



MARINHA DO BRASIL
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA

CARLOS WESLEY BEZERRA DE LEMOS

MANUTENÇÃO DE MÁQUINAS EM EQUIPAMENTOS NAVAIS

Rio de Janeiro, 2013.

CARLOS WESLEY BEZERRA DE LEMOS

MANUTENÇÃO DE MÁQUINAS EM EQUIPAMENTOS NAVAIS

Trabalho apresentado como exigência para conclusão do curso de Aperfeiçoamento para Oficiais de Máquinas (APMA) do Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Orientador: Prof. Mestre LUIZ OTAVIO RIBEIRO CARNEIRO

Rio de Janeiro, 2013.

CARLOS WESLEY BEZERRA DE LEMOS

MANUTENÇÃO DE MÁQUINAS EM EQUIPAMENTOS NAVAIS

Trabalho de conclusão apresentado como requisito do curso APMA - CIAGA, sob apreciação da seguinte Banca Examinadora:

Aprovado em _____ de dezembro de 2013.

Orientador: **Prof. Mestre LUIZ OTAVIO RIBEIRO CARNEIRO**

Nota: _____

1º Examinador: _____

2º Examinador: _____

DEDICATÓRIA

Dedico esta Monografia as minhas filhas Ashley e Laila e a minha querida esposa Simone, que foram a minha fonte de força e inspiração para esta realização.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, fonte de sabedoria infinita que nos guia, aos meus pais, a minha esposa e minhas filhas pelo apoio dado durante esta jornada denominado APMA que sempre acreditaram em minha vitória, aos meus amigos e companheiros de profissão pelo convívio e experiência trocados, aos professores pelo ensinamento e dedicação, e em particular para o meu orientador Professor Mestre Luiz Otavio Ribeiro Carneiro por ser um exemplo de profissional a ser seguido.

EPÍGRAFE

“Os que descem ao mar em navios, mercando nas grandes águas, esses vêem as obras do Senhor e as suas maravilhas no profundo.”

RESUMO

A manutenção deixou de ser nas últimas décadas uma simples atividade de reparo para tornar-se um meio essencial ao alcance dos objetivos e metas da organização. Coloca-se, estrategicamente, como parte fundamental do processo produtivo em um ambiente, onde cada vez mais se utilizam equipamentos de última geração, com os modernos sistemas mecânicos e eletroeletrônicos, de maior grau de complexidade, alto custo e exigências elevadas quanto ao nível da manutenção. A maior complexidade dos equipamentos e diversidade dos ativos físicos fez da manutenção uma função igualmente complexa, levando ao desenvolvimento de novas técnicas, ferramentas de gestão modernas e abordagens inovadoras quanto a organização e estratégia de manutenção. Gerenciar corretamente esses modernos meios de produção exige conhecimentos de métodos e sistemas de planejamento e execução, que sejam ao mesmo tempo eficazes e economicamente viáveis. Equipamentos parados em momentos inoportunos comprometem a produção e podem significar perdas irre recuperáveis num ambiente altamente competitivo. Diante desse cenário, a estrutura de planejamento, programação e controle de manutenção tem um papel importantíssimo: fazer com que a manutenção trabalhe de forma planejada, para que os recursos sejam aplicados de forma correta, garantindo assim a disponibilidade dos equipamentos e conseqüentemente uma maior produtividade.

Palavras-chave: Disponibilidade, planejamento, programação, controle de manutenção e produtividade.

ABSTRACT

The maintenance is no longer the last decades a simple repair activity to become an essential means to achieve the objectives and goals of the organization. Is placed strategically as a key part of the production process in an environment where increasingly using the latest equipment, with modern mechanical systems and electronics, a higher degree of complexity, high cost and high requirements regarding the level of maintenance. The greater complexity of the equipment and diversity of physical assets did maintenance function equally complex, leading to the development of new techniques, modern management tools and innovative approaches regarding the organization and maintenance strategy. Properly manage these modern means of production requires knowledge of methods and systems for planning and execution, which are both effective and economically viable. Equipment still at inopportune moments undertakes production and irrecoverable losses can mean a highly competitive environment. Given this scenario, the structure of planning, scheduling and controlling maintenance plays an important role: to make the maintenance work in a planned manner so that resources are applied correctly, thus ensuring the availability of equipment and consequently higher productivity.

Key words: Availability, planning, programming, maintenance control and productivity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Medição de vibração	25
Figura 2 - Maleta para análise de óleo	26
Figura 3 - Ensaio Endoscopia	27
Figura 4 - Ensaio ultrassonografia.....	28
Figura 5 – Termografia em um motor elétrico	29
Figura 6 - Motor Principal Sulzer de 10 cilindros	35
Figura 7 – Manutenção no eixo de manivelas de um motor principal.....	37
Figura 8 - Viscosímetro comparador portátil.....	39
Figura 9 – Caldeira Flamotubular	40
Figura 10 – Caldeira	44
Figura 11 - Manutenção do guincho.....	50
Figura 12 – Guincho Combinado.....	51

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
1 HISTÓRICO DE MANUTENÇÃO	13
1.1 A PRIMEIRA GERAÇÃO	13
1.1.2 A SEGUNDA GERAÇÃO	13
1.1.3 A TERCEIRA GERAÇÃO	14
1.2 INTERAÇÃO ENTRE AS FASES	15
1.3 UNIDADE DE ALTA PERFORMANCE	16
2 TIPOS DE MANUTENÇÃO	17
2.1 BENEFÍCIOS DA MANUTENÇÃO	18
2.2 MANUTENÇÃO CORRETIVA	18
2.2.1 MANUTENÇÃO CORRETIVA NÃO PLANEJADA	19
2.2.2 MANUTENÇÃO CORRETIVA PLANEJADA	20
2.3 MANUTENÇÃO PREVENTIVA	20
2.4 MANUTENÇÃO PREDITIVA	23
2.4.1 ESTUDO DAS VIBRAÇÕES	24
2.4.2 ANÁLISE DE ÓLEOS	25
2.4.3 ANÁLISE DO ESTADO DAS SUPERFÍCIES	26
2.4.4 ANÁLISE ESTRUTURAL	27
2.4.5 ANÁLISE TERMOGRÁFICA	28
2.5 MANUTENÇÃO DETECTIVA	29
2.6 ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO	31
3 CUSTOS DA MANUTENÇÃO	32
4 MANUTENÇÃO DOS MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA	35
4.1 INSTRUÇÕES GERAIS	35
4.2 PROCEDIMENTOS PRELIMINARES AS REVISÕES DE MANUTENÇÃO	38
4.3 ANALISE DO ÓLEO LUBRIFICANTE	38
5 CALDEIRAS	40
5.1 IMPUREZAS	40

5.2 EFEITOS DA CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA DE ALIMENTAÇÃO	42
5.3 TRATAMENTO DA ÁGUA DE CALDEIRA	44
5.4 CONTROLE DA ALCALINIDADE DA ÁGUA	45
5.4.1 Carbonato de Sódio	45
5.4.2 Fosfato Trisódico e Soda Cáustica	45
5.4.3 Fosfato coordenado	46
5.4.4 Alcalis voláteis	46
5.4.5 Baixo teor de soda cáustica	47
5.4.6 A sílica na água de caldeira	47
5.4.7 Fragilização do metal das caldeiras pelo hidrogênio	48
5.4.8 Fragilização cáustica do metal de tubos de caldeiras	49
6 EQUIPAMENTOS	50
6.1 EQUIPAMENTOS DO CONVÉS	50
6.2 PRINCIPAIS CUIDADOS COM EQUIPAMENTOS	53
CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

INTRODUÇÃO

O problema da manutenção em navios e plataformas de petróleo é um fator importante quando são levados em consideração seus custos de execução. Assunto: 15% a 30% dos bens produzidos, sendo que 1/3 dos custos são desperdiçados, resultado de manutenção desnecessária ou inadequada. A tabela 1 abaixo mostra os resultados de levantamentos recentes em indústrias, considerando a potência total da planta industrial [1; 20]

Tabela 1 – Custo Médio Anual por HP entre os Tipos de Manutenção

TIPO DE MANUTENÇÃO	CUSTO MÉDIO ANUAL POR HP
Corretiva	De U\$ 17,00 a U\$ 18,00
Preventiva	De U\$ 11,00 a U\$ 13,00
Preditiva	De U\$ 7,00 a U\$ 9,00

Diversos artigos têm sido publicados com a finalidade de avaliar a melhor alternativa para a elaboração de programas de manutenção preditiva eficaz para máquinas de navios e plataformas de petróleo, avaliando em que tipo de máquina a combinação de técnicas, como análise de óleo lubrificante, monitoração de parâmetros operacionais (pressão, temperatura, etc.) e análises de vibrações podem ser efetivas, para determinarem as condições de funcionamento das máquinas [1; 20].

Pesquisadores autônomos, universidades, sociedades classificadoras, estaleiros e armadores têm se empenhado na elaboração destas técnicas, para reduzirem o custo de manutenção em suas unidades de processos ou navios.

Um projeto da qualidade deve representar bom rendimento, ou seja, baixos níveis de dissipação de calor, ruído e vibração. De uma forma geral, as máquinas novas, quando bem projetadas, satisfazem a esses requisitos. Entretanto, com desgastes, acomodação de fundações, má utilização, falta ou inadequação da manutenção, as máquinas têm suas condições de funcionamento alteradas. Com isso, os eixos se tornam desalinhados, peças se desgastam, rotores ficam desbalanceados, folgas são modificadas, etc. Todos esses fatores são refletidos na diminuição de vencimento e, conseqüentemente, no aumento do nível de vibração e ruído. A energia de vibração é propagada pela estrutura da máquina e, no caminho, excita ressonâncias e provoca esforços extras nos mancais. Causas e efeito se realimentam, e a máquina progride em direção a sucessivas falhas.

Com o desenvolvimento tecnológico dos últimos anos, tanto os equipamentos das indústrias como os instalados a bordo dos modernos navios e plataformas de petróleo se tornaram mais velozes, mais leves, compactos e altamente automatizados, dificultando com isso a relação entre o homem e a máquina, pois elas funcionam com o mínimo de intervenção humana, não possibilitando mais ao operador ou equipe de manutenção verificar através de simples toque e audição se a máquina está com problemas. Atualmente, são necessários instrumentos apropriados para detectar e medir as vibrações e suas frequências, possibilitando análise e diagnóstico mais precisos da condição de máquinas.

Os elementos de máquinas que resistem às forças dinâmicas, por exemplo, os mancais, são normalmente, acessíveis pelo lado externo da máquina, onde os níveis de vibrações podem ser medidos.

Enquanto as forças de excitação variarem dentro de certos limites, o nível de vibração medido também ficará dentro dos limites harmônicos similares. As vibrações das máquinas têm um nível típico aceitável, e seu espectro em frequência tem um formato característico quando a máquina está nova ou logo após um período de intervenção para manutenção. Este “espectro em frequência”, que é um gráfico da amplitude de vibração em função da frequência, é conhecido como “assinatura” da máquina.

Quando as falhas começam a se desenvolver, a máquina sofre alterações devido às modificações no quadro de forças presentes, influenciando, assim, o nível de vibração e a forma do espectro em frequência.

O fato dos sinais de vibração carregar muitas informações relativas à condição da máquina, tais como: desajustes de montagem, desbalanceamento, empenos de eixos, etc., é a base para o uso regular da medida e análise de vibração como um indicador da “saúde” da máquina e a necessidade ou não de intervenção.

1 HISTÓRICO DE MANUTENÇÃO

Desde os anos 30, a evolução da manutenção pode ser dividida em 03 gerações:

1.1 A Primeira Geração

A Primeira Geração abrange o período antes da Segunda Guerra Mundial, Quando a indústria era pouco mecanizada, os equipamentos eram simples e, na sua grande maioria, superdimensionados.

Aliado a tudo isto, devido à conjuntura econômica da época, a questão da produtividade não era prioritária. Conseqüentemente, não era necessária uma manutenção sistematizada; apenas serviços de limpeza, lubrificação e reparo após a quebra, ou seja, a manutenção era, fundamentalmente, corretiva.

1.1.2 A Segunda Geração

Esta geração vai desde a Segunda Guerra Mundial até os anos 60. As pressões do período da guerra aumentaram a demanda por todo tipo de produtos, ao mesmo tempo em que o contingente de mão de obra industrial diminuiu sensivelmente. Como consequência, neste período houve forte aumento da mecanização, bem como da complexidade das instalações industriais.

Começa a evidenciar-se a necessidade de maior disponibilidade, bem como maior confiabilidade, tudo isto na busca da maior produtividade; a indústria estava bastante dependente do bom funcionamento das máquinas. Isto levou à ideia de que as falhas dos equipamentos poderiam e deveriam ser evitadas, o que resultou no conceito de manutenção preventiva.

Na década de 60 esta manutenção consistia de intervenções nos equipamentos feitas a intervalo fixo.

O custo da manutenção também começou a se elevar muito em comparação com outros custos operacionais. Esse fato fez aumentar os sistemas de planejamento e controle de manutenção que, hoje, são parte integrante da manutenção moderna.

Finalmente, a quantidade de capital investido em itens físicos, juntamente com o nítido aumento do custo deste capital, levaram as pessoas a começarem a buscar meios para aumentar a vida útil dos itens físicos.

1.1.3 A Terceira Geração

A partir da década de 70 acelerou-se o processo de mudança nas indústrias. A paralisação da produção, que sempre diminuiu a capacidade de produção aumentou os custos e afetou a qualidade dos produtos, era uma preocupação generalizada. Na manufatura, os efeitos dos períodos de paralisação foram se agravando pela tendência mundial de utilizar sistemas “jus-in-time”, onde estoques reduzidos para a produção em andamento significavam que pequenas pausas na produção/entrega naquele momento poderiam paralisar a fábrica.

O crescimento da automação e da mecanização passou a indicar que confiabilidade e disponibilidade tornaram-se pontos-chave em setores tão distintos quanto saúde, processamento de dados, telecomunicações e gerenciamento de edificações.

Maior automação também significa que falhas cada vez mais frequentes afetam nossa capacidade de manter padrões de qualidade estabelecidos. Isso se aplica tanto aos padrões do serviço quanto à qualidade do produto; por exemplo, falhas em equipamentos podem afetar o controle climático em edifícios e a pontualidades das redes de transporte.

Cada vez mais, as falhas provocam sérias consequências na segurança e no meio ambiente, em um momento em que os padrões de exigências nessas áreas estão aumentando rapidamente. Em algumas partes do mundo, estamos chegando a um ponto em que ou as empresas satisfazem as expectativas de segurança e de preservação ambiental, ou poderão ser impedidas de funcionar.

Na Terceira Geração reforçou-se o conceito de uma manutenção preditiva. A interação entre as fases de implantação de um sistema (projeto, fabricação, instalação e manutenção) e a Disponibilidade/Confiabilidade torna-se mais evidente.

1.2 A INTERAÇÃO ENTRE AS FASES

Da correta realização de cada fase – projetos, fabricação, instalação, operação e manutenção – dependem a disponibilidade e a confiabilidade do sistema.

Na fase de **projeto**, o levantamento de necessidades, inclusive o envolvimento dos usuários (Operação e Manutenção), além dos dados específicos para sua elaboração, o nível de detalhamento, dentre outros, são de fundamental importância, pois irão impactar diretamente nas demais fases, com consequências no desempenho e na economia. Como desempenho, podemos citar as questões ligadas a confiabilidade, produtividade, qualidade do produto final, segurança e preservação ambiental e as econômicas se referem ao nível de custo eficiência obtido.

A escolha dos **equipamentos** deverá considerar a sua adequação ao projeto (correto dimensionamento), a capacidade inerente esperada (através de dados técnicos, TMEF – tempo médio entre falhas), qualidade, manutenibilidade, além do custo-eficiência.

É importante considerar, também, a padronização com outros equipamentos do mesmo projeto e de equipamentos já existentes na instalação, objetivando redução de estoque de sobressalentes e facilidades de manutenção e operação.

A **fabricação** deve ser devidamente acompanhada e incorporar os requisitos de modernidade e aumento da confiabilidade dos equipamentos, além das sugestões oriundas da prática de manutenção.

Todos esses dados, aliados ao histórico de desempenho de equipamentos semelhantes, dados estes subsidiados pelo grupo de Manutenção, compõem o valor histórico do equipamento, elemento importante para uma decisão em compras e futura política de peças de reposição.

A fase de **instalação** deve prever cuidados com a qualidade da implantação do projeto e as técnicas utilizadas para esta finalidade. Quando a qualidade não é apurada, muitas vezes são inseridos pontos potenciais de falhas que se mantêm

ocultos por vários períodos e vêm a se manifestar muitas vezes quando o sistema é fortemente solicitado, ou seja, quando o processo produtivo assim o exige, ou seja, normalmente quando se necessita de maior confiabilidade.

As fase de **manutenção e operação** terão por objetivo garantir a função dos equipamentos, sistemas e instalações no decorrer de sua vida útil e a não degeneração do desempenho. Nesta fase da existência, normalmente são detectadas as deficiências geradas no projeto, seleção de equipamentos e instalação.

Da não interação entre as fases anteriores, percebe-se que a Manutenção encontrará dificuldades de desempenho das suas atividades, mesmo que se apliquem nelas as mais modernas técnicas. A confiabilidade estará num patamar inferior ao inicialmente previsto.

1.3 UNIDADE DE ALTA PERFORMANCE

Atualmente, uma nova fase está surgindo e está ligada à busca de Unidades e Sistemas de Alta Performance. Isto é fruto de uma economia mais globalizada que induz a busca de maior competitividade, além das exigências cada vez maiores da sociedade com relação às questões de SMS – Saúde, Meio Ambiente e Segurança.

A Unidade de Alta Performance pode ser mais bem explicitada, qualitativamente, pelas seguintes variáveis:

- Alto nível de confiabilidade.
- Baixo custo de manutenção.
- Automatizadas e com controle avançado.
- Ecologicamente equacionadas.
- Intrinsecamente seguras.
- Baixa necessidade de intervenções.
- Atendimento à qualidade futura dos produtos.
- Flexibilidade operacional para atendimento das demandas do mercado, com máxima utilização das instalações.
- Baixo consumo energético.

- Uso otimizado de água, com a utilização de circuito fechado.
- Alto nível de desempenho, com resultados otimizados.

Para sua bem sucedida implementação, são fundamentais as seguintes ações:

- Uso de referenciais de excelências, traduzidos por “benchmarks” do segmento do negócio.
- Ter um plano de ação, padrões e procedimentos que permitam atingir os referenciais estabelecidos, nas diversas fases.
- A aplicação do conceito, de forma integrada e abrangente, desde a fase do projeto conceitual até a plena operação da Unidade, inclusive com a necessária retroalimentação para os novos projetos.

2 TIPOS DE MANUTENÇÃO

A manutenção torna-se uma importante ferramenta para a melhoria da produtividade, através da análise da causa da falha dos equipamentos e do tipo de manutenção empregado fornecendo mais disponibilidade e confiabilidade aos equipamentos aumentando o nível de segurança das embarcações e minimizando assim os custos dos armadores.

A maneira pela qual é feita a intervenção nos equipamentos, sistemas ou instalações caracteriza os vários tipos de manutenção existentes.

Existe uma variedade muito grande de denominações para classificar a atuação da manutenção, o que pode ser visto com detalhes no Dicionário de Termos de Manutenção, Confiabilidade e Qualidade.

Não raramente essa variedade provoca uma certa confusão na caracterização dos tipos de manutenção.

Por isso, é importante uma caracterização mais objetiva dos diversos tipos de manutenção, desde que, independente das denominações, todos se encaixem em um dos seis tipos descritos a seguir.

Algumas práticas básicas definem os **tipos principais de manutenção** que são:

- **Manutenção Corretiva Não Planejada**
- **Manutenção Corretiva Planejada**

- **Manutenção Preventiva**
- **Manutenção Preditiva**
- **Manutenção Detectiva**
- **Engenharia de Manutenção**

2.1 BENEFÍCIOS DA MANUTENÇÃO

Os principais benefícios da manutenção de caráter geral são:

- Segurança melhorada, pois instalações bem mantidas têm menor probabilidade de se comportar de forma imprevisível ou não padronizada, ou até mesmo, falhar totalmente, e as chances de apresentarem riscos para a tripulação são menores.
- Disponibilidade é o percentual de tempo que um equipamento ou instalação ficou à disposição para o desempenho de sua função nominal. É o tempo que o equipamento funcionou em sua plenitude, desconsiderando os períodos em que ficou parado em manutenção ou por qualquer outro motivo.
- Confiabilidade aumentada, porque conduz a: menos tempo perdido com conserto das instalações, menos interrupções das atividades normais de produção, e níveis de serviço mais confiáveis.
- Custos de operação menos elevados. Com a manutenção realizada regularmente os elementos de tecnologia de processo tem um funcionamento mais eficientemente.
- Aumento da vida útil dos equipamentos através do cuidado regular, limpeza ou lubrificação podem prolongar a vida efetiva das instalações, reduzindo os pequenos problemas na operação, cujo efeito cumulativo causa desgaste ou deterioração.

2.2 MANUTENÇÃO CORRETIVA

Manutenção Corretiva é a atuação para a correção da falha ou do desempenho menor que o esperado.

Ao atuar em um equipamento que apresenta um defeito ou um desempenho diferente do esperado estamos fazendo manutenção corretiva. Assim, a manutenção corretiva não é, necessariamente, a manutenção de emergência.

Convém observar que existem duas condições específicas que levam à manutenção corretiva:

a) Desempenho deficiente apontado pelo acompanhamento das variáveis operacionais.

b) Ocorrência de falha.

Desse modo, a ação principal na **Manutenção Corretiva é Corrigir ou Restaurar** as condições de funcionamento do equipamento ou sistema.

A manutenção corretiva pode ser dividida em duas classes:

2.2.1 MANUTENÇÃO CORRETIVA NÃO PLANEJADA

Manutenção Corretiva Não Planejada é a correção da **FALHA** de maneira **ALEATÓRIA**.

Caracteriza-se pela atuação da manutenção em fato já ocorrido, seja este uma falha ou um desempenho menor que o esperado. Não há tempo para preparação do serviço. Infelizmente ainda é mais praticado do que deveria.

Normalmente a manutenção corretiva não planejada implica altos custos, pois a quebra inesperada pode acarretar perdas de produção, perda da qualidade do produto e elevados custos indiretos de manutenção.

Além disso, quebras aleatórias podem ter consequências bastante graves para o equipamento, isto é, a extensão dos danos pode ser bem maior. Em plantas industriais de processo contínuo (petróleo, petroquímico, cimento, etc.) estão envolvidas no seu processamento elevadas pressões, temperaturas, vazões, ou seja, a quantidade de energia desenvolvida no processo é considerável. Interromper processamentos desta natureza de forma abrupta para reparar um determinado equipamento compromete a qualidade de outros que vinham operando adequadamente, levando-os a colapsos após a partida ou a uma redução da campanha da planta. Exemplo típico é o surgimento de vibração em grandes máquinas que apresentavam funcionamento suave antes da ocorrência.

2.2.2 MANUTENÇÃO CORRETIVA PLANEJADA

Manutenção Corretiva Planejada é a correção do desempenho menor que o esperado ou da falha, por DECIDÃO GERENCIAL, isto é, pela atuação em função de acompanhamento preditivo ou pela decisão de operar até a quebra.

Um trabalho planejado é sempre mais barato, mais rápido e mais seguro do que um trabalho não planejado. É será sempre de melhor qualidade.

A característica principal da manutenção corretiva planejada é função da qualidade da informação fornecida pelo acompanhamento do equipamento.

Mesmo que a decisão gerencial seja de deixar o equipamento funcionar até a quebra, essa é uma decisão conhecida e algum planejamento pode ser feito quando a falha ocorrer. Por exemplo, substituir o equipamento por outro idêntico, ter um “kit” para reparo rápido, preparar o posto de trabalho com dispositivos e facilidades etc.

A adoção de uma política de manutenção corretiva planejada pode advir de vários fatores:

- Possibilidade de compatibilizar a necessidade da intervenção com os interesses da produção.
- Aspectos relacionados com a segurança – a falha não provoca nenhuma situação de risco para o pessoal ou para a instalação.
- Melhor planejamento dos serviços.
- Garantia da existência de sobressalentes, equipamentos e ferramental.
- Existência de recursos humanos com a tecnologia necessária para a execução dos serviços e em quantidade suficiente, que podem, inclusive, ser buscados externamente à organização.

Para exemplificar: quanto maiores forem as implicações da falha na segurança pessoal e operacional, nos custos intrínsecos dela, nos compromissos de entrega da produção, maiores será as condições de adoção da política de manutenção corretiva planejada.

2.3 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Manutenção preventiva é a atuação realizada de forma a reduzir ou evitar a falha ou queda no desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado,

baseado em INTERVALOS definidos DE TEMPO, ou seja, como o próprio nome sugere, consiste em um trabalho de prevenção de defeitos que possam originar a parada ou um baixo rendimento dos equipamentos em operação. Deve ser executada, adotando as medidas que visam manter a máquina em funcionamento através de verificações contínuas. Desta forma certas providências devem ser tomadas para impedir a parada imprevista da máquina por dano. E também para evitar o seu desgaste prematuro que poderá comprometer a operação da embarcação.

Estas medidas envolvem um projeto, compra da máquina adequada para o serviço, a fabricação, instalação, amaciamento, testes finais e as especificações para operação e manutenção.

Nos casos onde os equipamentos ficarão como sobressalentes deve-se fazer um armazenamento de acordo com os seus sistemas e suas localidades. E nos casos em que a máquina não seja nova, a limpeza destas deve ser realizada para evitar que as camadas protetoras sejam removidas com o tempo.

Cada máquina possuiu sua durabilidade e eficiência variada de acordo com as especificações do fabricante, portanto a manutenção preventiva também irá variar. Porém algumas regras de caráter geral podem ser aplicadas às máquinas, tais como:

- Ler sempre o manual da máquina em questão e certificar-se de que o funcionamento e a finalidade de todos os botões, alavancas e manivelas, foram compreendidos pelo operador.

- Quanto ao operador deve-se submetê-lo a um treinamento durante as primeiras operações com as máquinas, para que ele futuramente possa manuseá-las adequadamente e para que desta forma assegure uma máxima produtividade com um desgaste mínimo das máquinas;

- O operador deve estar familiarizado e apto a fazer a leitura e interpretação dos dispositivos de controle do painel, como também na identificação de outros sintomas de defeitos da máquina, como ruídos estranhos, vazamento e trincas;

- Observar os tipos de materiais e seus limites de resistência e verificar se estes estão dentro dos padrões especificados no manual de cada máquina. Fazendo com que desta forma, o desgaste da máquina seja retardado e a sua durabilidade seja aumentada;

- Aquecer a máquina e assegurar o balanceamento térmico antes de aplicar

carga ou alta rotação, para que todos os componentes cheguem à temperatura normal de funcionamento. O aquecimento deve ser feito na ocasião de parada dos motores. Nos casos em que as condições climáticas são de baixas temperaturas, deve-se então utilizar resistências nos motores para aquecer o óleo lubrificante e conseqüentemente evitar que este se torne pastoso;

- Certificar que a máquina está devidamente abastecida com todos fluídos antes de dar partida;

- Permitir que os lubrificantes cheguem às partes em movimento antes que sejam atingidas velocidades maiores durante a partida - pré-lubrificação - pois em caso contrário, provocará um início de desgaste nas partes metálicas internas das máquinas.

- Certificar que todos os comandos estão funcionando antes de pôr a máquina em movimento;

- Obedecer sempre às recomendações do fabricante, sobre a maneira de amaciar a máquina. Em princípio, o amaciamento deve ser feito com carga reduzida, mas, às vezes, a recomendação é contrária. Um caso é aquele no qual os motores com camisas duras e anéis de pistão cromados, devem ser amaciados com carga e plena rotação, caso contrário os anéis não se assentarão;

- Controlar o devido abastecimento da máquina, tanto a respeito da quantidade, como sobre a qualidade dos fluídos. No caso de um refrigerante sujo, este provocará depósitos nas paredes das câmaras do refrigerante. Tratando-se de quantidade insuficiente de refrigerante, este provocará superaquecimento. Adicionando-se refrigerante num motor quente, este provocará trincas do cabeçote. E a falta de óleo combustível num tanque do motor diesel, poderá provocar falhas dos injetores, além da necessidade de retirar o ar.

- Evitar vibrações, porque conduzem às peças componentes, esforços muito superiores aos calculados pelo projetista. Não se deve sobrecarregar a máquina, nem arrancar ou parar bruscamente, e não deve usar grande velocidade quando não for absolutamente necessário;

- Manter a máquina limpa, pois a sujeira não permite notar, por exemplo: vazamento de óleo, água, trincas, corrosões ou mesmo parafusos quebrados.

2.4 MANUTENÇÃO PREDITIVA

A manutenção preditiva é a atuação realizada com base em modificação de parâmetro de CONDIÇÃO ou DESEMPENHO, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática, ou seja, é aquela manutenção que indica as condições reais de funcionamento das máquinas com base em dados que informam o seu desgaste ou processo de degradação. Trata-se de um processo que prediz o tempo de vida útil dos componentes das máquinas e equipamentos e as condições para que esse tempo de vida seja bem aproveitado. Assim, atua-se com base na modificação de parâmetro de condição ou desempenho do equipamento, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática. A manutenção preditiva pode ser comparada a uma inspeção sistemática para o acompanhamento das condições dos equipamentos.

Quando é necessária a intervenção da manutenção no equipamento, a empresa estará realizando uma manutenção corretiva planejada. Os objetivos da manutenção preditiva são:

- Determinar, antecipadamente, a necessidade de serviços de manutenção numa peça específica de um equipamento;
- Eliminar desmontagens desnecessárias para inspeção;
- Aumentar o tempo de disponibilidade dos equipamentos;
- Reduzir o trabalho de emergência não planejado;
- Impedir o aumento dos danos;
- Aproveitar a vida útil total dos componentes e de um equipamento;
- Aumentar o grau de confiança no desempenho de um equipamento ou linha de produção;
- Determinar previamente as interrupções de fabricação para cuidar dos equipamentos que precisam de manutenção. Por meio desses objetivos, pode-se deduzir que eles estão direcionados a uma finalidade maior e importante: redução de custos de manutenção e aumento da produtividade. Para ser executada, a manutenção preditiva exige a utilização de aparelhos adequados, capazes de registrar vários fenômenos vibrações das máquinas; pressão; temperatura; desempenho; e aceleração. Com base no conhecimento e análise dos fenômenos, torna-se possível indicar, com antecedência, eventuais defeitos ou falhas nas máquinas e equipamentos. A manutenção preditiva, após a análise dos fenômenos, adota dois procedimentos para atacar os problemas detectados:

Estabelece um diagnóstico e efetua uma análise de tendências. No diagnóstico, detectada a irregularidade, o responsável terá o encargo de estabelecer, na medida do possível, um diagnóstico referente à origem e à gravidade do defeito constatado. Este diagnóstico deve ser feito antes de se programar o reparo.

Já a análise da tendência da falha consiste em prever com antecedência a avaria ou a quebra, por meio de aparelhos que exercem vigilância constante predizendo a necessidade do reparo. Geralmente, adotam-se vários métodos de investigação para poder intervir nas máquinas e equipamentos. Entre os vários métodos destacam-se os seguintes: estudo das vibrações; análise dos óleos; análise do estado das superfícies e análises estruturais de peças.

2.4.1 Estudo das vibrações

Todas as máquinas em funcionamento produzem vibrações que, aos poucos, levam-nas a um processo de deterioração. Isso é caracterizado por uma modificação da distribuição de energia vibratória pelo conjunto dos elementos que constituem a máquina. Observando a evolução do nível de vibrações, é possível obter informações sobre o estado da máquina. O princípio de análise das vibrações baseia-se na ideia de que as estruturas das máquinas alteradas pelos esforços dinâmicos (ação de forças) dão sinais vibratórios, cuja frequência é igual à frequência dos agentes excitadores. Se captadores de vibrações forem colocados em pontos definidos da máquina, eles captarão as vibrações recebidas por toda a estrutura. O registro das vibrações e sua análise permitem identificar a origem dos esforços presentes em uma máquina em funcionamento. Por meio da medição e análise das vibrações de uma máquina em serviço normal de produção detecta-se, com antecipação, a presença de falhas que devem ser corrigidas: rolamentos deteriorados, engrenagens defeituosas, acoplamentos desalinhados, rotores desbalanceados, vínculos desajustados, eixos deformados, lubrificação deficiente, folga excessiva em buchas, falta de rigidez, problemas aerodinâmicos, problemas hidráulicos e cavitação. O aparelho empregado para a análise de vibrações é conhecido como analisador de vibrações.

No mercado há vários modelos de analisadores de vibrações, dos mais simples aos mais complexos; dos portáteis que podem ser transportados

manualmente de um lado para outro até aqueles que são instalados definitivamente nas máquinas com a missão de executar monitoração constante.

Figura 1 - Medição de vibração

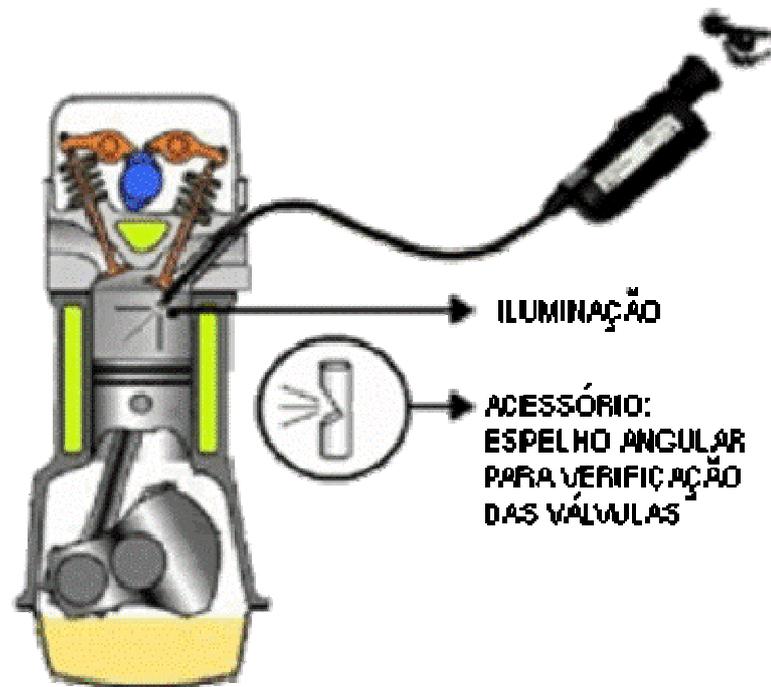


Fonte: Linha de eixo BB do PSV Superpesa XI

2.4.2 Análise de óleos

Seus objetivos são dois: economizar lubrificantes e sanar os defeitos. Os modernos equipamentos permitem análises exatas e rápidas dos óleos utilizados em máquinas. É por meio das análises que o serviço de manutenção pode determinar o momento adequado para sua troca ou renovação, tanto em componentes mecânicos quanto hidráulicos. A economia é obtida regulando-se o grau de degradação ou de contaminação dos óleos. Essa regulação permite a otimização dos intervalos das trocas. A análise dos óleos permite, também, identificar os primeiros sintomas de desgaste de um componente. A identificação é feita a partir do estudo das partículas sólidas que ficam misturadas com os óleos. Tais partículas sólidas são geradas pelo atrito dinâmico entre peças em contato. A análise dos óleos é feita por meio de técnicas laboratoriais que envolvem vidrarias, reagentes, instrumentos e equipamentos. Entre os instrumentos e equipamentos utilizados temos viscosímetros, centrífugas, fotômetros de chama, espectrômetros, microscópios, etc. O laboratorista, usando técnicas adequadas, determina as propriedades dos óleos e

Figura 3 - Ensaio Endoscopia



Fonte: Internet

2.4.4 Análise estrutural

É por meio da análise estrutural que se detecta, por exemplo, a existência de fissuras, trincas e bolhas nas peças das máquinas e equipamentos. Em uniões soldadas, a análise estrutural é de extrema importância. As técnicas utilizadas na análise estrutural são: interferometria holográfica, ultrassonografia, radiografia (raios X), gamagrafia (raios gama) e ecografia. A coleta de dados deve ser efetuada periodicamente por um técnico que utiliza sistemas portáteis de monitoramento. As informações recolhidas são registradas numa ficha, possibilitando ao responsável pela manutenção preditiva tê-las em mãos para as providências cabíveis. A periodicidade dos controles é determinada de acordo com os seguintes fatores: número de máquinas a serem controladas, número de pontos de medição estabelecidos, duração da utilização da instalação, caráter estratégico das máquinas instaladas e meios materiais colocados à disposição para a execução dos serviços.

Figura 4 - Ensaio ultrassonografia

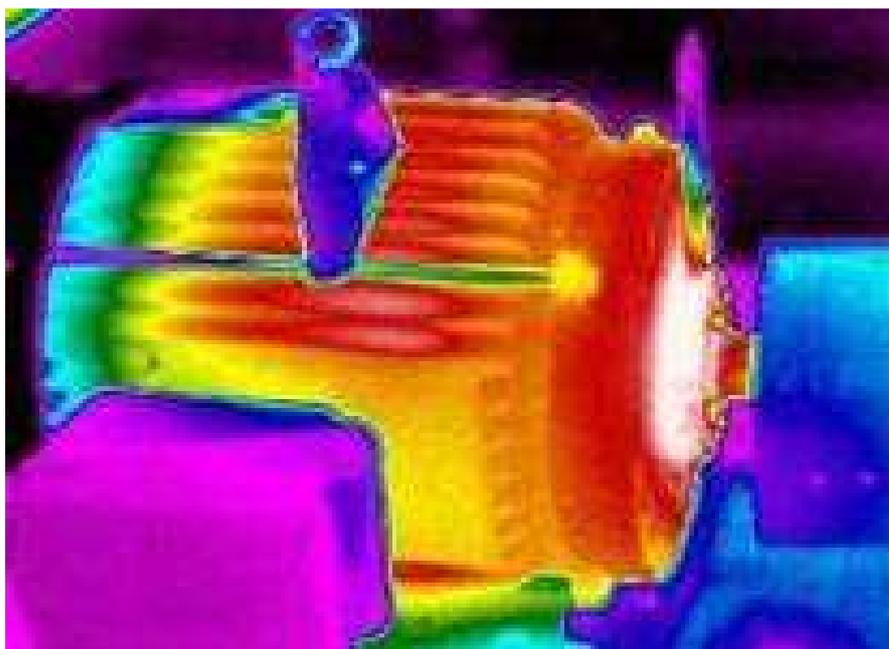


Fonte: Internet

2.4.5 Análise termográfica

É uma técnica que permite medir a temperatura superficial de diferentes materiais através dos raios infravermelhos emitidos, seu uso permite observar padrões diferenciais de distribuição de calor, sem contato físico com as partes inspecionadas. Através dessa tecnologia é possível detectar, em estágio inicial, processos de defeito ou falha gerados por anomalias térmicas em um determinado componente, antes que ocorra deficiência ou mesmo interrupção de seu funcionamento, em equipamentos elétricos, mecânicos e instalações industriais em geral. A análise das informações da inspeção termográfica permite ao departamento de manutenção minimizar o tempo de parada de máquinas, reduzir custos, obter proteção adequada de equipamentos valiosos, evitar perda de produção devido à interrupção imprevista, garantir a segurança das pessoas e instalações.

Figura 5 – Termografia em um motor elétrico



Fonte: Internet

A inspeção termográfica quando utilizada em equipamentos mecânicos permite identificar problemas causados pelo atrito entre peças devido à lubrificação deficiente ou inadequada, desalinhamento de eixos pelo aquecimento nos dispositivos de acoplamento, sistemas de refrigeração defeituosos ou mal projetados. Assim, com a análise termográfica, componentes como compressores, mancais, sistemas de transmissão por correia/polias, podem ser convenientemente monitorados.

2.5 MANUTENÇÃO DETECTIVA

A Manutenção Detectiva começou a ser mencionada na literatura a partir da década de 90. Sua denominação Detectiva está ligada à palavra Detectar – em inglês *Detective Maintenance*. Pode ser definida da seguinte forma:

- Manutenção Detectiva é a atuação efetuada em sistemas de proteção buscando detectar FALHAS OCULTAS ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção.

Desse modo, tarefas executadas para verificar se um sistema de proteção ainda está funcionando representam a Manutenção Detectiva. Um exemplo simples e objetivo é o botão de teste de lâmpadas de sinalização e alarme em painéis.

A identificação de falhas ocultas é primordial para garantir a confiabilidade. Em sistemas complexos essas ações só devem ser levadas a efeito por pessoal da área de manutenção, com treinamento e habilitação para tal, assessorado pelo pessoal de operação.

É cada vez maior a utilização de computadores digitais em instrumentação e controle de processo nos mais diversos tipos de plantas industriais.

Enquanto a escolha deste ou daquele sistema ou de determinados tipos de componentes é discutida pelos especialistas com um enfoque centrado basicamente na confiabilidade, é importante que estejam bastante claras as seguintes particularidades:

- Os sistemas de *trip* ou *shut-down* são a última barreira entre a integridade e a falha.
- Esses sistemas são projetados para atuar automaticamente na iminência de desvios que possam comprometer as máquinas, a produção, a segurança no seu aspecto global ou o meio ambiente.
- Os componentes dos sistemas de *trip* ou *shut-down*, como qualquer componente, também apresentam falhas.
- As falhas desses componentes e, em última análise, do sistema de proteção, podem acarretar dois problemas:
 - Não atuação.
 - Atuação indevida.

A não atuação de um sistema de *trip* ou *shut-down* é algo que jamais passa despercebido. É evidente que existem situações onde é possível contornar ou fazer um acompanhamento, mas em outras isso é definitivamente impossível.

O *trip* por alta vibração em máquinas rotativas pode deixar de atuar, desde que haja um acompanhamento paralelo e contínuo do equipamento pela equipe de manutenção. Na maior parte dos casos ocorre uma progressão no nível de vibração que permite um acompanhamento. Entretanto, o aumento na temperatura de mancal pode ser muito rápido, ou seja, se o sistema não atuar comandando a parada da máquina, as consequências podem ser desastrosas.

A atuação indevida de um sistema de *trip* ocasiona, obviamente, a parada do equipamento e, conseqüentemente, a cessação da produção, na maioria dos casos. O que se segue, imediatamente à ocorrência (indevida) do *trip* é um estado de ansiedade generalizada para entender a ocorrência. Isso normalmente leva algum tempo, pois vários *checks* devem ser feitos. O ideal seria não colocar uma máquina, um sistema ou uma unidade para operar sem que as razões que levaram à ocorrência do *trip* sejam descobertas e/ou confirmadas.

Em resumo, se a confiabilidade do sistema não é alta, teremos um problema de disponibilidade a ele associado, traduzindo por excessivo número de paradas, não cumprimento da campanha programada e outros.

Fica evidente que a mudança do status quo é ter o domínio da situação. Essa modificação é obtida com a Manutenção Detectiva. Na Manutenção Detectiva especialistas fazem verificações no sistema, sem tirá-lo de operação, são capazes de detectar falhas ocultas, e preferencialmente podem corrigir a situação, mantendo o sistema operando.

2.6 ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO

É a segunda quebra de paradigma na Manutenção. Praticar a Engenharia de Manutenção significa uma mudança cultural.

É deixar de ficar consertando continuamente, para procurar as causas básicas, modificar situações permanentes de mau desempenho, deixar de conviver com problemas crônicos, melhorar padrões e sistemáticas, desenvolver a manutenibilidade, dar feedback ao Projeto, interferir tecnicamente nas compras.

Engenharia de Manutenção significa perseguir benchmarks, aplicar técnicas modernas, estar nivelado com a manutenção do Primeiro Mundo.

Alguém que esteja praticando Manutenção Corretiva não planejada terá um longo caminho a percorrer para chegar a praticar Engenharia de Manutenção. E o maior obstáculo a ser vencido estará na “cultura” que está sedimentada nas pessoas.

Entretanto quando se muda da Preventiva para Preditiva, ocorre um salto positivo nos resultados, em função da 1ª quebra de paradigma. Salto mais significativo ocorre quando se adota a Engenharia de Manutenção.

3 CUSTOS DA MANUTENÇÃO

Antigamente, quando se falava em custos de manutenção a maioria dos gerentes achava que:

- Não havia meios de controlar os custos de manutenção.
- A manutenção, em si, tinha um custo muito alto.
- Os custos de manutenção oneravam, e muito, o produto final.

Em termos de Brasil, essas afirmações eram muito intuitivas, desde que a Mensuração desses custos era meramente contábil, ou seja, não havia indicadores técnico-gerenciais que fossem representativos. Por outro lado, alguma verdade se escondia sob essas afirmações, pois a performance global da manutenção deixava a desejar. Isso ocorria por dois motivos: a gerência julgava que as atividades de manutenção não eram tão importantes, logo os investimentos nessa área não deveriam ser altos; a manutenção, na qual não se investia, não tinha nem representatividade nem a competência necessária para mudar a situação. Ainda hoje é possível encontrar esse quadro em um número razoável de empresas brasileiras.

No Brasil, o custo da manutenção em relação ao faturamento bruto das empresas apresentou uma tendência de queda entre 1991 e 1995, tendo se estabilizado no entorno de 4,00% a partir daí.

Em relação ao patrimônio, o custo médio vem se mantendo, desde 1997, em 3,2%.

Para fins de controle, podemos classificar os custos de manutenção em três grandes famílias:

CUSTOS DIRETOS – São aqueles necessários para manter os equipamentos em operação. Neles se incluem: manutenção preventiva, inspeções regulares – lubrificação, por exemplo -, manutenção preditiva, manutenção detectiva, custo de reparos ou revisões e manutenção corretiva de uma maneira geral. Os custos de paradas de manutenção, ou grandes serviços de reforma/modernização, comumente designados como *revamps*, apesar de serem custos diretos, devem ser classificados separadamente, em rubrica específica.

CUSTOS DE PERDA DE PRODUÇÃO – São os custos oriundos de perda de produção, causados:

- Pela falha do equipamento principal sem que o equipamento reserva, quando existir, estivesse disponível para manter a unidade produzindo.
- Pela falha do equipamento, cuja causa determinante tenha sido ação imprópria da manutenção.

CUSTOS INDIRETOS – São aqueles relacionados com a estrutura gerencial e de apoio administrativo, custos com análises e estudos de melhoria, engenharia de manutenção e supersão, dentre outros. Nessa rubrica devem ser alocados custos com a aquisição de equipamentos, ferramentas e instrumentos da manutenção, devidamente caracterizados para fins de acompanhamento. Fazem parte ainda os custos de amortização, depreciação, iluminação, energia elétrica e outras utilidades.

É importante observar que são classificados como custo indireto, estudos não possam ser alocados a um equipamento ou posto de serviço específico, ou seja, tenham caráter mais geral. Caso contrário, é custo direto. No balanço final pode-se fazer o rateio dos custos indiretos, de caráter genérico, nos equipamentos que sofreram manutenção em um determinado período.

Os componentes dos **custos diretos de manutenção** são os seguintes:

- **Custos de mão de obra direta** – para uma dada função é:
 - mão de obra própria – números de horas alocadas ao serviço x salário médio mensal, incluindo encargos sociais.
 - **Custo de materiais:**
 - Custo de Sobressalentes – custo da peça aplicada que pode ser dado pela nota fiscal, se a compra for para aplicação imediata, ou pelo valor corrigido, se a peça for retirada do estoque e já tenha sido comprada há mais tempo.
 - Custo de materiais de consumo – óleo, graxa, produtos químicos, lixa e similares. Em algumas empresas esses custos são considerados como indiretos e rateados por todos os equipamentos que tiveram manutenção num determinado período. Atentar para a observação do item anterior quanto à correção do custo.
 - **Custo de serviços de terceiros:**
 - Serviços executados externamente – são aqueles relativos a serviços executados por terceiros, como balanceamento, aplicação de revestimentos como cromo-duro,

stellite, outros, usinagens especiais, testes específicos etc. O custo é dado pelo valor da nota fiscal, que inclui impostos e taxas.

- Serviços executados internamente – são aqueles feitos na própria instalação da Contratante.

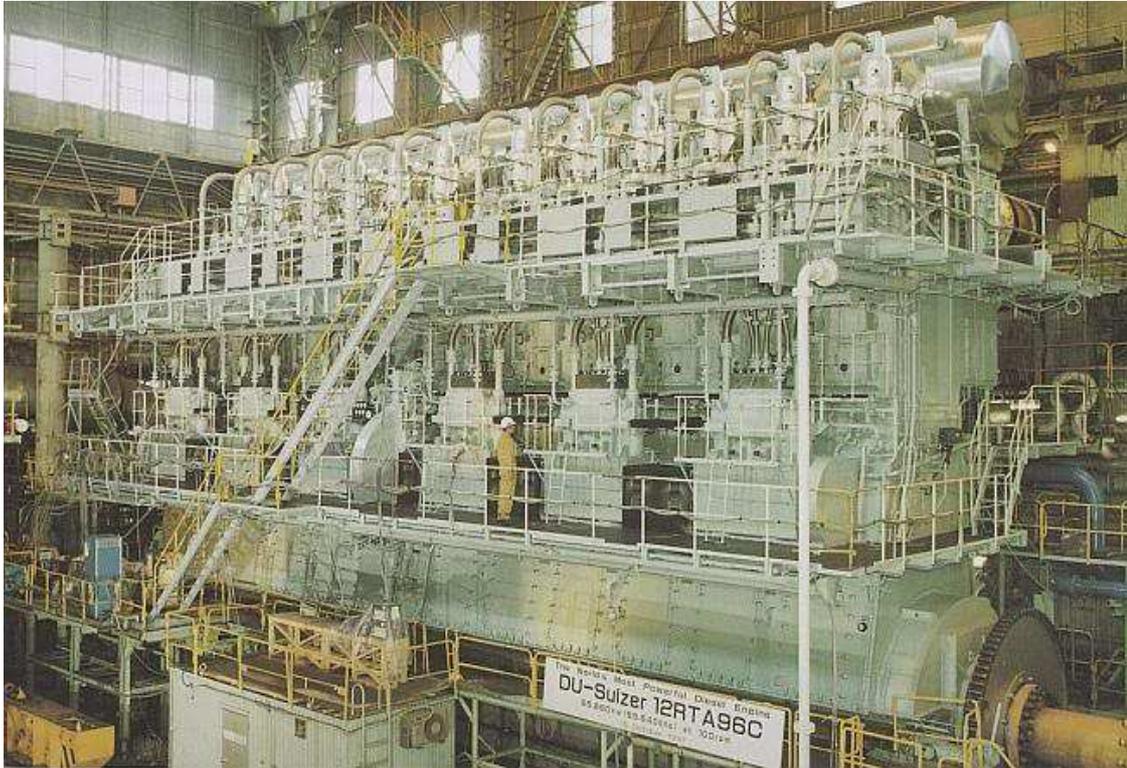
O acompanhamento de custos, um dos itens de controle na manutenção, deve ser colocado na forma de gráfico para fácil visualização, mostrando pelo menos:

- Previsão de custos mês a mês.
- Realização – quanto foi efetivamente gasto em cada mês.
- Realizado no ano anterior (ou anos anteriores).
- *Benchmark* – qual a referência mundial, isto é, valores da empresa que tem o menor custo de manutenção nesse tipo de instalação.

É fundamental que cada especialidade da manutenção faça um controle de custos, independente do modo como a estrutura organizacional as agrupa ou divide. A apropriação do custo de uma especialidade envolve seu próprio custo e de outras especialidades agregadas pela polivalência.

4 MANUTENÇÃO DOS MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

Figura 6 - Motor Principal Sulzer de 10 cilindros



Fonte: Internet Google imagens

As máquinas e equipamentos se diferenciam uma das outras, devido ao projeto utilizado em suas fabricações e de acordo com as especificações dos fabricantes, os motores principais de combustão interna, utilizados nos navios, também, não seriam uma exceção. Então, o que será questionado são os procedimentos para efetuar uma revisão em seu aspecto geral, as orientações mais específicas, podem ser encontradas no Manual do fabricante.

4.1 INSTRUÇÕES GERAIS

As máquinas e equipamentos se diferenciam uma das outras, devido ao projeto utilizado em suas fabricações e de acordo com as especificações dos fabricantes, os motores principais, utilizados nos navios, também, não seriam uma exceção. Então, o que será questionado são os procedimentos para efetuar uma revisão em seu aspecto geral, e as orientações mais específicas, podem ser

encontradas no Manual do fabricante.

O motor principal deve então, ser inspecionado e limpo em intervalos regulares, a fim de mantê-lo em boas condições e sempre disponível para o serviço. O programa de manutenção serve como referência para os intervalos em que as revisões devem ser levadas a efeito. O principal fator para determinar a frequência das revisões é obtido pela carga na qual o motor está operando normalmente, e pela qualidade de óleo combustível e do óleo lubrificante empregado. A experiência obtida a bordo nos mostra, se esses intervalos entre os trabalhos de limpeza e revisão devem ser mais longos ou mais curtos do que aqueles indicados no Programa de Manutenção.

Em relação ao início de qualquer trabalho de revisão, particularmente, à das partes móveis, as medidas de segurança recomendadas no Manual de Instruções de cada motor, devem ser observadas para evitar partidas inadvertidas do motor e acidentes.

Se os componentes das partes móveis forem desmontados, deve-se assegurar que nenhum componente afrouxado fique desalinhado quando o motor for girado pela catraca, o que poderia causar sérias avarias no motor. E todos os serviços de revisão devem ser feitos somente com os dispositivos especiais, normalmente fornecidos com o jogo de ferramentas. O uso de ferramentas inadequadas resultará em perda de tempo e avaria dos componentes do motor, por isso sempre é aconselhado utilizar as ferramentas ideais.

Então, esses trabalhos de desmontagem devem ser executados meticulosamente, além do fato de que, os orifícios de lubrificação e as canalizações devem ser vedados, e quaisquer partes do motor que forem limadas ou raspadas devem ser depois, completamente limpas. Devem-se cobrir as partes adjacentes, se for necessário.

É importante ressaltar que, quaisquer partes do motor submetidas à revisão durante a rotina de manutenção, devem ser testadas para verificar o correto funcionamento antes de retornarem ao serviço. As canalizações, em particular, devem ser submetidas a teste de pressão para descobrir possíveis vazamentos.

Durante a operação das máquinas podem surgir folgas entre os componentes, devido à vibração ou até mesmo devido a um aperto irregular na hora da remontagem. Neste segundo caso, todos os parafusos e porcas devem ser apertados com um aparelho especial, o torquímetro, cujo torque a ser aplicado, é

especificado no Manual de cada motor. Portanto, as folgas dos componentes mais importantes devem ser periodicamente verificadas. E as peças cujas dimensões estão fora dos limites admissíveis, devem ser substituídas pelas sobressalentes, ou então reajustadas de modo a se obter novamente as folgas corretas.

Se não houver possibilidade de realizar essa substituição, um pedido de sobressalente para a peça em questão deve ser feito, de modo a completar novamente o estoque de peças. Logo, a verificação e o controle das peças deste estoque, também fará parte da rotina do Oficial de Máquinas a bordo das embarcações.

Depois de terminados os trabalhos de revisão, o motor deve ser completamente limpo com panos de limpeza que não soltem fiapos e não seja feito de estopa.

E se alguma revisão foi executada com peças do Sistema de Controle, o mesmo deve ser testado quanto ao seu correto funcionamento.

Figura 7 - Manutenção no eixo de manivelas de um motor principal



4.2 PROCEDIMENTOS PRELIMINARES AS REVISÕES DE MANUTENÇÃO

Antes de começar qualquer trabalho de revisão nos motores, algumas precauções de segurança devem ser tomadas, tais como:

- Fechar a válvula de automática do ar de partida e as válvulas dos reservatórios do ar de partida;
- Drenar completamente o ar de todas as canalizações de ar de partida, antes e depois das válvulas de interceptação automática;
- Verificar se as torneiras de descompressão estão abertas. E no caso das torneiras do indicador, estas devem ser mantidas abertas enquanto os trabalhos de revisão estiverem sendo executados;
- Engrazar a catraca e travar alavanca;
- Deixar que o motor esfrie no mínimo por 30 minutos, antes de abrir as portas do cárter, se este tiver sido parado devido ao aquecimento dos componentes das partes móveis dos cilindros ou dos mancais;
- Ventilar o cárter através de sopradores externos, antes de iniciar qualquer trabalho em seu interior.

4.3 ANÁLISE DO ÓLEO LUBRIFICANTE

A análise do óleo é uma maneira rápida e não destrutiva de avaliar as condições do motor analisando uma amostra de óleo. Esta análise do óleo envolve diversos testes de laboratório ou simples testes feitos a bordo. Os resultados dos testes dão informações sobre as condições do lubrificante, os níveis de contaminação e o desgaste de componentes lubrificados pelo óleo.

Compreender os resultados da análise do óleo pode ajudar a obter o máximo de vida do óleo. As características que devem ser monitoradas incluem viscosidade, diluição do combustível, água e/ou refrigerante, sólidos totais e análise espectrográfica.

A viscosidade é a propriedade mais importante do óleo lubrificante. Através da análise, pode ser determinado se o óleo ficou mais espesso ou afinou excessivamente. Resultados anormais indicam que existe um defeito de operação ou manutenção que deve ser corrigido. A diluição do combustível é a causa mais comum do afinamento do óleo em motores diesel, outro fator é o superaquecimento

do motor e por consequente do óleo a marcha lenta prolongada, baixa compressão e ou defeitos do sistema de alimentação que podem também contribuir para afinar o óleo.

Figura 8 - Viscosímetro comparador portátil



Fonte: Internet

É um aparelho mecânico para constatar a viscosidade em óleos lubrificantes e seu funcionamento é simples. Baseia-se na comparação de viscosidade de um óleo padrão do aparelho com o óleo a ser analisado. A leitura da viscosidade é feita diretamente na escala do aparelho, em SSU (Segundos *Seybolt* Universal) a 37,8°C ou em cSt (*Centstokes*) a 40,0°C

O VISCOSIMETRO - PERCOL é uma ferramenta ideal para obtenção de viscosidade com resultados imediatos.

5 CALDEIRAS

Figura 9 – Caldeira Flamotubular



Fonte: Internet

A função de uma caldeira é a de gerar vapor com segurança e de alto rendimento. Para que isto ocorra é necessário executar certos procedimentos como é o caso do tratamento da água de caldeira que retira as impurezas. De maneira geral, as impurezas são as responsáveis pela formação de incrustação sobre as superfícies geradoras de aquecimento e superaquecedor, resultando na diminuição do rendimento da caldeira pelo decréscimo do grau de transmissão de calor e superaquecimento, e pela queima de tubos na qual ainda provocará avarias nos mesmos.

5.1 IMPUREZAS

O principal fator de interferência na manutenção das caldeiras são as impurezas contidas na água, são prejudiciais, e podem impedir o correto funcionamento desta, e conseqüentemente a eficiente geração de vapor. Na qual, estas podem ter acesso ao interior das caldeiras, através do sistema de água de alimentação. Algumas dessas impurezas prejudiciais são:

- As fugas de óleo combustível para o interior dos aquecedores de óleo combustível, no lado do vapor. E as fugas nas serpentinas de vapor para aquecimento dos tanques de serviços e sedimento, de onde o óleo pode alcançar o sistema de água de alimentação, através dos drenos;

- As fugas de óleo lubrificante para o interior das serpentinas de vapor dos tanques de sedimentação, dos mancais, das turbinas, das bombas rotativas, por onde o óleo pode alcançar o sistema de água de alimentação;

- O oxigênio presente na água de alimentação da caldeira, que entra no sistema através das fugas de ar para o interior das partes que trabalham sob vácuo, isto é, em pressões abaixo da atmosférica, como os condensadores, turbinas de baixa pressão e bombas de ar. Além disso, o ar é absorvido pela água de alimentação, quando ela está exposta à atmosfera, conforme se dá através dos respiros dos tanques de reserva de alimentação, e tanques abertos de alimentação e filtragem, bem como através dos drenos abertos;

- Os produtos da corrosão provenientes das tubulações, dos tanques de alimentação e das máquinas na maioria das vezes encontram-se sob a forma de óxido de ferro;

- Podemos encontrar também os sais como, por exemplo, o cloreto de sódio, cloreto de magnésio, sulfato de magnésio, sulfato de cálcio e carbonato de cálcio que podem provocar a formação de incrustações, de corrosão ácida e de projeção. São encontrados na água do mar e dos portos, e podem penetrar no sistema de alimentação da água de caldeira, arrastados pelo vapor produzido nos grupos destilatórios, pelas infiltrações de água salgada proveniente dos vaporizadores para o interior do vapor condensado e estas podem ser encontradas nas serpentinas de aquecimento, pelas fugas de água salgada para os condensadores e tanques de reserva da alimentação, através do uso das válvulas de extração de fundo das caldeiras, e pelas infiltrações em outros aparelhos resfriados pela água salgada. O aumento da concentração de sais é o resultado da contaminação progressiva na água de caldeira devido às infiltrações da água do mar. Até mesmo quando a água de alimentação está dentro dos limites de impurezas permitidos, esta concentração de sais aumenta proporcionalmente de acordo com o débito de vapor.

5.2 EFEITOS DA CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA DE ALIMENTAÇÃO

Ela também é responsável pela corrosão de todas as superfícies internas da caldeira devido ao ataque de um ácido, pela ação eletrolítica ou por oxidação. É importante sempre ter em vista que a água do mar é uma fonte constante de ácidos em potencial, especialmente o cloreto de magnésio que pode reagir com a água formando ácido. Portanto o meio de evitar este tipo de corrosão ácida consiste apenas em manter a água da caldeira alcalina. Por outro lado não se pode evitar a corrosão eletrolítica, mas ela pode ser reduzida a um mínimo tolerável, criando-se condições que mantenha uma camada de hidrogênio atômico, que é um isolante elétrico, sobre as partes da caldeira que formam catodos. Isto se consegue mantendo a alcalinidade da caldeira dentro dos limites prefixados, e ao mesmo tempo, eliminando o oxigênio dissolvido na água de caldeira e na água de alimentação.

O aceleração da corrosão eletrolítica dá-se pela combinação do oxigênio dissolvido com o hidrogênio, onde a corrosão por oxigênio pode ser identificada pelo aparecimento de bexigas localizadas ou dispersas, e pela ausência de corrosão generalizada nas áreas intermediárias. A admissão normal da água de alimentação no tubulão superior de uma caldeira, em atividade, reduz geralmente o oxigênio dissolvido a uma porcentagem tolerável, uma vez que o vapor em movimento arrasta para fora os gases dissolvidos. Porém os traços de oxigênio podem provocar séria corrosão no feixe tubular, nas paredes de água e em outros pontos relativamente quentes da caldeira.

O contato do ar com a água de alimentação também é uma fonte de contaminação pelo oxigênio da água de caldeira. Portanto é imprescindível que o oxigênio dissolvido, seja reduzido à porcentagem mais baixa possível, antes dele deixar o tanque de desarejamento, e que a rede de alimentação seja protegida contra a entrada de ar, no trecho correspondente à aspiração das bombas. Tratando-se dos produtos da corrosão, estes entram na caldeira sob a forma de óxido de ferro que permanecem em suspensão na água, e causam projeção e espuma. Eles podem ser removidos pelas extrações de fundo e superfície.

Outra ação que também reduz a tendência para a projeção e a formação de espuma é o uso da composição desincrustante. Em que ambas provocam o arrastamento da umidade pelo vapor, dos tubulões para os aquecedores, quando

estes existem ou estão em uso, ou diretamente para as máquinas, em instalações que trabalham com vapor saturado. Esse arrastamento acontece na medida em que quanto maior for a quantidade de matéria sólida dissolvida na água, tanto maior será a tendência dela para fazer espuma, quando vaporizada violentamente. Se existir uma quantidade considerável de matéria sólida em suspensão, qualquer espuma que se forme, será estabilizada pelas pequenas partículas sólidas. E também, as películas das bolhas aumentarão de espessura, de modo que as bolhas de vapor podem deixar de arrebentar antes de entrar no tubo secador, resultando no transporte de pequenas partículas de água pelo vapor. Já, sob condições de formação de vapor extremamente más, será tirada uma grande quantidade de água no interior do espaço de vapor do tubulão, enquanto ocorrem pequenas explosões intermitentes abaixo da superfície de água. E serão, então, arrastadas grandes quantidades de água para o interior do tubo secador. Este tipo violento de arrastamento é conhecido, geralmente, como projeção. É uma fonte de grande perigo para a condução segura de qualquer instalação de máquinas a vapor.

O óleo presente na água de caldeira também é outro causador de espuma e projeção. Ele formará uma película fina, resistente ao calor, nas superfícies dos tubos, podendo provocar uma avaria no tubo, causada por superaquecimento. O óleo pode aparecer sob a forma de um anel oleoso, no interior do indicador de nível, na altura do nível da água ou nos tanques de observação. Então ele é inicialmente controlado pela inspeção cuidadosa dos drenos de água, proveniente das serpentinas de vapor para aquecimento dos tanques de óleo combustível. O cuidado especial à lubrificação das máquinas é dispensado, pois ele pode estar em contato com o vapor e a água.

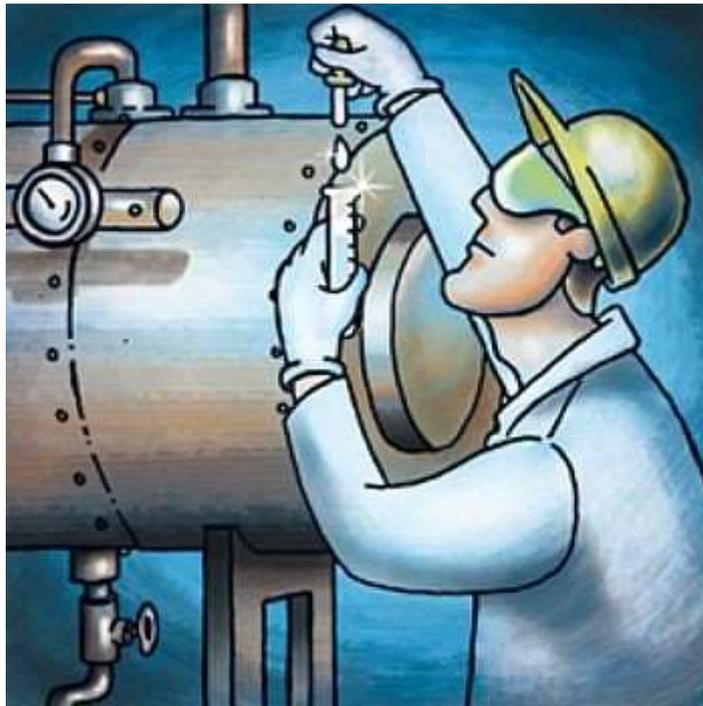
Por fim, o uso da composição desincrustante é um componente que reduz a tendência do óleo a provocar a formação de espuma. Contudo, a partir do momento em que a caldeira foi contaminada pelo óleo, toda a sua água deve ser descarregada, por meio de vapor, para encher a caldeira com uma forte mistura de água doce e solução desincrustante. E por fim vaporizar a referida mistura durante dois ou três dias, usando o vapor de outra caldeira, através de conexões próprias ou de acessórios de outra válvula de extração de fundo.

5.3 TRATAMENTO DA ÁGUA DE CALDEIRA

O tratamento químico consiste numa mistura de produtos químicos conhecidos como desincrustante que é composto de fosfato de sódio, carbonato de cálcio e amido. Ele é usado na água de alimentação com os objetivos de:

- Neutralizar os sais que formam ácidos, ou seja, mantê-la alcalina;
- Assegurar a remoção das incrustações e fornecer meios químicos para evitá-las;
- Precipitar as impurezas internas sob a forma de lama;
- Evitar a corrosão pela oxidação.

Figura 10 - Caldeira



Fonte: Internet

O grande problema no tratamento da água de caldeira é a formação de lama, de tal forma que ela é calcionada e com isto, aparecem bexigas provocadas pelo calor. O resultado disto é observado pela redução de calor através das paredes água e tubos do lado do fogo. E ainda, ela é dificilmente removida pelos meios mecânicos e não é decomposta pela solução desincrustante.

Nos casos em que houver um acúmulo excessivo de lama, a caldeira não irá permitir uma extração de fundo eficiente na área onde a lama é formada, ou as extrações de fundo serão inadequadas.

5.4 CONTROLE DA ALCALINIDADE DA ÁGUA

Vamos então, passar a expor diversos tipos de controle da alcalinidade da água de caldeira, mostrando quando são aplicáveis e quais suas vantagens e desvantagens. No entanto, nos alongaremos mais detalhadamente naqueles que são indicados para caldeiras de alta pressão, onde os problemas são menos conhecidos e mais graves.

5.4.1 Carbonato de Sódio

É usado apenas em caldeiras de até 14 Kg/cm² de pressão. O carbonato de sódio é parcialmente convertido em soda cáustica. Com esse processo, se precipitam os sais de cálcio e de magnésio, desde que se mantenha um excesso de cerca de 300 ppm de carbonato de sódio (para remoção do cálcio) e apenas poucas partes por milhão de soda cáustica (para remoção do magnésio). Tem a vantagem do baixo custo e fácil manuseio e a desvantagem de liberar gás carbônico que dará características ácidas ao vapor, além do que, a possibilidade da presença de soda cáustica em altas concentrações oferece o perigo da fragilização cáustica do metal (fenômeno que explicaremos posteriormente, neste trabalho) e da destruição da película protetora de magnetita.

5.4.2 Fosfato Trissódico e Soda Cáustica

Em caldeiras com pressões superiores a 14 Kg/cm² a conversão do carbonato de sódio em soda cáustica seria tão elevada, que se tornaria impossível manter um residual suficiente de carbonato de sódio, para garantir a precipitação adequada dos sais de cálcio. O uso do fosfato trissódico e soda cáustica, então garantiria tanto a remoção do cálcio na forma de fosfato básico, como do magnésio, na forma de hidróxido.

Para que essas reações sejam possíveis, é evidente que se deverá ter sempre um excesso tanto de fosfato trissódico como de soda cáustica e o valor do pH

deve ser mantido acima de 10 para assegurar uma melhor remoção do cálcio, e no máximo de 11 para evitar concentrações elevadas de soda cáustica.

Esse tipo de controle tem a vantagem de evitar eficientemente incrustações, tanto de cálcio como de magnésio, por precipitá-los de forma floculenta, não aderente, facilmente eliminado das caldeiras, por meio de purgas de sua água. A sua principal desvantagem é a de oferecer o perigo de altas concentrações de soda cáustica, principalmente nas zonas de alta transferência de calor, com conseqüente corrosão.

5.4.3 Fosfato coordenado

Esse tipo de tratamento consiste na manutenção do valor do pH da água de caldeira dentro da faixa requerida, sem a utilização de soda cáustica. Para tanto, adiciona-se à água da caldeira uma mistura de fosfatos mono, di e tri-sódicos. Então teoricamente, utilizando esse tipo de tratamento teríamos dissolvidos na água de caldeira fosfato tri e di-sódicos; o mono-sódico não deverá estar presente, pois esse sal é adicionado a água somente para diminuir o valor PH quando necessário, isto é, para reagir com o fosfato Tri-Sódico dando, como resultados, o fosfato di-sódico e garantindo-se a presença desses dois outros fosfatos

Com isso, se estará garantindo a ausência de Soda Cáustica livre e, portanto, eliminando os problemas de corrosão por ela causados, o que seria a sua principal vantagem. Como desvantagem, haverá o fato de que serão necessárias dosagens elevadas de fosfato, para garantir a precipitação do cálcio em forma floculenta, não aderente e então não é aconselhável o seu uso quando a água de alimentação contiver altas concentrações de cálcio.

5.4.4 Álcalis voláteis

Nesse processo de tratamento, deixa-se de adicionar qualquer produto químico sólido (fosfato, soda cáustica) à água da caldeira. O valor do pH é mantido dentro da faixa requerida para evitar corrosão pela adição de amônia ou amins voláteis (morfolina, ciclohexamina). O máximo cuidado deve ser tomado para prevenir contaminação da água com substâncias sólidas, provenientes, por exemplo, de carregamento de evaporadores e vazamentos de condensadores.

Por isso para se conseguir êxito com esse tipo de tratamento, há necessidade de se fazer toda a água de reposição e todo o retorno do condensado passar por resinas de troca iônica. Isso, porque não se está usando produtos químicos capazes de combater agentes poluentes. Apenas a alcalinidade é mantida numa faixa suficiente para evitar a corrosão do ferro (pH da ordem de 9,2 a 9,5). Também devem - se eliminar os menores traços de oxigênio dissolvido.

5.4.5 Baixo teor de soda cáustica

Nesse tipo de tratamento, o valor do pH da água da caldeira é mantido na faixa de 9,6 a 10 por meio da adição de pequenas quantidades de soda cáustica (cerca de 2 ppm em termos de OH).

A concentração total de sólidos dissolvidos na água é mantida em valores mínimos, o que se consegue por um controle rigoroso e constante da qualidade de alimentação e por descargas (purgas) da água da caldeira, assim que os limites máximos permissíveis sejam alcançados.

O tratamento com baixo teor de soda cáustica é pode-se dizer, semelhante ao tratamento com baixo teor de fosfatos. Em ambos os casos, apenas se procura manter a alcalinidade da água em todos os pontos da caldeira, o que pode não acontecer com o uso apenas de álcalis voláteis, que poderão não estar presentes nas zonas de alta transferência de calor onde seriam mais necessárias, no caso da concentração ali de substâncias de caráter ácido, provenientes de uma eventual contaminação por fontes diversas. A vantagem da soda cáustica sobre o fosfato é a sua maior solubilidade, que impede a sua precipitação (*HIDE - OUT*), facilitando a manutenção do residual requerido.

5.4.6 A sílica na água de caldeira

Nas especificações para água de caldeira é sempre dado um valor máximo para a concentração de sílica, valor esse tanto menor, quanto maior for a pressão da caldeira. Para as caldeiras de alta pressão, esses limites máximos são muito pequenos, ou seja, muito inferiores aos que se admitiria para muitos problemas de incrustações de silicatos na própria caldeira. O que se tem em vista, porém, é evitar a presença de sílica no vapor que sai da caldeira.

A passagem de substâncias sólidas, em solução na água da caldeira, para o vapor, pode ser dado por arraste, volatilidade ou por dissolução no vapor. Em caldeiras modernas de alta pressão, com a manutenção de baixa concentração de sólidos na água e o uso de ciclones separadores e lavadores de vapor, o arraste dificilmente ocorre. Por outro lado, os sólidos normalmente presentes são praticamente não voláteis nas temperaturas e pressões de caldeiras.

No entanto, eles têm apreciável solubilidade em vapor a alta pressão, e das substâncias presentes normalmente na água de caldeira, que podem se dissolver no vapor, geralmente se dá maior importância à sílica, porque caso ela se deposite nas palhetas das turbinas, a sua remoção será muito difícil.

5.4.7 Fragilização do metal das caldeiras pelo hidrogênio

A fragilização do metal das caldeiras pelo hidrogênio é uma forma de corrosão, na qual o hidrogênio penetra no aço-carbono. Existem várias teorias que procuram explicar o fenômeno. Dentre essas teorias explanaremos uma que parece mais provável de ocorrer:

O hidrogênio, após penetrar no aço, sob condições favoráveis de pressão e temperatura, reage com o carbono para formar o metano de acordo com a seguinte reação:



Essa reação faz com que haja uma concentração dos grãos, devido à uma diferença de densidade entre o carbeto de ferro (Fe_3C) e o ferro formado. Em consequência disso, o aço perde sua resistência às deformações, isto é se torna fragilizado, podendo sofrer fendimento.

A fragilidade de tubos de caldeiras, pelo hidrogênio, é uma forma secundária de corrosão, como resultado do hidrogênio produzido por um mecanismo primário de corrosão. Entre esses mecanismos primários de corrosão, poderíamos citar a reação entre a água, ou vapor, com o ferro do aço cuja equação é:



A reação que se processa entre o ferro e a água, ou vapor é perceptível a 200°C , e até 500°C , não causa dificuldade, uma vez que o fino filme de óxido magnético formado, gradualmente interrompe qualquer posterior reação.

Entre 550°C e 600°C, há uma alteração nas propriedades do filme de óxido de ferro magnético e a reação recomeça, tornando-se violenta. A produção de Hidrogênio também ocorre devido à presença de contaminantes na água da caldeira que provocam corrosão do metal, com liberação do referido gás.

5.4.8 Fragilização cáustica do metal de tubos de caldeiras

A fragilização cáustica é um tipo de corrosão que ocorre em caldeiras. A exemplo do que foi dito para o caso da fragilização pelo hidrogênio, também para o fenômeno em questão, têm sido apresentadas diversas teorias, e dentre elas, escolhemos uma que nos parece mais viável. Em linhas gerais, a fragilidade cáustica seria uma das formas primárias de corrosão, para que o fenômeno da fragilidade por hidrogênio ocorra, pois quando a soda cáustica (ou potassa cáustica) reage com o ferro, há a liberação de hidrogênio, de acordo com a reação.



O hidrogênio liberado seria absorvido pelo aço e teríamos, então, o fenômeno da fragilidade pelo hidrogênio. Aparentemente, para que o fendimento pelo álcali ocorra, são necessárias três condições:

1. O material deverá estar sujeito a tensões.
2. A concentração de soda cáustica deverá ser maior que 10%.
3. Certos compostos deverão estar presentes na superfície do metal, sendo um dos mais importantes o silicato de sódio.

6 EQUIPAMENTOS

É no convés que se encontram as máquinas e os equipamentos necessários para a atracação e movimentação de amarras e manuseio de ancoras.

6.1 EQUIPAMENTOS DO CONVÉS

Os equipamentos são muito utilizados e exigidos na operação da embarcação, logo devem ter uma manutenção perfeita que traga disponibilidade e confiabilidade.

Podemos citar alguns destes equipamentos de convés como o molinete que faz o serviço de cabos de amarração, de recolher, de soltar a amarra do ferro e situa-se na proa; nos guinchos de manobras que servem para solecar ou tesar os cabos de amarração e situam-se a meio-navio na popa e por isso não trabalham com a amarra do ferro; e no cabrestante que é muito utilizado nas operações de manuseio de ancoras tem um eixo de trabalho no sentido vertical que também serve para solecar ou tesar os cabos de amarração. No convés principal foi reservada uma região para instalação dos guinchos de manuseio de âncoras e reboque logo a ré das acomodações, e para os pelicanos hidráulicos e pinos de reboque na região do convés principal próximo ao rolo de popa. Estes equipamentos são os principais para a operação de manuseio de âncoras e amarras e reboque de plataformas. A posição destes equipamentos deve ser definida com cautela, pois eles representam, logo após o aço estrutural, o maior peso que compõe o navio leve.

Figura 11 - Manutenção do guincho



Fonte: Internet Google Imagens

Figura 12 – Guincho combinado



Fonte: Internet Google Imagens

6.2 PRINCIPAIS CUIDADOS COM EQUIPAMENTOS

- Conservar as engrenagens, copos de lubrificação dos mancais e quaisquer outras partes lubrificantes, através da limpeza que os deixará livre de poeira ou água, e ainda fazendo uma inspeção regular;

- Usar somente os lubrificantes indicados pelos fabricantes. Normalmente os fabricantes indicam no manual de instrução do equipamento, as partes a serem lubrificadas;

- Observar o nível de óleo lubrificante no cárter e se existe graxa nos pontos de lubrificação, antes de usar o equipamento;

- Fazer a purgação do ar da rede e da máquina motriz para evitar o baixo desempenho e velocidade de operação.

- Fazer a calibração dos guinchos de acordo com o manual do fabricante.

- Fazer a limpeza dos filtros de tela e magnético do óleo hidráulico da aspiração da unidade hidráulica frequentemente.

- Fazer a análise do óleo para identificar os primeiros sintomas de desgaste de um componente. A identificação é feita a partir do estudo das partículas sólidas que ficam misturadas com os óleos.

- Movimentar a máquina sem carga quando der a partida, isto é, sem que ela

esteja fazendo o trabalho de cabos ou amarras, afim de que seja feita a lubrificação dos mancais e engrenagens.

- Observar sempre quando o equipamento estiver funcionando, se existe qualquer barulho estranho ou aquecimento excessivo nas partes que se atritam.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No atual ambiente de competitividade exigido pelo processo em curso de globalização da economia, a função da manutenção apresenta-se como um setor indispensável para a sobrevivência das empresas. Para alcançar os níveis ideais de excelência exigidos para seu desempenho e beneficiar integralmente suas partes interessadas, um dos mais relevantes objetivos estratégicos de qualquer corporação reside na melhoria contínua de seus processos.

Na manutenção, conforme foi abordado, esta constatação torna-se ainda mais verdadeira, em virtude de suas características especiais e do impacto de suas atividades em praticamente todas as demais áreas empresariais.

Durante todo o tempo de vida útil do equipamento naval é fundamental que o seu rendimento deva ser o máximo, principalmente quando estão vinculados às condições de segurança e propulsão da instalação. Enfim, seu alto grau de confiabilidade funcional é essencial.

É importante destacar que o propósito da manutenção é a disponibilidade do sistema, aumentando a vida útil do equipamento e diminuindo o custo final para o armador. Por meio de análises científicas e sistemáticas, a escolha das ferramentas ideais para fazer o melhor uso dos processos de manutenção, faz com que esta seja um ato gerencial de suma importância dentro do plano de manutenção das embarcações.

A manutenção regular é essencial para manter a embarcação dentro da classe operacional, pois esta é responsável pelo funcionamento adequado das máquinas e equipamentos, de modo em que se previnam falhas dando mais segurança ao oficial de máquinas na execução seu trabalho durante o seu quarto de serviço a bordo.

É necessário também que se destaquem os tipos de manutenção que possam existir a bordo e enfatizar que não existe um procedimento igual para todos os navios, qualquer equipamento, do mais simples ao mais sofisticado, pode apresentar problemas inesperados mesmo dentro de seu tempo de vida útil. Eles são causados por defeitos de fabricação, por manuseio incorreto e ou por manutenção deficiente. Muitas vezes, esses problemas são pequenos, porém, se não resolvidos no momento correto, podem trazer consequências graves, gerando

prejuízos muito além do previsto. Com isso, ao aplicarmos uma manutenção eficaz, estabelecida em um plano de manutenção bem elaborado, conseguiremos alcançar a confiabilidade e a disponibilidade exigidas para as máquinas e equipamentos de bordo.

O maquinista deve estar sempre atento a ruídos não rotineiros, a vibrações excessivas, a temperaturas, pressões e a velocidades ou rotações anormais que devem ser observadas nas máquinas existentes a bordo. Estes cuidados foram destacados neste trabalho, nos motores de combustão principal que são responsáveis por gerar a força para propulsão das embarcações e nas caldeiras que são responsáveis por gerar vapor para as turbinas ou para serviços de hotelaria.

Contudo, além da manutenção, é fundamental que haja um entendimento e trabalho de equipe entre toda a tripulação a fim de estabelecer uma comunicação para que nenhum deslize, mesmo que pequeno, comprometa a segurança de todos a bordo devendo assim, haver sempre uma comunicação entre os oficiais da praça de máquinas e o passadiço para que sejam realizados os devidos procedimentos de navegação ou pedido de socorro à outra embarcação a tempo de evitar um acidente e com isto salvaguardar a vida humana no mar, prevenir a poluição do ambiente e selar pela integridade da embarcação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DIAS, Francisco. **Apostila de inspeção em caldeiras marítimas**. Rio de Janeiro. Junho de 1997.

ISHIKAWA, Kaoru. "**TQC - Total Quality Control - Estratégia e Administração de Qualidade**". IMC - São Paulo -1986.

KARDEC, Alan; Nascif, Julio. **Manutenção: Função Estratégica**. 2. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda. 2001.

PIAZZA, Gilberto. **Introdução à Engenharia de Confiabilidade**. Caxias do Sul: Educs, Editora. 2000

SEIXAS, Eduardo de Santana. **Confiabilidade aplicada na manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark. Editora Ltda. 1 ed. 2000

SILVA, Decio Alves da. **Diagnóstico de Equipamentos de Propulsão Naval através de Análise de Vibração**. 2006. 135f. Trabalho de Conclusão de Mestrado em Engenharia Mecânica. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
Disponível em: teses.ufrj.br/COPPE_M/DecioAlvesdaSilva.pdf
Acessado em: Out/2013.

SPAMER, Fernanda Rosa. **Técnicas preditivas de manutenção em máquinas rotativas**. Trabalho de conclusão do curso Engenharia. Universidade Federal Rio de Janeiro. 2009
Disponível em: monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10000900.pdf
Acessado em: Out/2013.

VERRI, Luiz Aberto. **Gerenciamento pela Qualidade Total na Manutenção Industrial**, Rio de Janeiro, 2007;
Disponível em: <http://4shared.com> SENAI - Tecnologia em Manutenção Industrial
Acessado em Out/2013.