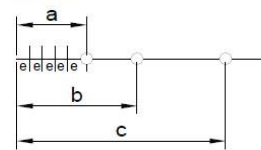
| Literatura adicional disponível para todos os modelos | | | Tensão de alimentação | | Programação | | | | | | | | Sinalizadores | | | | | Utilização | | |
|---|-------------|-------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------|--------|----------------|--------|----------------|--------|---------|------------------|---------------|-------------|----------|---------|---------------|------------|--------------|--------------|
| Mod | Referência | Execução | Comando | Motor | Programação | Escala | Monitoragem | Escala | Ciclos | Escala | Reciclo | Tempo de reciclo | Liga manual | Lubrificado | Operando | Defeito | DEFEITO LINHA | | Nível mínimo | Nível Máximo |
| EC4 | 678.598.094 | Gabinete metálico | 120V 50/60hz-2Ø | 1/2CV - 440V 50/60hz-3Ø | 1 a 9999 | min. | 1 a 9999 | min. | 1 a 9999 | Ciclo | ○ | ○ | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| EC5 | 678.598.095 | Gabinete metálico | 120V 50/60hz-2Ø | 1/2 CV - 380V 50/60hz-3Ø | 1 a 9999 | min. | 1 a 9999 | min. | 1 a 9999 | Ciclo | ○ | ○ | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| EC6 | 678.598.096 | Gabinete metálico | 120V 50/60hz-2Ø | 1/2CV - 220V 50/60hz-3Ø | 1 a 9999 | min. | 1 a 9999 | min. | 1 a 9999 | Ciclo | ○ | ○ | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| EC7 | 678.598.097 | Gabinete metálico | 120V 50/60hz-2Ø | 1/6CV - 440V 50/60hz-3Ø | 1 a 9999 | min. | 1 a 9999 | min. | 1 a 9999 | Ciclo | ○ | ○ | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| EC8 | 678.598.098 | Gabinete metálico | 120V 50/60hz-2Ø | 1/6 CV - 380V 50/60hz-3Ø | 1 a 9999 | min. | 1 a 9999 | min. | 1 a 9999 | Ciclo | ○ | ○ | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| EC9 | 678.598.099 | Gabinete metálico | 120V 50/60hz-2Ø | 220V 50/60hz-3Ø | 1 a 9999 | min. | 1 a 9999 | min. | 1 a 9999 | Ciclo | ○ | ○ | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |

- Disponível
- Não Disponível

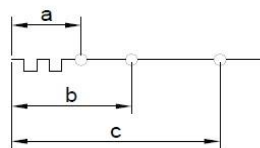
Exemplos de seqüência funcional



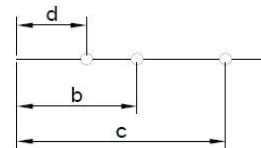
Sistema progressivo *o* bomba motorizada ou pneumática *se* reciclo
a- Tempo de ciclo
b- Tempo de monitoragem
c- Intervalo (tempo ou impulso)



Com ciclos consecutivos do sistema
a- Tempo de ciclo
b- Tempo de monitoragem
c- Intervalo (tempo ou impulso)
d- Ciclos consecutivos



Sistema progressivo *o* bomba pneumática *sem* reciclo
a- Tempo de ciclo
b- Tempo de monitoragem
c- Intervalo (tempo ou impulso)



Sistema linha dupla *o* bomba pneumática *sem* reciclo
d- Tempo de 1/2 ciclo
b- Tempo de monitoragem
c- Intervalo (tempo ou impulso)

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



7.5. ANEXO E – CATÁLOGO GABINETE DE PROTEÇÃO

EXIMPÓRT Gabinete de Proteção - Simples

Descrição

60.700

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 |



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 regulagem 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 | | 8,320 |
| BM - 7 | 7 | 7 a 14 | 1,2 a 5,0 (módulo 50) | 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 regulagem através da haste.

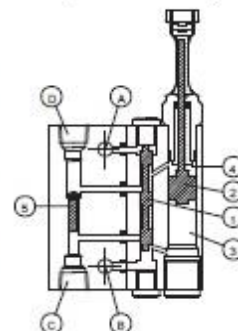
Durante a operação do distribuidor, o lubrificante sob pressão entra pelo pórtico (A) e força o pistão de controle (1) para baixo, permitindo que a pressão seja aplicada na parte superior do pistão de injeção (2).

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.

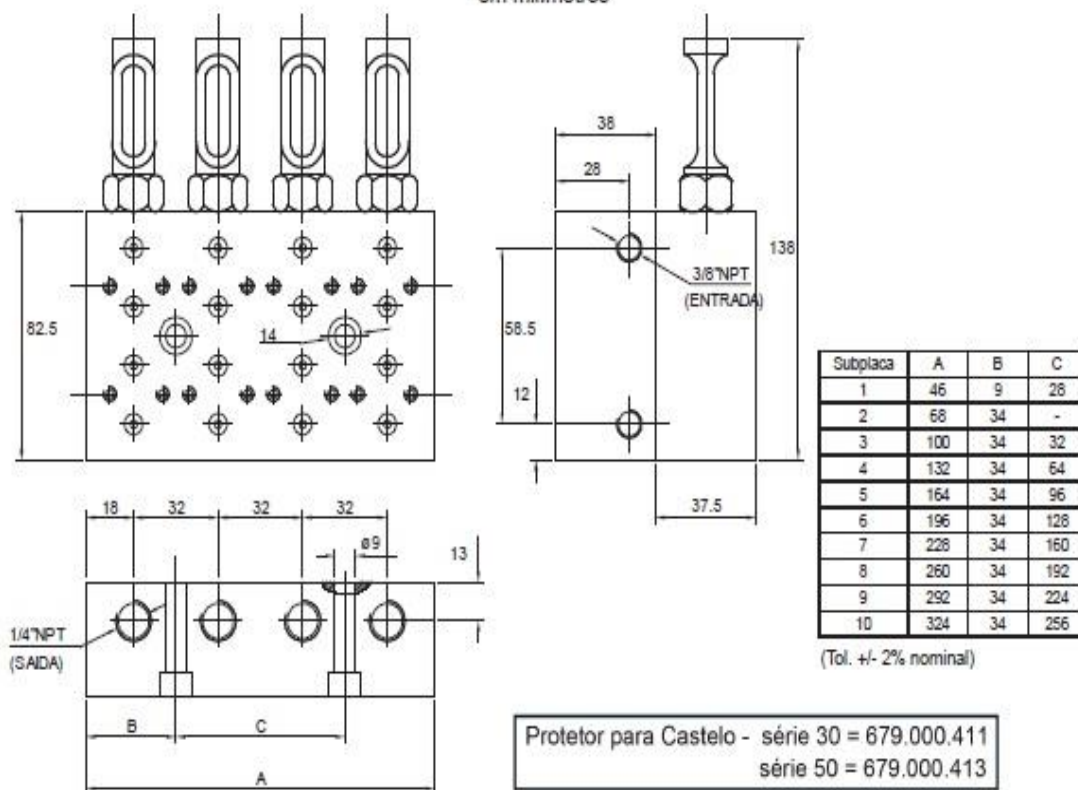
Quando a pressão da linha superior é aliviada, o lubrificante pressurizado entra no distribuidor pelo pórtico (B) e a operação se repete na outra direção: o pistão de controle é forçado para cima, permitindo que a pressão seja aplicada na parte inferior do pistão de injeção. Este move-se para cima e 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



Controlador Fim de Linha

O Controlador Fim de Linha foi projetado para utilização em sistemas de linha dupla.

Com objetivo de garantir a pressão de trabalho, e, ou o funcionamento do sistema, ou seja, no ponto onde o controlador for instalado garantimos que a pressão regulada nos pressostatos será atingida realizando a inversão das linhas.

No ponto onde o controlador é instalado a pressão de trabalho real ou até mesmo a pressão de inversão determinada é garantida pela alta qualidade dos produtos utilizados neste dispositivo de linha.

**Inversor Elétrico II**

Os Inversores Elétricos II são válvulas direcionais utilizadas em sistemas de linha dupla, destinados a alternar o fluxo de lubrificante proveniente da bomba, através das duas linhas de suprimento.

Ao final de cada meio ciclo de funcionamento do sistema, as linhas principais são alternadamente pressurizadas e aliviadas para permitir o funcionamento dos distribuidores.

**Sensor SCM**

O Sensor de Ciclo Magnético - SCM tem por finalidade fornecer um sinal elétrico para que um controlador ou CLP monitore o fluxo de lubrificação em um conjunto de distribuidores.

Cada atuação do sensor indica um ciclo completo de lubrificação do distribuidor no qual a chave está fixada.

Esse sensor é instalado na lateral de uma das seções ativa do distribuidor e ao ser atuado enviará um sinal indicando o tempo de ciclo do distribuidor e conseqüentemente o fluxo de lubrificante bombeado.



| Modelo | Referência |
|---------------------------------|-------------|
| SCM 24 Vcc | 610.264.200 |
| Porca de Adaptação | 610.264.202 |
| Cabo com conector 90° | 610.264.204 |
| Cabo com conector reto | 610.264.205 |
| SCM 24 Vcc + Cabo Conector 90° | 610.264.206 |
| SCM 24 Vcc + Cabo conector reto | 610.264.207 |

Sensores de Aproximação

Estes sensores de Aproximação podem ser usados em qualquer distribuidor do tipo linha dupla. Cada atuação do sensor indica um ciclo de lubrificação do distribuidor no qual a chave está fixada. As chaves poderão ser mecânicas (micro switch), magnéticas (reed switch) ou de aproximação.



Pressostato

| | |
|----------------------|--|
| Pressão Diferencial: | 3,5 a 9,5 Kg/cm ² (50 a 135 PSI) |
| Faixa de Regulagem: | 9,5 a 70,3 Kg/cm ² (135 a 1000 PSI) |
| Contato: | SPDT |
| Lubrificante: | Óleo ou Graxa |

| Nº da Peça | Rosca | Peso kg |
|-------------|----------|---------|
| 176.112.201 | 1/8" NPT | 0,06 |
| 679.000.018 | 1/4" NPT | 0,32 |



Válvula de Bloqueio

A Válvula de Bloqueio Lubebloq II é uma válvula de simples ação, normalmente fechada. Ao ser energizada permite o fluxo de lubrificante e quando desenergizada, bloqueia a passagem fazendo o pistão retornar por ação de mola.

| | |
|--|-------------|
| Válvula Bloqueio LUBEBLOQ II 24 Vcc | 610.500.024 |
| Válvula Bloqueio LUBEBLOQ II 24 Vcc com Bloco | 610.500.074 |
| Válvula Bloqueio LUBEBLOQ II 24 Vcc com Seção | 610.500.094 |
| Válvula Bloqueio LUBEBLOQ II 110 Vca | 610.500.110 |
| Válvula Bloqueio LUBEBLOQ II 110 Vca com Bloco | 610.500.160 |
| Válvula Bloqueio LUBEBLOQ II 110 Vca com Seção | 610.500.180 |
| Válvula Bloqueio LUBEBLOQ II 220 Vca | 610.500.220 |
| Válvula Bloqueio LUBEBLOQ II 220 Vca com Bloco | 610.500.270 |
| Válvula Bloqueio LUBEBLOQ II 220 Vca com Seção | 610.500.290 |
| Oring para reposição da base | 422.010.120 |



Sujeito a alterações sem prévio aviso.

EXIMPORT
Rua Gen. Roberto Alves Carvalho Fo, 59
04744-000 - São Paulo - SP - Brasil
Fone: 55 (11) 5887-9777 - Fax: 55 (11) 5887-9421
e-mail: vendas@eximport.com.br
site: www.eximport.com.br

