

MANUTENÇÃO ELETROMECÂNICA

CÓDIGO DE CATÁLOGO : 5401

Trabalho elaborado pela Diretoria de Educação e Tecnologia do Departamento Regional do SENAI - PR , através do **LABTEC** - Laboratório de Tecnologia Educacional.

Coordenação geral Marco Antonio Areias Secco
Elaboração técnica Francisco Antonio Ollé da Luz

Equipe de editoração

Coordenação Lucio Suckow
Diagramação Alir Aparecida Schroeder
Ilustração Alir Aparecida Schroeder
Revisão técnica Francisco Antonio Ollé da Luz
Capa Ricardo Mueller de Oliveira

Referência Bibliográfica.
NIT - Núcleo de Informação Tecnológica
SENAI - DET - DR/PR

S474m SENAI - PR. DET
Manutenção eletromecânica
Curitiba, 2001, 335 p

CDU - 621

Direitos reservados ao

SENAI — Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
Departamento Regional do Paraná
Avenida Cândido de Abreu, 200 - Centro Cívico
Telefone: (41) 350-7000
Telefax: (41) 350-7101
E-mail: senaidr@ctb.pr.senai.br
CEP 80530-902 — Curitiba - PR

SUMÁRIO

| | |
|--|-----|
| Introdução à manutenção | 05 |
| TPM- Planejamento, organização, administração | 13 |
| CPM (Critic Parth Method)- Método do caminho crítico | 21 |
| Manutenção corretiva | 31 |
| Manutenção preventiva | 38 |
| Manutenção preditiva | 49 |
| Soldagem de manutenção I | 58 |
| Soldagem de manutenção II | 66 |
| Noções de manutenção de hidráulica industrial | 73 |
| Noções básicas de pneumática | 88 |
| Manutenção eletroeletrônica I | 102 |
| Manutenção eletroeletrônica II | 114 |
| Análise de falhas em máquinas | 122 |
| Uso de ferramentas | 131 |
| Técnicas de desmontagem de elementos mecânicos | 141 |
| Montagem de conjuntos mecânicos | 149 |
| Recuperação de elementos mecânicos | 154 |
| Travas e vedantes químicos | 164 |
| Mancais de rolamento I | 172 |
| Mancais de rolamento II | 186 |
| Mancais de deslizamento | 191 |
| Eixos e correntes | 201 |
| Polias e correias I | 209 |
| Polias e correias II | 217 |
| Variedades e redutores de velocidade e manutenção de engrenagens | 222 |
| Sistema de vedação I | 233 |
| Sistema de vedação II | 242 |
| Alinhamento geométrico e nivelamento de máquinas e equipamentos | 249 |
| Recuperação de guias ou vias deslizantes I | 259 |
| Recuperação de guias ou vias deslizantes II | 267 |
| Lubrificação industrial I | 276 |
| Lubrificação industrial II | 289 |
| Análise de lubrificantes por meio da técnica ferrográfica | 301 |
| Análise de vibrações | 313 |
| Aplicações da manutenção | 323 |
| Bibliografia | 333 |

INTRODUÇÃO À MANUTENÇÃO

Com a globalização da economia, a busca da qualidade total em serviços, produtos e gerenciamento ambiental passou a ser a meta de todas as empresas.

- O que a manutenção tem a ver com a qualidade total?

Disponibilidade de máquina, aumento da competitividade, aumento da lucratividade, satisfação dos clientes, produtos com defeito zero...

- Não entendi!

Vamos comparar. Imagine que seja um fabricante de rolamentos e que tenha concorrentes no mercado. Pois bem, para que eu venha a manter meus clientes e conquistar outros, precisarei tirar o máximo rendimento de minhas máquinas para oferecer rolamentos com defeito zero e preço competitivo.

Deverei, também, estabelecer um rigoroso cronograma de fabricação e de entrega de meus rolamentos. Imagine você que eu não faça **manutenção** de minhas máquinas...

- Estou começando a compreender.

Se eu tiver um bom programa de manutenção, os prejuízos serão inevitáveis, pois máquinas com defeitos ou quebradas causarão:

- diminuição ou interrupção da produção;
- atrasos nas entregas
- perdas financeiras;
- aumento dos custos;
- rolamentos com possibilidades de apresentar defeitos de fabricação;
- insatisfação dos clientes;
- perda de mercado.

Para evitar o colapso de minha empresa devo, obrigatoriamente, definir um programa de manutenção com métodos preventivos a fim de obter rolamentos nas **quantidades** previamente estabelecidas e com **qualidade**. Também devo incluir, no programa, as **ferramentas** a serem utilizadas e a previsão da vida útil de **cada elemento** das máquinas.

Todos esses aspectos mostram a importância que se deve dar à manutenção.

Um breve histórico

A manutenção, embora despercebida, sempre existiu, mesmo nas épocas mais remotas. Começou a ser conhecida com o nome de manutenção por volta do século XVI na Europa central, juntamente com o surgimento do relógio mecânico, quando surgiram os primeiros técnicos em montagem e assistência.

Tomou corpo ao longo da Revolução Industrial e firmou-se, como necessidade absoluta, na Segunda Guerra Mundial. No princípio da reconstrução pós guerra, Inglaterra, Alemanha, Itália e principalmente o Japão alicerçaram seu desempenho industrial nas bases da engenharia e manutenção.

Nos últimos anos, com a intensa concorrência, os prazos de entrega dos produtos passaram a ser relevantes para todas as empresas. Com isso, surgiu a motivação para se prevenir contra as falhas de máquinas e equipamentos. Essa motivação deu origem à manutenção preventiva.

Em suma, nos últimos vinte anos é que tem havido preocupação de técnicos e empresários para o desenvolvimento de técnicas específicas para melhorar o complexo sistema **Homem / Máquina / Serviço**.

Conceitos e objetivos

Podemos entender manutenção como o conjunto de cuidados técnicos indispensáveis ao funcionamento regular e permanente de máquinas, equipamentos, ferramentas e instalações. Esses cuidados envolvem a **conservação**, a **adequação**, a **restauração**, a **substituição**, e a **prevenção**.

Por exemplo, quando mantemos as engrenagens lubrificadas, estamos conservando-as. Se estivermos retificando uma mesa de despeno, estaremos restaurando-a. Se estivermos trocando o plugue de um cabo elétrico, estaremos substituindo-o.

De modo, geral, a manutenção em uma empresa tem como objetivos:

- manter equipamentos e máquinas em condições de pleno funcionamento para garantir a produção normal e a qualidade dos produtos;
- prevenir prováveis falhas ou quebras dos elementos das máquinas.

Alcançar esses objetivos requer manutenção diária em serviços de rotina e de reparos periódicos programados.

A manutenção ideal de uma máquina é a que permite alta disponibilidade para a produção durante todo o tempo em que ela estiver em serviço e a um custo adequado.

Serviços de rotina e serviços periódicos

Os serviços de rotina constam de inspeção e verificação das condições técnicas das unidades das máquinas. A detecção e a identificação de pequenos defeitos dos elementos das máquinas, a verificação dos sistemas de lubrificação e a constatação de falhas de ajustes são exemplos dos serviços da manutenção de rotina.

A responsabilidade pelos serviços de rotina não é somente do pessoal da manutenção mas também de todos os operadores de máquinas. Salientemos que há, também, manutenção de emergência ou corretiva que será estudada logo adiante.



Os serviços periódicos de manutenção consistem de vários procedimentos que visam manter a máquina e equipamentos em perfeito estado de funcionamento. Esses procedimentos envolvem várias operações:

- monitorar as partes da máquina sujeitas a maiores desgastes;
- ajustar ou trocar componentes em períodos predeterminados;
- exame dos componentes antes do término de suas garantias;
- replanejar, se necessário, o programa de prevenção;
- testar os componentes elétricos etc.

Os serviços periódicos de manutenção podem ser durante paradas longas das máquinas por motivos de quebra de peças (o que deve ser evitado) ou outras falhas, ou durante o planejamento de novo serviço ou, ainda, no horário de mudança de turnos.

As paradas programadas visam à desmontagem completa da máquina para exame de suas partes e conjuntos. As partes danificadas, após exame, são recondiçionadas ou substituídas. A seguir, a máquina é novamente montada e testada para assegurar a qualidade exigida em seu desempenho.

Reparos não programados também ocorrem e estão inseridos na categoria conhecida pelo nome de **manutenção corretiva**. Por exemplo, se uma furadeira de bancada estiver em funcionamento e a correia partir; ela deverá ser substituída de imediato para que a máquina não fique parada.

O acompanhamento e o **registro** do estado da máquina, bem como dos reparos feitos, são fatores importantes em qualquer programa de manutenção.

Tipos de manutenção

Há dois tipos de manutenção: **a planejada** e **a não planejada**.

A manutenção planejada classifica-se em quatro categorias: **preventiva**, **predictiva**, **TPM** e **Terotecnologia**.

A **manutenção preventiva** consiste no conjunto de procedimentos e ações antecipadas que visam manter a máquina em funcionamento.

A **manutenção preditiva** é um tipo de ação preventiva baseada no conhecimento das condições de cada um dos componentes das máquinas e equipamentos. Esses dados são obtidos por meio de um acompanhamento do desgaste de peças vitais de conjuntos de máquinas e de equipamentos.

Testes periódicos são efetuados para determinar a época adequada para substituições ou reparos de peças. Exemplos: análise de vibrações, monitoramento de mancais.

A **TPM** (manutenção produtiva total) foi desenvolvida no Japão. É um modelo calcado no conceito “ de minha máquina , cuida eu”. Estudaremos TPM nas próximas aulas.

A **Terotecnia** é uma técnica inglesa que determina a participação de um especialista em manutenção desde a concepção do equipamento até sua instalação e primeiras horas de produção. Com a terotecnia, obtêm-se equipamentos que facilitam a intervenção dos mantenedores.

Modernamente há empresas que aplicam o chamado retrofitting, que são reformas de equipamentos com atualização tecnológica. Por exemplo, reformar um torno mecânico convencional transformando-o em torno CNC é um caso de retrofitting.

A manutenção não planejada classifica-se em duas categorias: **a corretiva** e **a de ocasião**.

A **manutenção corretiva** tem o objetivo de localizar e reparar defeitos em equipamentos que operam em regime de trabalho contínuo.

A **manutenção de ocasião** consiste em fazer consertos quando a máquina se encontra parada.

Planejamento, programação e controle

Nas instalações industriais, as paradas para manutenção constituem uma preocupação constante para a programação da produção. Se as paradas não forem previstas, ocorrem vários problemas, tais como: atrasos no cronograma de fabricação, indisponibilidade da máquina, elevação dos custos etc.

Para evitar esses problemas, as empresas introduziram, em termos administrativos, o planejamento e a programação da manutenção. No Brasil, o planejamento e a programação da manutenção foram introduzidos durante os anos 60.

A função **planejar** significa conhecer os trabalhos, os recursos para executá-los e tomar decisões.

A função **programar** significa determinar pessoal, dia e hora para execução dos trabalhos.

Um plano de manutenção deve responder às seguintes perguntas:

- Como?
- O quê ?
- Em quanto tempo?
- Quem?
- Quando?
- Quanto?

As três primeiras perguntas são essenciais para o planejamento e as três últimas, imprescindíveis para a programação.

O plano de execução deve ser controlado para se obter informações que orientem a tomada de decisões quanto a equipamentos e equipes de manutenção.

O controle é feito por meio de coleta e tabulação de dados, seguidos de interpretação. É desta forma que são estabelecidos os padrões ou normas de trabalho.

Organização e administração

Por organização do serviço de manutenção podemos entender a maneira como se compõem, se ordenam e se estruturam os serviços para o alcance dos objetivos visados.

A administração do serviço de manutenção tem o objetivo de normalizar as atividades, ordenar os fatores de produção, contribuir para a produção e a produtividade com eficiência, sem desperdícios e retrabalho.

O maior risco que a manutenção pode sofrer, especialmente nas grandes empresas, é o da perda do seu principal objetivo, por causa, principalmente, da falta de organização e de uma administração excessivamente burocratizada.

Solucionando Problemas

1) Assinale **V** para as afirmações verdadeiras e **F** para as falsas.

- a) () Conservação, restauração e substituição de elementos de máquinas são operações desnecessárias nos programas de manutenção das empresas.
- b) () Garantir a produção normal e a qualidade dos produtos fabricados é um dos objetivos da manutenção efetuada pelas empresas.
- c) () A troca de óleo é um serviço de rotina na manutenção de máquinas.
- d) () A responsabilidade pelos serviços de rotina, na manutenção de máquinas, é exclusividade dos operadores.
- e) () O desmonte completo de uma máquina só ocorre em situações de emergência.
- f) () A checagem de ajustes é um serviço de rotina na manutenção de máquinas.
- g) () O registro do estado de uma máquina e dos reparos nela efetuados faz parte dos programas de manutenção das empresas.

2) Responda.

- a) No que consiste a manutenção preventiva?
- b) Qual é o objetivo da manutenção corretiva?
- c) No que consiste a manutenção de ocasião?
- d) Em manutenção, o que significa planejar?
- e) Quando se pensa em manutenção, quais são as perguntas básicas que devem ser feitas na fase do planejamento? E na fase da programação?

3) Complete as frases.

- a) Um bom programa de manutenção deve Ter por base a organização e a

.....

- b) A coleta e a tabulação de dados, seguidas de interpretação, fazem parte do

.....

Durante muito tempo as indústrias funcionaram com o sistema de manutenção corretiva. Com isso, ocorriam desperdícios, retrabalhos, perda de tempo e de esforços humanos, além de prejuízos financeiros.

A partir de uma análise desse problema, passou-se a dar ênfase na manutenção preventiva. Com enfoque nesse tipo de manutenção, foi desenvolvido o conceito de **manutenção produtiva total**, conhecido pela sigla **TPM** (total productive maintenance), que inclui programas de manutenção preventiva e preditiva.

A origem da TPM

A manutenção preventiva teve sua origem nos Estados Unidos e foi introduzida no Japão em 1950.

Até então, a indústria japonesa trabalhava apenas com o conceito de manutenção corretiva, após a falha da máquina ou equipamento. Isso representava um custo e um obstáculo para a melhoria da qualidade.

A primeira indústria japonesa a aplicar e obter os efeitos do conceito de manutenção preventiva, também chamada de **PM** (preventive maintenance) foi a Toa Nenryo kogyo, em 1951. São dessa época as primeiras discussões a respeito da importância da manutenibilidade e suas conseqüências para o trabalho de manutenção.

Em 1960, ocorre o reconhecimento da importância da manutenibilidade e da confiabilidade como sendo pontos-chave para a melhoria da eficiência das empresas. Surgiu, assim, a manutenção preventiva, ou seja, o enfoque da manutenção passou a ser o de confiança no setor produtivo quanto à qualidade do serviço de manutenção realizado.

Na busca de maior da manutenção produtiva, por meio de um sistema compreensivo, baseado no respeito individual e na total participação dos empregados, surgiu a **TPM**, em 1970, no Japão.

Nessa época era comum:

- avanço na automação industrial;
- busca em termos de melhoria da qualidade;
- aumento da concorrência empresarial;
- emprego do sistema "just-in-time";
- maior consciência de preservação ambiental e conservação de energia;
- dificuldades de recrutamento de mão-de-obra para trabalhos considerados sujos, pesados ou perigosos;
- aumento da gestão participativa e surgimento do operário polivalente.

Todas essas ocorrências contribuíram para o aparecimento da **TPM**.

A empresa usuária da máquina se preocupava em valorizar e manter o seu patrimônio, pensando em termos de custo do ciclo de vida da máquina ou equipamento. No mesmo período, surgiram outras teorias com os mesmos objetivos.

Evolução do conceito de manutenção

O quadro a seguir mostra a evolução do conceito de manutenção ao longo do tempo.

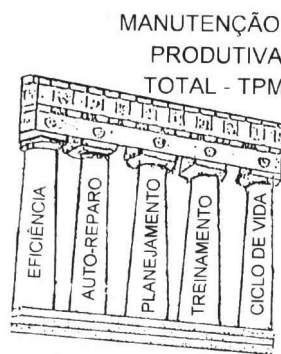
| PERÍODOS | ATÉ DÉCADA DE 1950 | DÉCADA DE 1950 | DÉCADA DE 1960 | DÉCADA DE 1980 |
|---|-------------------------|--------------------------|---|--|
| Estágio Conceitos | Manutenção corretiva | Manutenção preventiva | Manutenção do sistema de produção | Manutenção produtiva total (TPM) |
| Reparo corretivo | x | x | x | x |
| Gestão mecânica da manutenção | | x | x | x |
| Manutenções preventivas | | x | x | x |
| Visão sistemática | | | x | x |
| Manutenção corretiva com incorporação de melhorias | | | x | x |
| Prevenção de manutenção | | | x | x |
| Manutenção preditiva | | | | x |
| Abordagem participativa | | | | x |
| Manutenção autônoma | | | | x |

Os cinco pilares da TPM são as bases sobre as quais construímos um programa de TPM, envolvendo toda a empresa e habilitando-a para encontrar metas, tais como defeito zero, falhas zero, aumento da disponibilidade de equipamento e lucratividade.

Os cinco pilares são representados por:

- eficiência;
- auto-reparo;
- planejamento;
- treinamento;
- ciclo de vida.

Esquemáticamente:



- Os cinco pilares são baseados nos seguintes princípios:
- Atividades que aumentam a eficiência do equipamento.
 - Estabelecimento de um sistema de manutenção autônomo pelos operadores.
 - Estabelecimento de um sistema planejado de manutenção.
 - Estabelecimento de um sistema de treinamento objetivando aumentar as habilidades técnicas do pessoal.
 - Estabelecimento de um sistema de gerenciamento do equipamento.

Objetivos da TPM

O objetivo global da TPM é melhoria da estrutura da empresa em **termos materiais** (máquinas, equipamentos, ferramentas, matéria-prima, produtos etc). e em **termos humanos** (aprimoramento das capacitações pessoais envolvendo conhecimentos, habilidades e atitudes).A meta a ser alcançada é o rendimento operacional global.

As melhorias devem ser conseguidas por meio dos
seguintes passos:

- Capacitar os operadores para conduzir a manutenção
de forma voluntária.

- Capacitar os mantenedores a serem polivalentes, isto
é, atuarem em equipamentos mecatrônicos.

- Capacitar os engenheiros a projetarem equipamentos
que dispensem manutenção, isto é, o "ideal" da máquina
descartável.

- Incentivar estudos e sugestões para modificação dos
equipamentos existentes a fim de melhorar seu rendimento.

- Aplicar o programa dos oito S:

1. **Seiri** = organização; implica eliminar o supérfluo.

2. **Seiton** = arrumação; implica identificar e colocar
tudo em ordem.

3. **Seiso** = limpeza; implica limpar sempre e não sujar.

4. **Seiketsu** = padronização; implica manter a
arrumação, limpeza e ordem em tudo.

5. **Shitsuke** = disciplina; implica a autodisciplina para
fazer tudo espontaneamente.

6. **Shido** = treinar; implica a busca constante de
capacitação pessoal.

7. **Seison** = eliminar as perdas.

8. **Shikari yaro** = realizar com determinação e união.

- Eliminar as seis grandes perdas:

1. Perdas por quebra.

2. Perdas por demora na troca de ferramentas e
regulagem.

3. Perdas por operações em vazio (espera).

4. Perdas por redução da velocidade em relação ao
padrão normal.

5. Perdas por defeitos de produção.

6. Perdas por queda de rendimento.

- Aplicar as cinco medidas para obtenção da "quebra
zero":

1. Estruturação das condições básicas.

2. Obediência às condições de uso.

3. Regeneração do envelhecimento.

4. Sanar as falhas do projeto (terotecnologia).

5. Incrementar a capacidade técnica.

A idéia da “quebra zero” baseia-se no conceito de que a quebra é a falha visível. A falha visível é causada por uma coleção de falhas invisíveis como um iceberg.



Logo, se os operadores e mantenedores estiverem conscientes de que devem evitar as falhas invisíveis, a quebra deixará de ocorrer.

As falhas invisíveis normalmente deixam de ser detectadas por motivos físicos e psicológicos.

Motivos físicos

As falhas não são visíveis por estarem em local de difícil acesso ou encobertas por detritos e sujeiras.

Motivos psicológicos

As falhas deixam de ser detectadas devido à falta de interesse ou de capacitação dos operadores ou mantenedores.

Manutenção autônoma

Na TPM os operadores são treinados para supervisionarem e atuarem como mantenedores em primeiro nível. Os mantenedores específicos são chamados quando os operadores de primeiro nível não conseguem solucionar o problema. Assim, cada operador assume suas atribuições de modo que tanto a manutenção preventiva como a de rotina estejam constantemente em ação.

Segue uma relação de suas principais atividades:

- Operação correta de máquinas e equipamentos.
- Aplicação dos oito S.

- Registro diário das ocorrências e ações.
- Inspeção autônoma.
- Monitoração com base nos seguintes sentidos humanos: visão, audição, olfato e tato.
- Lubrificação.
- Elaboração de padrões (procedimentos).
- Execução de regulagens simples.
- Execução de reparos simples.
- Execução de testes simples.
- Aplicação de manutenção preventiva simples.
- Preparação simples (set-up).
- Participação em treinamento e em grupos de trabalho.

Efeitos da TPM na melhoria dos recursos humanos

Na forma como é proposta, a TPM oferece plenas condições para o desenvolvimento das pessoas que atuam em empresas preocupadas com manutenção. A participação de todos os envolvidos com manutenção resulta nos seguintes benefícios:

- Realização (autoconfiança)
- Aumento da atenção no trabalho.
- Aumento da satisfação pelo trabalho em si (enriquecimento de cargo).
- Melhoria do espírito de equipe.
- Melhoria nas habilidades de comunicação entre as pessoas.
- Aquisição de novas habilidades.
- Crescimento a através da participação.
- Maior senso de posse das máquinas.
- Diminuição da rotatividade de pessoal.
- Satisfação pelo reconhecimento.

Para finalizar "a manutenção não deve ser apenas aquela que conserta, mas, sim, aquela que elimina a necessidade de consertar " (Anônimo).

Solucionando Problemas

1) A sigla TPM significa:

- a) Total manutenção preventiva;
- b) Manutenção preditiva total;
- c) Manutenção produtiva total;
- d) Máquina produtiva total;
- e) manutenção perfeita e total.

2) Quais as ocorrências que contribuíram para o aparecimento da TPM?

- a) Recessão industrial; buscas em termos da melhoria da qualidade e aumento da concorrência empresarial.
- b) Avanços na automação industrial; emprego do sistema “just-in-time”; facilidade de recrutamento de mão-de-obra para trabalhos sujos, pesados ou perigosos.
- c) Dificuldade em conservação de energia; emprego do sistema “just-in-time”.
- d) Dificuldade de recrutamento de mão-de-obra e avanço na automação industrial.
- e) Avanços na automação industrial; emprego do sistema “just-in-time”; maior consciência de preservação ambiental e conservação de energia.

3) Os cinco pilares da TPM são:

- a) Eficiência, planejamento, autotreinamento, auto-reparo e ciclo de vida.
- b) Eficiência, planejamento, auto-reparo, treinamento e ciclo de vida.
- c) Eficiência, planejamento, reparo, treinamento e ciclo de reparo.
- d) Eficiência, planejamento, auto-reparo, organização e administração.
- e) Eficiência, planejamento, ciclo da energia, treinamento e oito S.

4) Os efeitos da TPM na melhoria dos recursos humanos são:

- a) Aumento da atenção no trabalho; melhoria do espírito de equipe; satisfação pelo reconhecimento e melhoria nas habilidades de comunicação entre as pessoas.
- b) Melhoria do espírito de equipe; autodisciplina para fazer tudo espontaneamente; incrementar a capacitação técnica; participação em grupos de trabalho e em treinamentos.
- c) Aumento da atenção no trabalho; melhoria na capacidade de trabalhar sozinho; satisfação salarial e aumento da liderança autocrática.
- d) Incrementar a capacitação técnica; aquisição de técnicas de gerenciamento; melhorias nas habilidades de comunicação entre as pessoas e melhoria do espírito de equipe.
- e) Autodisciplina para fazer tudo espontaneamente; participação em treinamentos e em grupos de trabalho; melhoria do espírito individual e aumento da gestão participativa.

Solucionando Problemas

Complete a frase.

Normalmente as falhas invisíveis deixam de ser detectadas por motivos.

..... e.....

Relacione a coluna 1 de acordo com a 2:

Coluna 1

- a) Seiri
- b) Seiton
- c) Seiso
- d) Seiketsu
- e) Shitsuke
- f) Shido
- g) Seison
- h) Shikari yaro

Coluna 2

- 1. () Eliminar perdas.
- 2. () Limpeza, limpar sempre e não sujar.
- 3. () Arrumação.
- 4. () Disciplina.
- 5. () Treinar.
- 6. () Realizar com determinação.
- 7. () Eliminar o supérfluo.
- 8. () Padronização.
- 9. () Conserto.

CPM (CRITIC PARTH METHOD) – MÉTODO DO CAMINHO CRÍTICO

O serviço de manutenção de máquinas é indispensável e deve ser constante. Por outro lado, é necessário manter a produção, conforme o cronograma estabelecido.

Esses dois aspectos levantam a questão de como conciliar o tempo com a paradas das máquinas para manutenção sem comprometer a produção.

Rotina de planejamento

O setor de planejamento recebe as requisições de serviço, analisa o que e como deve ser feito, quais as especialidades e grupos envolvidos, e os materiais e ferramentas a serem utilizados. Isso resulta no plano de operações, na lista de materiais para empenho ou compra de estoque e outros documentos complementares como relação de serviços por grupos, ordens de serviço etc.

Quando há necessidade de estudos especiais, execução de projetos e desenhos ou quando o orçamento de um trabalho excede determinado valor, o setor de planejamento requisita os serviços da Engenharia de Manutenção. Ela providencia os estudos necessários e verifica a viabilidade econômica.

Se o estudo ou projeto for viável, todas as informações coletadas pelo planejamento são enviadas ao setor de programação, que prepara o cronograma e os programas diários de trabalho coordenando a movimentação de materiais.

Seqüência para planejamento

É o rol de atividades para planejador atingir o plano de operação e emitir os documentos necessários.

Esse rol de atividades consiste em:

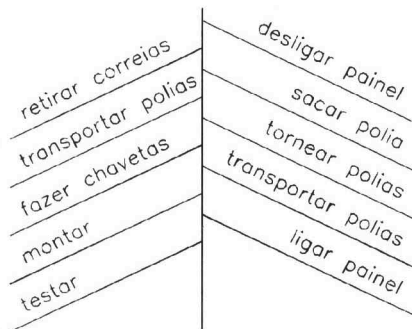
- Listar os serviços a serem executados;
- Determinar o tempo, especialidades e número de profissionais;

- Determinar a seqüência lógica das operações de trabalho por meio do **diagrama espinha de peixe**;
- Construir PERT-CPM;
- Construir **diagrama de barras (Gantt)**, indicando as equipes de trabalho;
- Emitir as ordens de serviço, a lista de materiais, a relação de serviços por grupo e outros documentos que variam conforme a empresa.

Diagrama espinha de peixe

É uma construção gráfica simples que permite construir e visualizar rapidamente a seqüência lógica das operações.

Exemplo:



Em planejamentos simples e para um único grupo de trabalho, pode-se passar da espinha de peixe ao **diagrama de barras** ou o **diagrama de Gantt**.

Diagrama de Gantt

É um cronograma que permite fazer a programação das tarefas mostrando a dependência entre elas. Usado desde o início do século, consiste em um diagrama onde cada barra tem um comprimento diretamente proporcional ao tempo de execução real da tarefa. O começo gráfico de cada tarefa ocorre somente após o término das atividades das quais depende.

As atividades para elaboração do diagrama a são a determinação das tarefas, das dependências, dos tempos e a construção gráfica.

Vamos exemplificar considerando a fabricação de uma polia e um eixo. A primeira providência é listar as tarefas, dependências e tempo envolvidos.

| TAREFAS | DESCRIÇÃO | DEPENDE DE | TEMPO/DIAS |
|---------|--|------------|------------|
| A | preparar desenhos e lista de materiais | - | 1 |
| B | obter materiais para o eixo | A | 2 |
| C | tornear o eixo | B | 2 |
| D | fresar o eixo | C | 2 |
| E | obter materiais para a polia | A | 3 |
| F | tornear a polia | E | 4 |
| G | montar o conjunto | D e F | 1 |
| H | balancear o conjunto | G | 0,5 |

De posse da lista, constrói-se o diagrama de Gantt

| Tarefas | Tempo | | | | | | | | | | | |
|---------|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| A | | | | | | | | | | | | |
| B | | | | | | | | | | | | |
| C | | | | | | | | | | | | |
| D | | | | | | | | | | | | |
| E | | | | | | | | | | | | |
| F | | | | | | | | | | | | |
| G | | | | | | | | | | | | |
| H | | | | | | | | | | | | |

O diagrama de Gantt é um auxiliar importante do planejador e do programador, pois apresenta facilidade em controlar o tempo e em reprogramá-lo. Apesar desta facilidade, o diagrama de Gantt não resolve todas as questões, tais como:

- Quais tarefas atrasariam se a terceira tarefa (C) se atrasar um dia?
- Como colocar de forma clara os custos no diagrama?
- Quais tarefas são críticas para a realização de o trabalho?

Para resolver as questões que o diagrama de Gantt não consegue solucionar, foram criados os métodos PERT-CPM.

MÉTODOS PERT – CPM

Os métodos **PERT** (Program Evolution and Review Technique – Programa de Avaliação e Técnica de Revisão) e **CPM** (Critical Parth Method – Método do Caminho Crítico) foram criados em 1958.

O PERT foi desenvolvido pela NASA com o fim de controlar o tempo e a execução de tarefas realizadas pela primeira vez.

O CPM foi criado na empresa norte-americana Dupont com o objetivo de realizar as paradas de manutenção no menor prazo possível e com o nível constante de utilização dos recursos.

Os dois métodos são quase idênticos; porém, as empresas, em termos de manutenção, adotam basicamente o CPM.

Método CPM

O CPM se utiliza de construções gráficas simples como flechas, círculos numerados e linhas tracejadas, que constituem, respectivamente:

- o diagrama de flechas;
- a atividade fantasma;
- o nó ou evento.

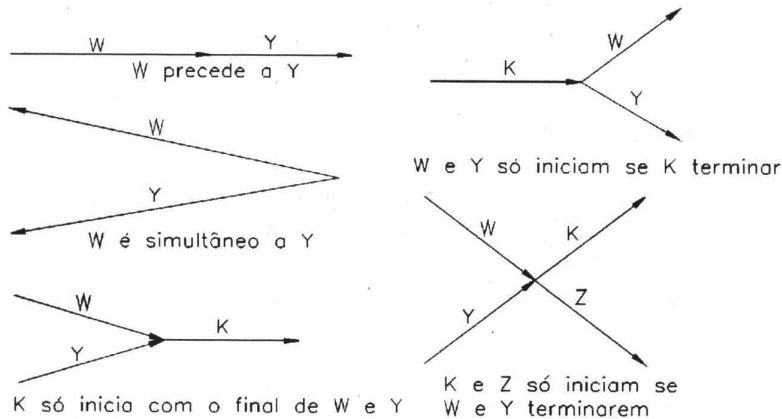
Diagrama de flechas – É um gráfico das operações, em que cada operação é representada por uma flecha. Cada flecha tem uma ponta e uma cauda. A cauda representa o início da operação e a ponta marca o seu final.

As flechas são usadas para expressar as relações entre as operações e definir uma ou mais das seguintes situações:

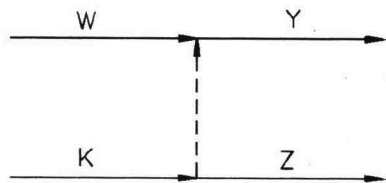
- a operação deve preceder algumas operações;

- a operação deve suceder algumas operações;
- a operação pode ocorrer simultaneamente a outras operações.

Exemplo:



Atividade fantasma – É uma flecha tracejada usada como artifício para identificar a dependência entre operações. É também chamada de operação imaginária e não requer tempo. Observe a figura:



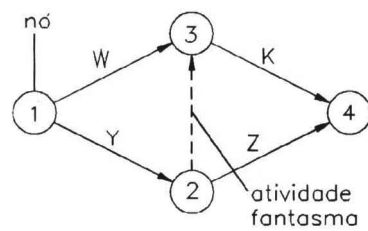
A figura exemplificada as seguintes condições :

- W deve preceder Y;
- K deve preceder Z;
- Y deve seguir-se a W e K.

Assim, as atividades W, Y, K e Z são operações físicas como torneiar, montar, testar etc. Cada uma dessas operações requer um tempo de execução, enquanto a atividade fantasma é um ajuste do cronograma, isto é, depende apenas da programação correta.

Nó ou evento – são círculos desenhados no início e no final de cada flecha. Têm o objetivo de facilitar a visualização e os cálculos de tempo. Devem ser numerados e sua numeração é aleatória.

Exemplo:



O nó não deve ser confundido com uma atividade que demande tempo. Ele é um instante, isto é, um limite entre o início de uma atividade e o final de outra.

Construção do diagrama CPM

Para construir o diagrama é preciso ter em mãos a lista das atividades, os tempos e a seqüência lógica. Em seguida, vai-se posicionando as flechas e os nós obedecendo a seqüência lógica e as relações de dependência. Abaixo de cada flecha, coloca-se o tempo da operação e acima, a identificação da operação.

Exemplo:

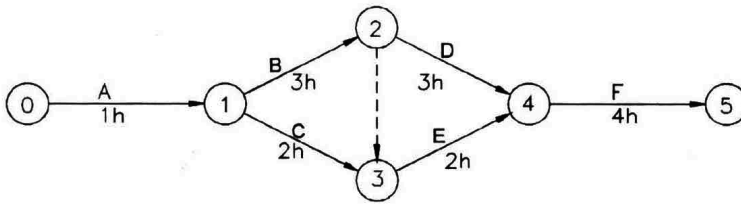
Um torno apresenta defeitos na árvore e na bomba de lubrificação e é preciso corrigir tais defeitos.

O que fazer?

Primeiramente, listam-se as tarefas, dependências e tempos, numa seqüência lógica:

| TAREFAS | DESCRIÇÃO | DEPENDENTE DE | TEMPO |
|---------|---|---------------|-------|
| A | retirar placa, proteções e esgotar óleo | - | 1 h |
| B | retirar árvore e transportá-la | A | 3 h |
| C | lavar cabeçote | A | 2 h |
| D | trocar rolamentos | B | 3 h |
| E | trocar reparo da bomba | B e C | 2 h |
| F | de lubrificação montar, abastecer e testar o conjunto | D e E | 4 h |

A seguir, constrói-se o diagrama:



O caminho crítico

É um caminho percorrido através dos eventos (nós) cujo somatório dos tempos condiciona a duração do trabalho. Por meio do caminho crítico obtém-se a duração total do trabalho e a folga das tarefas que não controlam o término do trabalho.

No diagrama anterior há três caminhos de atividades levando o trabalho do evento 0 (zero) ao evento 5:

- A – B – D – F, com duração de 11 horas;
- A – B – E – F, com duração de 9 horas;
- A – B – imaginária – E – F, com duração de 10 horas.

Há, pois, um caminho com duração superior aos demais, que condiciona a duração do projeto.

É este o caminho crítico. A importância de se identificar o caminho crítico fundamenta-se nos seguintes parâmetros:

- permitir saber, de imediato, se será possível ou não cumprir o prazo anteriormente estabelecido para a conclusão do plano;
- Identificar as atividades críticas que não podem sofrer atrasos, permitindo um controle mais eficaz das tarefas prioritárias;
- permitir priorizar as atividades cuja redução terá menor impacto na antecipação da data final de término dos trabalhos, no caso de ser necessária uma redução desta data final;
- permitir o estabelecimento da primeira data do término da atividade;
- permitir o estabelecimento da última data do término da atividade.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Freqüentemente, o caminho crítico é tão maior que os demais que basta acelerá-lo para acelerar todo o trabalho.

Tendo em vista o conceito do caminho crítico, pode-se afirmar que as tarefas C e E do diagrama anterior podem atrasar até duas horas sem comprometer a duração total.

Resultado final da aplicação do CPM

O método do caminho crítico permite um balanceamento dos recursos, principalmente mão-de-obra. O departamento de manutenção possui um contingente fixo e não é desejável ter um perfil de utilização desse contingente com carência em uns momentos e ociosidade em outros.

Para evitar este problema, o planejador joga com o atraso das tarefas com folga e o remanejamento do pessoal envolvido nas tarefas iniciais.

Nas paradas para reforma parciais ou totais, após o balanceamento dos recursos físicos e humanos com programação de trabalho em horários noturnos e em fins de semana, pode ocorrer ainda a carência de mão-de-obra. Neste caso, a solução é a contratação de serviços externos ou ampliação do quadro de pessoal. Essas decisões só podem ser tomadas após a análise e comprovação prática das carências.

Solucionando Problemas

1) Na elaboração de um planejamento de manutenção existe uma seqüência ou um rol de atividades para o planejador atingir o plano de operação e emitir os documentos necessários. Coloque a seqüência em ordem, numerando-a de 1 a 6 :

- a) () Construir PERT-CPM
- b) () Determinar o tempo
- c) () Construir o diagrama de barras
- d) () Listar os serviços a serem executados
- e) () Determinar a seqüência lógica das operações através do diagrama espinha de peixe
- f) () Emitir ordens de serviço

2) O diagrama de construção gráfica simples que permite visualizar rapidamente a seqüência lógica de operação é o diagrama:

- a) () de Gantt
- b) () de barras
- c) () espinha de peixe
- d) () PERT
- e) () CPM

3) Para resolver as questões que o diagrama de Gantt não consegue solucionar, foram criados os diagramas:

- a) () espinha de peixe;
- b) () PERT-CPM;
- c) () de barras;
- d) () de flechas;
- e) () de custos.

Solucionando Problemas

4) Complete as frases.

- a) Ofoi desenvolvido com a finalidade de controlar o tempo e a execução de tarefas a serem realizadas pela primeira vez.
- b) O.....foi criado com o objetivo de realizar as paradas deno menor prazo possível e com o nível constate de utilização dos recursos.
- c) O CPM se utiliza de construções gráficas simples como.....,numerados e linhas.
- d) Atividade..... é também chamada operação imaginária e não requer tempo.
- e) () O objetivo de um nó ou evento é facilitar ae os cálculos de tempo.

5) Construa um diagrama CPM para uma fresadora que apresenta defeitos no acionamento da mesa. Utilize os dados da tabela para construir o diagrama.

| TAREFAS | DESCRIÇÃO | DEPENDE DE | TEMPO |
|---------|---|------------|-------|
| A | desmontar o conjunto de acionamento da mesa | - | 4 h |
| B | lavar o conjunto da mesa | A | 1 h |
| C | recuperar as guias | B | 2 h |
| D | troca de engrenagens danificadas | B | 1 h |
| E | montar guias | C | 2 h |
| F | montar engrenagens | D | 2 h |
| G | teste dos conjuntos | E e F | 0,5 h |

MANUTENÇÃO CORRETIVA

Consideremos uma linha de produção de uma fábrica de calçados e que a máquina que faz as costuras no solado pare de funcionar por um motivo qualquer.

Se providências não forem tomadas imediatamente, toda a produção de calçados com costuras no solado ficará comprometida.

Diante de situações como esta, a **manutenção corretiva** deverá entrar em ação, e nesta aula veremos como são elaborados os documentos que compõem a manutenção corretiva.

Manutenção corretiva

Manutenção corretiva é aquela de atendimento imediato à produção. Esse tipo de manutenção baseia-se na seguinte filosofia: “equipamento parou, manutenção conserta imediatamente”.

Não existe filosofia, teoria ou fórmula para dimensionar uma equipe de manutenção corretiva, pois nunca se sabe quando alguém vai ser solicitado para atender aos eventos que requerem a presença dos mantenedores. Por esse motivo, as empresas que têm uma manutenção programada e bem administrada convivem com o caos, pois nunca haverá pessoal de manutenção suficiente para atender às solicitações. Mesmo que venham a contar com pessoal de manutenção em quantidade suficiente, não saberão o que fazer com os mantenedores em época em que tudo caminha tranquilamente.

È por esse motivo que, normalmente, a manutenção aceita serviços de montagem para executar e nunca cumpre os prazos estabelecidos, pois há ocasiões em que terá de decidir se atende às emergências ou continua montando o que estava programado.

Como as ocorrências de emergências são inevitáveis, sempre haverá necessidade de uma equipe para esses atendimentos, mesmo porque, não se deve ter 100% de manutenção preventiva.

Dependendo do equipamento, às vezes é mais conveniente, por motivos econômicos, deixá-lo parar e resolver o problema por atendimento de emergência.

Mesmo em empresas que não podem ter emergências, às vezes elas ocorrem com resultados geralmente catastróficos. Exemplos: empresas aéreas.

Nas empresas que convivem com emergências que podem redundar em desastres, deve haver uma equipe muito especial de manutenção, cuja função é eliminar ou minimizar essas emergências.

A filosofia que deve ser adotada é: "Emergências não ocorrem, são causadas. Elimine a causa e você não terá novamente a mesma emergência".

Atendimento

A equipe de manutenção corretiva deve estar sempre em um local específico para ser encontrada facilmente e atender à produção de imediato.

Como a equipe não sabe o local onde vai atuar, o usuário com problemas deverá solicitar o atendimento por telefone, porém, para efeitos de registro e estatística, ele deverá emitir um documento com as seguintes informações:

Equipamento.....da
seção.....parou às.....horas do
dia.....

Um analista da equipe de manutenção corretiva atende ao chamado, verifica o que deve ser feito e emite uma ficha de execução para sanar o problema.

Um modelo de ficha de execução é dado a seguir.

FRENTE

| Ficha de Execução | | | | |
|---------------------------|--|--------------------|---------------------|-------|
| Unidade | | Data | | |
| Equipamento | | Conjunto | Subconjunto | |
| Inspeção | | Parada de Produção | | |
| Trabalho a realizar | | Natureza de Avaria | | |
| Trabalho realizado | | Causa de Avaria | | |
| Previsão | | Realizada | Parada de Produção: | Visto |

VERSO

| Ficha de Execução | chapa | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | Data | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Início | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Término | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Duração | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

O preenchimento da frente da ficha de execução deve seguir os passos:

- Preencher o campo **unidade** ou área onde o equipamento está localizado;
- Preencher o campo **data**;
- Preencher o campo **equipamento** citando o nome do equipamento;
- Preencher os **campos conjunto e subconjunto**
- Preencher o campo **trabalho a realizar** especificando exatamente o que fazer e onde fazer;
- Preencher o campo **trabalho realizado**;
- Preencher o campo **parada da produção** colocando código 00 quando for emergência (serviço não programado) e código 11 quando for preventiva (serviços programados);
- Preencher os campos **natureza da avaria e causas da avaria** citados nos anexos 1 e 2:

Anexo 2

| CAUSAS DA AVARIA | CÓDIGO |
|---|--------|
| Introdução de líquidos gordurosos exteriores ao equipamento | 11 |
| Introdução de líquidos não gordurosos exteriores ao equipamento | 12 |
| Introdução de pó químico na máquina | 15 |
| Incrustação | 16 |
| Introdução de corpo sólido exterior à máquina | 17 |
| Falta de filtragem | 18 |
| Introdução de ar no sistema | 19 |
| Introdução de líquidos gordurosos procedentes da máquina | 21 |
| Introdução de líquidos não gordurosos procedentes da máquina | 22 |
| Introdução de pó procedente da máquina | 25 |
| Introdução de corpo sólido | 27 |
| Influência da umidade | 31 |
| Influência de temperatura baixa | 32 |
| Influência de temperatura elevada | 33 |
| Atmosfera corrosiva | 35 |
| Desgaste excessivo | 41 |
| Falta de isolamento térmico | 42 |
| Abaixamento do solo | 43 |
| Modificações geométricas dos suportes | 44 |
| Ligação errada | 49 |
| Defeito de material | 50 |
| Erro de fabricação | 51 |
| Peça de reposição não adequada | 52 |
| Erro de concepção | 53 |
| Defeito de montagem | 54 |
| Má ajustagem | 55 |
| Manobra errada da operação | 56 |
| Falta de limpeza | 60 |
| Excesso de carga | 61 |
| Desaperto | 62 |
| Falta de lubrificação | 72 |
| Choques | 73 |
| Vibração anormal | 74 |
| Atrito | 75 |

A relações de natureza e causa dos anexos 1 e 2 não são definitivas. Elas podem e devem ser ampliadas.

Salientemos que para se colocar o código de natureza e causa de avaria é necessário analisar profundamente o problema, pois existe sempre uma causa fundamental. Às vezes uma natureza de avaria pode vir a ser causa para outro tipo de natureza de avaria. Exemplo: desgaste de um eixo.

Nesse exemplo, temos como **natureza** o desgaste do eixo e como **causa** do desgaste a falta de lubrificação, porém, o que causou a falta de lubrificação?

O preenchimento do verso da ficha de execução deve seguir os passos:

- Preencher o campo **chapa** com a identificação do funcionário;
- Preencher o campo **data**;
- Preencher os campos **início, término e duração** do trabalho.

Os campos 'data', 'início', 'término' e 'duração' do trabalho na primeira linha do verso apresentarão apenas eventos previstos. Somente a partir da segunda linha é que apresentarão eventos realizados, de acordo com o desenvolvimento do trabalho.

Quando o trabalho tiver sido executado, fecha-se a coluna "duração" e transfere-se o resultado obtido (horas, dias) para o campo "realizada", existente na frente da ficha. Após isso, pede-se para a chefia colocar o visto no respectivo campo para liberação do equipamento.

A equipe de manutenção, evidentemente, deverá eliminar as emergências; porém, sempre se preocupando em deixar o equipamento trabalhando dentro de suas características originais, de acordo com seu projeto de fabricação.

Após o conserto e a liberação do equipamento para a produção, o analista da manutenção corretiva é obrigado a enviar para o setor de Engenharia de Manutenção um relatório de avaria.

Nesse relatório o analista pode e deve sugerir alguma providência ou modificação no projeto da máquina para que o tipo de avaria ocorrida – e – não venha a se repetir.

Modelo de relatório de avaria

A seguir apresentamos um modelo de relatório de avaria e mostramos como preenchê-lo.

| RELATÓRIO DE AVARIA | |
|--------------------------|----------------|
| UNIDADE | |
| EQUIPAMENTO | CONJUNTO |
| SUBCONJUNTO | DATA |
| NATUREZA DA AVARIA | |
| | |
| | |
| | |
| CAUSA DA AVARIA | |
| | |
| | |
| | |
| SUJESTÃO | |
| | |
| | |
| | |

O preenchimento do relatório de avaria deve seguir os passos:

- Preencher o campo **unidade** com nome e código;
- Preencher o campo **equipamento** com nome e código;
- Preencher o campo **conjunto** com código;
- Preencher o campo **subconjunto** com código;
- Preencher o campo **data** com a data de ocorrência;
- Preencher o campo **natureza da avaria** com código (anexo 1) e relatar a ocorrência;
- Preencher o campo **causa da avaria** com código (anexo 2) e relatar a causa fundamental;
- Preencher o campo **sugestão** indicando alguma providência ou modificação no projeto.

Observação: É conveniente ressaltar que os modelos de ficha de execução e os modelos de relatório de avaria mudam de empresa para empresa, bem como os códigos de natureza da avaria e suas causas. Não há, infelizmente, uma norma a respeito do assunto.

Numa unidade de pintura, o equipamento de exaustão, pertencente ao subconjunto nº83 do conjunto nº235 responsável pela retirada do excesso de concentração de solventes, parou inesperadamente por motivo de desregulagem da correia. Esta desregulagem foi causada pelo mau ajuste na montagem do aparelho.

Prevendo que para consertar a desregulagem serão gastas duas horas de trabalho, marque com X a alternativa correta dos exercícios.

Solucionando Problemas

1 } A desregulagem, em termo da natureza de avaria, segundo o anexo 1, tem por código o número:

- a) () 12;
- b) () 13;
- c) () 14;
- d) () 15;
- e) () 16.

2) A má ajustagem, em termos de causa de avaria, segundo o anexo 2, tem por código o número:

- a) () 54;
- b) () 55;
- c) () 56;
- d) () 60;
- e) () 61.

3) De acordo com o texto e as respostas dos exercícios anteriores, preencha a frente da ficha de execução.

FRENTE

| Ficha de Execução | | | | |
|---------------------------|----------|--------------------|----------------------|-------|
| Unidade | | Data | | |
| Equipamento | | Conjunto | Subconjunto | |
| Inspeção | | Parada de Produção | | |
| Trabalho a realizar | | | | |
| Trabalho realizado | | Natureza de Avaria | | |
| | | Causa de Avaria | | |
| | Prevista | Realizada | Parada de Produção : | Visto |

4) Responda.

Por que o conserto da desregulagem da correia do equipamento é considerado uma manutenção de emergência?

.....

.....

.....

Consideremos o motor de um automóvel. De tempos em tempos o usuário deverá trocar o óleo do cárter, Não realizando essa operação periódica, estaria correndo o risco de danificar os elementos que constituem o motor .

Como o usuário faria para poder controlar essa troca periódica do óleo do motor?

Para realizar esse controle, o usuário deverá acompanhar a quilometragem do carro e, baseado nela, fazer a previsão da troca do óleo.

Essa previsão nada mais é do que uma simples manutenção preventiva, que é o assunto desta aula.

Conceitos

A manutenção preventiva obedece a um padrão previamente esquematizado, que estabelece paradas periódicas com a finalidade de permitir a troca de peças gastas por novas, assegurando assim o funcionamento perfeito da máquina por um período predeterminado.

O método preventivo proporciona um determinado ritmo de trabalho, assegurando o equilíbrio necessário ao bom andamento das atividades.

O controle das peças de reposição é problema que atinge todos os tipos de indústria. Uma das metas a que se propõe o órgão de manutenção preventiva é a diminuição sensível dos estoques. Isso se consegue com a organização dos prazos para reposição de peças. Assim, ajustam-se os investimentos para o setor.

Se uma peça de um conjunto que constitui um mecanismo estiver executando seu trabalho de forma irregular, ela estabelecerá, fatalmente, uma sobrecarga nas demais peças que estão interagindo com ela. Como conseqüência, a sobrecarga provocará a diminuição da vida útil das demais peças do conjunto.

O problema só pode ser resolvido com a troca da peça problemática, com **antecedência**, para preservar as demais peças.

Em qualquer sistema industrial, a improvisação é um dos focos de prejuízo. É verdade que quando se improvisa pode-se evitar a paralisação da produção, mas perde-se em eficiência. A improvisação pode e deve ser evitada por meio de métodos preventivos estabelecidos pelos técnicos de manutenção preventiva. A aplicação de métodos preventivos assegura um trabalho uniforme e seguro.

O planejamento e a organização, fornecidos pelo método preventivo, são uma garantia aos homens da produção que podem controlar, dentro de uma faixa de erro mínimo, a entrada de novas encomendas.

Com o tempo, os industriais foram se conscientizando de que a máquina que funcionava ininterruptamente até quebrar acarretava vários problemas que poderiam ser evitados com simples paradas preventivas para lubrificação, troca de peças gastas e ajustes.

Com o auxílio dos relatórios escritos sobre os trabalhos realizados, são suprimidas as inconveniências das quebras inesperadas. Isso evita a difícil tarefa de trocas rápidas de máquinas e improvisações que causam o desespero do pessoal da manutenção corretiva.

A manutenção preventiva é um método aprovado e adotado atualmente em todos os setores industriais, pois abrange desde uma simples revisão – com paradas que não obedecem a uma rotina – até a utilização de alto índice técnico.

A manutenção preventiva abrange cronogramas nos quais são traçados planos e revisão periódicas completas para todos os tipos de materiais utilizados nas oficinas. Ela inclui, também, levantamentos que visam facilitar sua própria introdução em futuras ampliações do corpo da fábrica.

A aplicação do sistema de manutenção preventiva não
deve se restringir a setores, máquinas ou equipamentos. O
sistema deve abranger todos os setores da indústria para
garantir um perfeito entrosamento entre eles, de modo tal que,
ao se constatar uma anomalia, as providências independem
de qualquer outra regra que porventura venha a existir em uma
oficina. Essa liberdade, dentro da indústria, é fundamental para
o bom funcionamento do sistema preventivo.

O aparecimento de focos que ocasionam
descontinuidade no programa deve ser encarado de maneira
séria, organizando-se estudos que tomem por base os
relatórios preenchidos por técnicos da manutenção. Estes
deverão relatar, em linguagem simples e clara, todos os
detalhes do problema em questão.

A manutenção preventiva nunca deverá ser confundida
com o órgão de comando, apesar dela ditar algumas regras
de conduta a serem seguidas pelo pessoal da fábrica. À
manutenção preventiva cabe apenas o lugar de apoio ao
sistema fabril.

O segredo para o sucesso da manutenção preventiva
está na perfeita compreensão de seus conceitos por parte de
todo o pessoal da fábrica, desde os operários à presidência.

A manutenção preventiva, por ter um alcance extenso e
profundo, deve ser organizada. Se a organização da
manutenção preventiva carecer da devida solidez, ela
provocará desordens e confusões.

Por outro lado, a capacidade e o espírito de cooperação
dos técnicos são fatores importantes para a manutenção
preventiva.

A manutenção preventiva deve, também, ser
sistematizada para que o fluxo dos trabalhos se processe de
modo correto e rápido. Sob esse aspecto, é necessário
estabelecer qual deverá ser o sistema de informações
empregado e aos procedimentos adotados.

O desenvolvimento de um sistema de informações deve apresentar definições claras e objetivas e conter a delegação das responsabilidades de todos os elementos participantes. O fluxo das informações deverá fluir rapidamente entre todos os envolvidos na manutenção preventiva.

A manutenção preventiva exige, também, um plano para sua própria melhoria. Isto é conseguido por meio do planejamento, execução e verificação dos trabalhos que são indicadores para se buscar a melhoria dos métodos de manutenção, das técnicas de manutenção e da elevação dos níveis de controle. Esta é a dinâmica de uma instalação industrial.

Finalmente, para se efetivar a manutenção preventiva e alcançar os objetivos pretendidos com sua adoção, é necessário dispor de um período de tempo relativamente longo para contar com o concurso dos técnicos e dos dirigentes de alto gabarito. Isso vale a pena, pois a instalação do método de manutenção preventiva, pela maioria das grandes empresas industriais, é a prova concreta da pouca eficiência do método de manutenção corretiva.

Objetivos

Os principais objetivos das empresas são, normalmente, redução de custos, qualidade do produto, aumento de produção, preservação do meio ambiente, aumento da vida útil dos equipamentos e redução de acidentes de trabalho.

a) Redução de custos – Em sua grande maioria, as empresas buscam reduzir os custos incidentes nos produtos que fabricam. A manutenção preventiva pode colaborar atuando nas peças sobressalentes, nas paradas de emergência etc., aplicando o mínimo necessário, ou seja, sobressalente **X** compra direta; horas ociosas **X** horas planejadas; material novo **X** material recuperado.

b) Qualidade do produto – A concorrência no mercado nem sempre ganha com o menor custo. Muitas vezes ela ganha com um produto de melhor qualidade.

Para atingir a meta qualidade do produto, a manutenção preventiva deverá ser aplicada com maior rigor, ou seja : máquinas deficientes **X** máquinas eficientes; abastecimento deficiente **X** abastecimento otimizado.

c) Aumento de produção – O aumento de produção de uma empresa se resume em atender à demanda crescente do mercado. É preciso manter a fidelidade dos clientes já cadastrados e conquistar outros, mantendo os prazos de entrega dos produtos em dia. A manutenção preventiva colabora para o alcance dessa meta atuando no binômio produção atrasada **X** produção em dia.

d) Efeitos no meio ambiente – Em determinadas empresas, o ponto mais crítico é a poluição causada pelo processo industrial. Se a meta da empresa for diminuição ou eliminação da poluição, a manutenção preventiva, como primeiro passo, deverá estar voltada para os equipamentos antipoluição, ou seja, equipamentos sem acompanhamento **X** equipamentos revisados; poluição **X** ambiente normal.

e) Aumento da vida útil dos equipamentos – O aumento da vida útil dos equipamentos é um fator que, na maioria das vezes, não pode ser considerado de forma isolada. Esse fator, geralmente, é conseqüência de:

- redução de custos;
- qualidade do produto;
- aumento de produção;
- efeitos do meio ambiente.

A manutenção preventiva, atuando nesses itens, contribui para o aumento da vida útil dos equipamentos.

f) Redução de acidentes do trabalho – Não são raros os casos de empresas cujo maior problema é a grande quantidade de acidentes. Os acidentes no trabalho causam:

- aumento de custos;
- diminuição do fator qualidade;
- efeitos prejudiciais ao meio ambiente;
- diminuição de produção;
- diminuição da vida útil dos equipamentos.

A manutenção preventiva pode colaborar para a melhoria dos programas de segurança e prevenção de acidentes.

Desenvolvimento

Consideremos uma indústria ainda sem nenhuma manutenção preventiva, onde não haja controle de custos e nem registros ou dados históricos dos equipamentos.

Se essa indústria desejar adotar a manutenção preventiva, deverá percorrer as seguintes fases iniciais de desenvolvimento:

a) Decidir qual o tipo de equipamento que deverá marcar a instalação da manutenção preventiva com base no "feeling" da manutenção e de operação.

b) Efetuar o levantamento e posterior cadastramento de todos os equipamentos que serão escolhidos para iniciar a instalação da manutenção preventiva (plano piloto).

c) Redigir o histórico dos equipamentos, relacionando os custos de manutenção (mão-de-obra, materiais e, se possível, lucro cessante nas emergências), tempo de parada para os diversos tipos de manutenção, tempo de disponibilidade dos equipamentos para produzirem, causas das falhas etc.

d) Elaborar os manuais de procedimentos para manutenção preventiva, indicando as frequências de inspeção com máquinas operando, com máquinas paradas e as intervenções.

e) Enumerar os recursos humanos e materiais que serão necessários à instalação da manutenção preventiva.

f) Apresentar o plano para aprovação da gerência e da diretoria.

g) Treinar e preparar a equipe de manutenção.

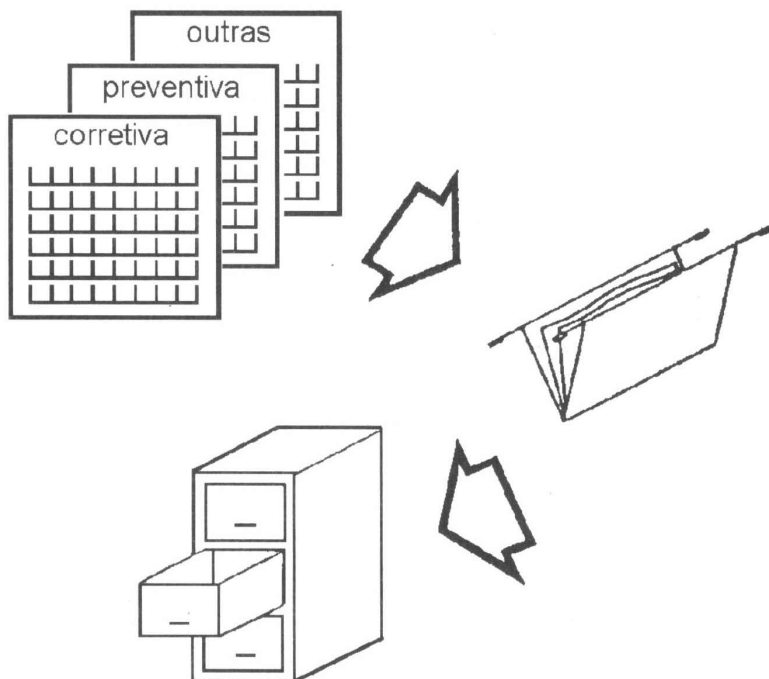
Execução de manutenção preventiva

a) **Ferramental e pessoal** – Se uma empresa contar com um modelo organizacional ótimo, com material sobressalente adequado e racionalizado, com bons recursos humanos, com bom ferramental e instrumental e não tiver quem saiba manuseá-los, essa empresa estará perdendo tempo no mercado. A escolha do ferramental e instrumental é importante, porém, mais importante é o treinamento da equipe que irá utiliza-los.

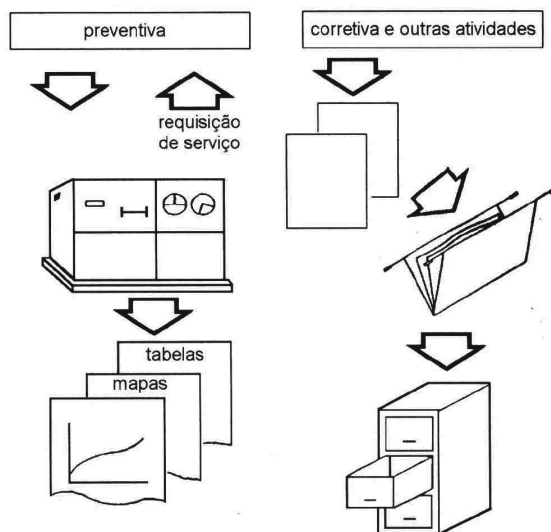
b) **Controle da manutenção** – Em manutenção preventiva é preciso manter o controle de todas as máquinas como auxílio de fichas individuais, É por meio das fichas individuais que se faz o registro da inspeção mecânica da máquina e, com base nessas informações, a programação de sua manutenção.

Quando à forma de operação do controle, há quatro sistemas: manual, semi-automatizado, automatizado e por microcomputador.

Controle manual – É o sistema no qual a manutenção preventiva e corretiva são controladas e analisadas por meio de formulários e mapas, preenchidos manualmente e guardados em pastas de arquivo . Esquemáticamente:



Controle semi-automatizado – É o sistema no qual a intervenção preventiva é controlada com o auxílio do computador, e a intervenção corretiva obedece ao controle manual. Esquematicamente:

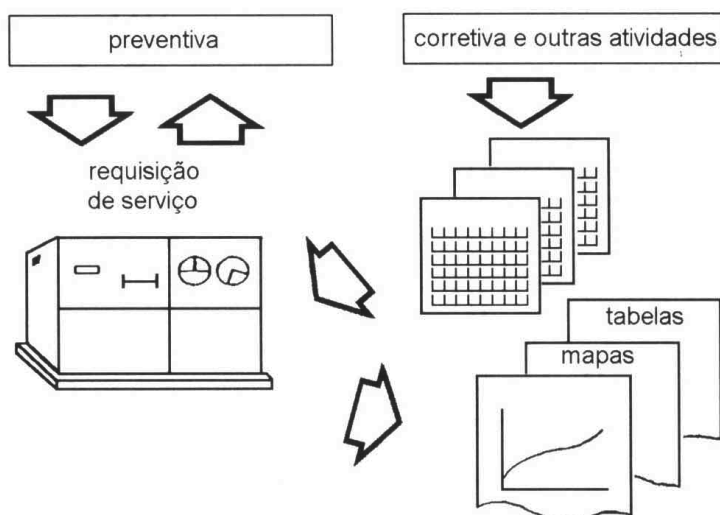


A fonte de dados desse sistema deve fornecer todas as informações necessárias para serem feitas as requisições de serviço, incluindo as rotinas de inspeção e execução. O principal relatório emitido pelo computador deve conter, no mínimo:

- o tempo previsto e gasto;
- os serviços realizados;
- os serviços reprogramados (adiados);
- os serviços cancelados.

Esses dados são fundamentais para a tomada de providências por parte da supervisão.

Controle automatizado – É o sistema em que todas as intervenções da manutenção têm seus dados armazenados, para que se tenha listagens, gráficos e tabelas para análise e tomada de decisões, conforme a necessidade e conveniência dos vários setores da manutenção. Esquematicamente.



Solucionando Problemas

1) A respeito de manutenção preventiva, pode-se afirmar que:

- a) É aquela feita por ocasião; obedece a um padrão previamente esquematizado, assegurando o defeito da máquina por um longo período.
- b) Ela obedece a um padrão previamente esquematizado; estabelece paradas periódicas para trocas de peças gastas, assegurando o funcionamento perfeito da máquina por um período predeterminado.
- c) Ela proporciona um leve ritmo de trabalho; desequilíbrio do bom andamento desse ritmo, com controle das peças de reposição e organização dos prazos para reposição dessas peças.
- d) Ela permite a mudança da peça com antecedência, evitando sobrecarga e permitindo paralisação de um trabalho, mesmo à custa de uma menor eficiência.
- e) É aquela baseada em informação precisas de instrumentos específicos, os quais indicam, por meio de parâmetros, as ocasiões das paradas para substituição de peças.

2) A aplicação da manutenção preventiva apresenta as seguintes vantagens:

- a) Substituição de peças novas; menor números de funcionários envolvidos; número maior de máquinas funcionando.
- b) Substituição de peças novas; maior números de funcionários envolvidos; menor número de máquinas funcionando.
- c) Equilíbrio no ritmo de trabalho; controle das peças de reposição; eliminação ou diminuição de improvisações e redução de acidentes do trabalho.
- d) Não evita a sobrecarga de determinadas peças; mudança de todas as peças que formam o conjunto e equilíbrio no ritmo de trabalho.
- e) Elimina totalmente a necessidade de manutenção corretiva.

Solucionando Problemas

3) São objetivos a serem alcançados pela instalação da manutenção preventiva:

a) Redução de custos; qualidade do produto; efeitos no meio ambiente e maior vida útil dos equipamentos.

b) () Diminuição de pessoal; diminuição de produção; maior vida útil dos equipamentos; efeitos no meio ambiente e maior durabilidade dos insumos.

c) () Redução de custos; qualidade do produto; diminuição de produção e menor vida útil dos equipamentos.

d) () Conscientização da gerência em manutenção corretiva, eliminação de improvisações e efeitos no meio ambiente.

e) () Diminuição de máquinas paradas em manutenção; aumento de pessoal especializado e eliminação de peças sobressalentes.

4) A manutenção preventiva deverá ser registrada e controlada. Com base nessa afirmação, indique qual documento deverá ser usado para fins de registro.

a) () Planilha de controle.

b) () Inventário individual.

c) () Catálogo individual.

d) () Cartão de registro.

e) () Ficha individual de registro.

Conceito de manutenção preditiva

Manutenção preditiva é aquela que indica as condições reais de funcionamento das máquinas com base em dados que informam o seu desgaste ou processo de degradação. Trata-se da manutenção 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.

Na Europa, a manutenção preditiva é conhecida pelo nome de manutenção condicional e nos Estados Unidos recebe o nome de preditiva ou previsional.

Objetivos da manutenção preditiva

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 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.

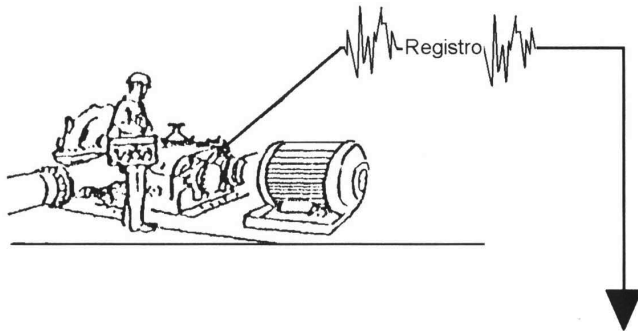
Por meio desses objetivos, pode-se deduzir que eles estão direcionados a uma finalidade maior e importante: redução de custos de manutenção e aumento da produtividade.

Execução da manutenção preditiva

Para ser executada, a manutenção preditiva exige a utilização de aparelhos adequados, capazes de registrar vários fenômenos, tais como:

- vibrações das máquinas;
- pressão;
- temperatura;
- desempenho;
- aceleração.

Com base no conhecimento e análise dos fenômenos, torna-se possível indicar, com antecedência, eventuais defeitos ou falhas nas máquinas e equipamentos.



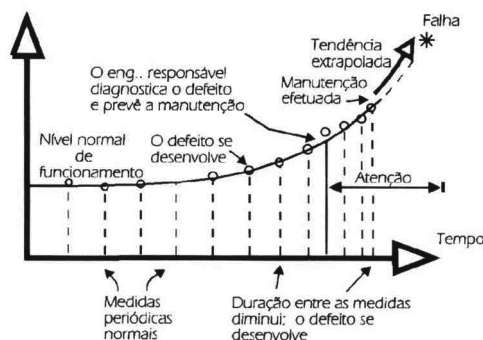
A manutenção preditiva, após a análise dos fenômenos, adota dois procedimentos para atacar os problemas detectados: estabelece um diagnóstico e efetua uma análise de tendências.

Diagnóstico

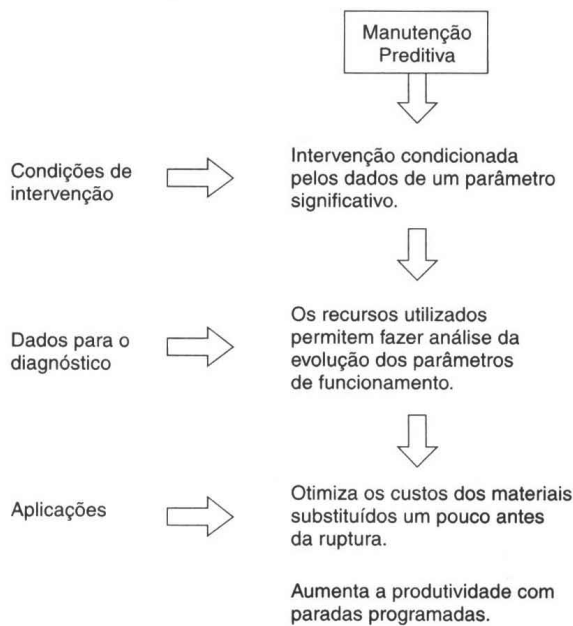
Detecta a irregularidade, o responsável terá o encargo de estabelecer, na medida do possível, um diagnóstico referente à origem e à gravidade do defeito constatado. Este diagnóstico deve ser feito antes de se programar o reparo.

Análise da tendência da falha

A análise consiste em prever com antecedência a avaria ou a quebra, por meio de aparelhos que exercem vigilância constante predizendo a necessidade do reparo. Graficamente temos:



O esquema a seguir resume o que foi discutido até o momento.



A manutenção preditiva, geralmente, adota 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.

Estudo das vibrações

Todas as máquinas em funcionamento produzem vibrações que, poucos, levam-nas a um processo de deteriorização é caracterizada 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 idéia de que as estruturas das máquinas excitadas 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.

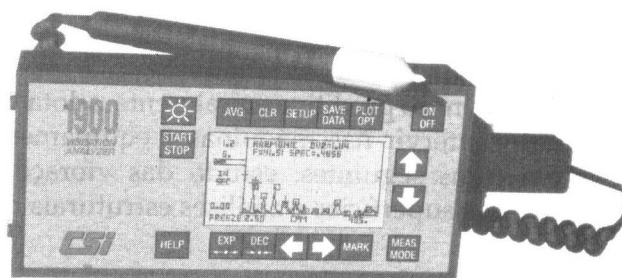
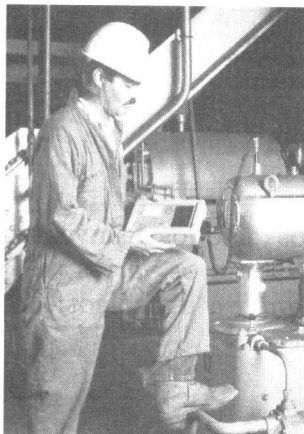
O registro das vibrações e sua análise permitem identificar a origem dos esforços presentes em uma máquina operando.

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;
- engrenagem defeituosas;
- acomplamentos desalinhados;
- rotores desbalanceados;
- vínculos desajustados;
- eixos deformados;
- lubrificação deficiente;
- folga excessiva em buchas;
- falta de rigidez;
- problemas aerodinâmicos;
- problemas hidráulicos;
- 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.

Abaixo, um operador usando um analisador de vibrações portátil e, em destaque, o aparelho.



Análise dos óleos

Os objetivos da análise dos óleos 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, peagômetros, espectrômetros, microscópios, etc. O laboratorista, usando técnicas adequadas, determina as propriedades dos óleos e o grau de contaminantes neles presentes.

As principais propriedades dos óleos que interessam em uma análise são:

- índice de viscosidade;
- índice de acidez;
- índice de alcalinidade;
- ponto de fulgor;
- ponto de congelamento.

Em termos de contaminação dos óleos, interessa saber quanto existe de:

- resíduos de carbono;
- partículas metálicas;
- água.

Assim como no estudo das vibrações, a análise dos óleos é muito importante na manutenção preditiva. É a análise que vai dizer se o óleo de uma máquina ou equipamento precisa ou não ser substituído e quando isso deverá ser feito.

Análise do estado das superfícies

A análise das superfícies das peças, sujeitas aos desgastes provocados pelo atrito, também é importante para se controlar o grau de deteriorização das máquinas e equipamentos.

A análise superficial abrange, além do simples exame visual – com ou sem lupa – várias técnicas analíticas, tais como:

- endoscopia;
- holografia;
- estroboscopia;
- molde e impressão.

Análise estrutural

A análise estrutural de peças que compõem as máquinas e equipamentos também é importante para a manutenção preditiva. 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;
- ultra-sonografia;
- radiografia (raios X);
- gamagrafia (raios gama)
- ecografia;
- magnetoscopia;
- correntes de Foucault;
- infiltração com líquidos penetrantes.

Periodicidade dos controles

A coleta de dados é 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;
- meios materiais colocados à disposição para a execução dos serviços.

A tabela a seguir mostra um exemplo de um programa básico de vigilância de acordo com a experiência e histórico de uma determinada máquina.

| PROGRAMA BÁSICO DE VIGILÂNCIA | | | |
|----------------------------------|--|---|------------------------------|
| MÉTODOS UTILIZADOS | EQUIPAMENTOS VIGIADOS | EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS | PERIODICIDADE DA VERIFICAÇÃO |
| Medição de vibração | Todas as máquinas giratórias de potência média ou máxima e/ou equipamentos críticos: <ul style="list-style-type: none">• motores;• redutores;• compressores;• bombas;• ventiladores. | Medidor de vibração Analisador Sistema de vigilância permanente | 3.000 a 1.500 horas |
| Medição das falhas de rolamentos | Todos os rolamentos | Medidor especial ou analisador | 500 horas |
| Análise estroboscópica | Todos os lugares onde se quiser estudar um movimento, controlar a velocidade ou medir os planos | Estroboscópio do analisador de vibrações | Segundo a necessidade |
| Análise dos óleos | <ul style="list-style-type: none">• Redutores e circuitos hidráulicos• Motores | Feita pelo fabricante | 6 meses |
| Termografia | <ul style="list-style-type: none">• Equipamentos de alta-tensão• Distribuição de baixa-tensão• Componentes eletrônicos• Equipamentos com componentes refratários | Subcontratação ("terceirização") | 12 meses |
| Exame endoscópico | <ul style="list-style-type: none">• Cilindros de compressores• Aletas• Engrenagens danificadas | Endoscopia + fotos | Todos os meses |

As vantagens da manutenção preditiva são:

- aumento da vida útil do equipamento;
- controle dos materiais(peças, componentes, partes etc.) e melhor gerenciamento;
- diminuição dos custos nos reparos;
- melhoria da produtividade da empresa;
- diminuição dos estoques de produção;
- limitação da quantidade de peças de reposição;
- melhoria da segurança;
- credibilidade do serviço oferecido;
- motivação do pessoal de manutenção;
- boa imagem do serviço após a venda, assegurando o renome do fornecedor.

Limites técnicos da manutenção preditiva

A eficácia da manutenção preditiva está subordinada à eficácia e à confiabilidade dos parâmetros de medida que a caracterizam.

Solucionando Problemas

Marque com X a alternativa correta.

1) O tipo de manutenção que avalia a tendência evolutiva de um defeito é denominado manutenção:

- a) corretiva;
- b) condicional;
- c) preditiva;
- d) preventiva;
- e) ocasional.

2) Entre as ferramentas utilizadas na manutenção preditiva, as mais comuns são:

- a) o estudo das vibrações e análise dos óleos;
- b) exame visual e ultra-som;
- c) ecografia e estroboscopia;
- d) análise dos óleos e raio X;
- e) ecografia e estudo das vibrações.

3) Análise das vibrações se baseia no seguinte aspecto:

- a) ruído que a máquina apresenta;
- b) sinais vibratórios das máquinas em serviço;
- c) rotação do eixo-árvore da máquina;
- d) óleo muito viscoso;
- e) rotação muito alta.

4) A análise dos óleos tem o objetivo de;

- a) descobrir a causa do defeito;
- b) eliminar o defeito das máquinas;
- c) economizar o lubrificante e sanar o defeito;
- d) descobrir a viscosidade do lubrificante;
- e) diminuir as partículas metálicas no óleo.

Importância

A soldagem de manutenção é um meio ainda muito utilizado para prolongar a vida útil das peças de máquinas e equipamentos. Ela promove economia para as indústrias, pois reduz as paradas de máquinas e diminui a necessidade de se manter grandes estoques de reposição.

No caso do Brasil, por ser um país em desenvolvimento industrial, é comum a presença de empresas que possuem – em suas áreas produtivas – equipamentos e máquinas de diversas origens e fabricantes, com anos de fabricação diferentes. A situação se agrava quando alguns equipamentos e máquinas são retirados de linha ou deixam de ser fabricados.

Diante dessa realidade, é praticamente impossível manter em estoque peças de reposição para todos os equipamentos e máquinas. Além disso, no caso de grandes componentes, as empresas normalmente não fazem estoques de sobressalentes, e quando um grande componente se danifica, os problemas se agravam. Fabricar um grande componente ou importá-lo demanda tempo, e equipamento ou máquina parada por um longo tempo significa prejuízo.

Situações problemáticas como essas são resolvidas pela soldagem de manutenção, que tem como objetivo principal agir com rapidez e eficiência para que equipamentos e máquinas danificadas voltem a funcionar para garantir a produção.

Diferença entre soldagem de manutenção e soldagem de produção.

A soldagem de produção é realizada dentro de condições favoráveis, isto é, as especificações são determinadas, os equipamentos apropriados encontram-se disponíveis, a composição química do metal de base é conhecida, bem como os parâmetros em que se deve trabalhar.

É na soldagem de produção que são preparados corpos-de-prova soldados com parâmetros adequados. A seguir esses corpos-de-prova são submetidos a testes destrutivos para confirmar as características mecânicas das juntas soldadas.

Ao contrário da soldagem de produção, na soldagem de manutenção existem restrições e limitações que são agravadas pela rapidez com que deve ser efetuada a recuperação do componente.

Etapas

As etapas percorridas na soldagem de manutenção são:

Análise da falha.

a) Analisar o local da falha.

b) Determinar a causa da falha:

- fratura;
- desgaste;
- corrosão.

c) Determinação do funcionamento:

- solicitações (rpm);
- meios envolvidos;
- temperatura de trabalho.

d) Reconhecimento dos materiais envolvidos:

- análise química;
- dureza.

e) Determinação do estado do material:

- encruado;
- recozido;
- temperado e revenido;
- cementado.

Planejamento da execução

Após a escolha do método / processo de soldagem e do metal de adição, é necessário verificar se estão envolvidos na recuperação os seguintes fatores:

- pré-usinagem;
- deformação;
- seqüência de soldagem;
- pré e pós-aquecimento;
- tratamento térmico pós-soldagem;
- desempenho;
- pós-usinagem.

Com esses cuidados, o que se deseja é eliminar as causas e não só os efeitos.

Procedimentos

De um modo geral os procedimentos para a execução de uma soldagem de manutenção devem conter, no mínimo, os seguintes passos:

a) Fratura / Trinca

- Localizar a fratura / trinca definindo seu início e fim. Para isso deve-se utilizar o ensaio com líquido penetrante.

- Identificar o material preferencialmente por meio de uma análise química e determinar sua dureza.

- Preparar adequadamente a região a ser soldada de modo que se permita o acesso do eletrodo, tocha ou maçarico, dependendo do processo de soldagem selecionado.

- Limpar a região a ser soldada para retirar o óleo, graxa ou impurezas que possam prejudicar a soldagem da peça / componente a ser recuperado.

- Executar ensaio com líquido penetrante para assegurar que toda a fratura / trinca tenha sido eliminada.

- Especificar o processo de soldagem e o metal de adição, de modo que a peça / componente recuperado mantenha suas características mecânicas, para que seja capaz de suportar as máximas solicitações durante o desempenho do trabalho, considerando ainda os meios envolvidos e a temperatura de trabalho.

- Especificar os parâmetros de soldagem, incluindo, quando necessário, a temperatura de pré e pós-aquecimento e o tratamento térmico pós-soldagem.

- Especificar uma adequada seqüência de soldagem para se obter o mínimo de tensões internas e deformações da peça / componente que está sendo recuperada.

- Especificar o tipo de ensaio a ser realizado para verificar a qualidade da solda realizada.

- Prever, quando necessário, um sobremetal durante a soldagem para que seja possível obter o acabamento final da peça / componente por meio de esmerilhamento ou usinagem, quando for o caso.

b) Desgaste / Corrosão

- Localizar a região desgastada ou corroída, definindo os limites da região a ser recuperada.

- Identificar adequadamente a superfície a ser revestida através da superfície desgastada ou corroída por meio de esmerilhamento ou usinagem.

- Limpar a região a ser soldada para retirar o óleo, graxa ou impurezas que possam, de algum modo, prejudicar a soldagem da peça / componente a ser recuperada.

- Executar ensaio com líquido penetrante para verificar se na região desgastada não existem descontinuidades que possam comprometer a soldagem.

- Especificar o processo de soldagem e o metal de adição para que a peça / componente, após recuperação, seja capaz de suportar as solicitações máximas exigidas durante o trabalho. No caso de corrosão, o metal de adição deverá ser adequado para resistir ao meio agressivo.

- Especificar os parâmetros de soldagem, incluindo, quando necessário, a temperatura de pré e pós-aquecimento e o tratamento de alívio de tensões pós-soldagem.

- Especificar uma adequada sequência de soldagem de modo que haja um mínimo de tensões internas e deformações da peça / componente que está sendo recuperada.

- Especificar o tipo de ensaio a ser realizado para verificar a qualidade da solda aplicada.

- Prever, quando necessário, um sobremetal durante a soldagem para que seja possível obter o acabamento final da peça / componente recuperada por meio de esmerilhamento ou usinagem, quando for o caso.

Tipos e causas prováveis das falhas

Falhas por fratura – As falhas por fratura normalmente resultam de uma trinca que se propaga. A trinca surge por dois motivos: altas solicitações e fadiga do material.

Quando a peça / componente sofre solicitações acima das suportáveis, a trinca aparece em determinadas regiões. A fadiga aparece por causa das tensões cíclicas que terminam

por exceder as toleradas pelo material que constitui a peça /
componentes. Nesse caso, as trincas se iniciam – mesmo
com tensões abaixo das tensões limites – e se propagam.
Com a propagação da trinca, as seções restantes e ainda
resistentes rompem-se pelo simples fato das tensões
existentes serem maiores que as suportadas pelo material.

Falhas por desgaste – Há uma grande variedade de
fatores que podem provocar o desgaste de peças /
componentes de uma máquina ou equipamento.

Nesse caso, para recuperação adequada com finalidade
de assegurar a eficiência e segurança, os metais de solda, a
serem depositados, devem ser selecionados cuidadosamente.

Para melhor compreensão dos tipos de desgastes,
podemos dividi-los em classes distintas com características
bem definidas. Vejamos:

a) Desgastes mecânicos

• Abrasão

A abrasão é um desgaste que ocorre entre superfícies
que deslizam ou giram em contato entre si em movimento
relativo. A abrasão provoca o desprendimento de partículas
das superfícies e elas adquirem irregularidades microscópicas,
mesmo que aparentemente polidas. Por exemplo: sempre há
abrasão quando um eixo gira em contato com um mancal.

As irregularidades microscópicas das superfícies
comportam-se como picos e vales que tendem a se encaixar.
Quando as superfícies são solicitadas a entrar em movimento
relativo entre si, a força de atrito gera calor e este gera
microfusões entre os picos que estão em contato. As áreas
microfundidas movimentam-se e as superfícies se desgastam.

A recuperação de superfícies desgastadas por abrasão
é feita depositando-se, por solda, um material mais duro e
mais resistente ao desgaste. Aconselha-se não aplicar mais
de duas ou três camadas de solda, para evitar a fissuração e
desagregação do próprio metal de solda que apresenta baixa
ductilidade.

Se a soldagem exigir camadas mais espessas, o revestimento deverá ser feito com um metal tenaz e pouco duro que se comportará como amortecedor.

Impacto

Materiais sujeitos a impactos sofrem deformações localizadas e mesmo fraturas. Por impacto e em condições de alta pressão, partículas metálicas dos materiais são arrancadas e como consequência, o desgaste aparece.

Se um dado componente ou peça – a ser recuperado por solda – trabalha somente sob condições de impacto simples, o material a ser depositado deve ser tenaz para poder absorver a deformação sem se romper.

Normalmente, áreas de peças ou componentes que recebem impactos também sofrem abrasões. É o que ocorre, por exemplo, em moinhos e britadores que necessitam de superfícies duras e resistentes ao desgaste.

b) Erosão

É a destruição de materiais por fatores mecânicos que podem atuar por meio de partículas sólidas que acompanham o fluxo de gases, vapores ou líquidos, ou podem atuar por meio de partículas líquidas que acompanham o fluxo de gases ou vapores.

Geralmente, para suportar o desgaste por erosão, o material de solda deve ter dureza, microestrutura e condições de superfície adequada.

c) Cavitação

O fenômeno da cavitação é causado por fluidos acelerados que se movimentam em contato com superfícies sujeitas a rotações, tais como hélices, rotores, turbinas etc.

Os fluidos acelerados formam depressões que, ao se desfazerem, provocam golpes, como se fossem aríetes, nas superfícies das peças sujeitas ao movimento rotacional.

Esses golpes produzem cavidades superficiais que vão desgastando as peças.

A correção de superfícies cavitadas é feita por meio de revestimentos com ligas contendo 13% de cromo (Cr).

Corrosão – O desgaste de materiais metálicos também pode ser provocado pela corrosão que é favorecida por vários fatores: umidade, acidez, alcalinidade, temperatura, afinidade química entre metais etc.

Normalmente a maioria dos metais e ligas metálicas, em contato com o oxigênio do ar, adquire uma camada protetora de óxido que a protege. Se essa camada de óxido perder a impermeabilidade, a oxidação prossegue caracterizando a corrosão. A corrosão é sanada por meio de revestimento com materiais de solda adequados, de forma tal que venham a resistir ao meio agressivo com os quais estarão em contato.

Influência dos elementos de liga

Os eletrodos e varetas utilizados como material de adição nos processos de soldagem apresentam vários elementos de liga que lhes conferem características particulares.

Os principais elementos de liga, com suas principais propriedades, são:

| ELEMENTOS DE LIGA | PROPRIEDADES |
|-------------------|---|
| Carbono (C) | Aumenta a resistência e o endurecimento; reduz o alongamento, a forjabilidade, a soldabilidade e a usinabilidade; forma carbonetos com cromo (Cr), molibdênio (Mo) e vanádio (V). |
| Cobalto (Co) | Aumenta a resistência à tração; aumenta a dureza (têmpera total); resiste ao revenimento, ao calor e à corrosão. |
| Cromo (Cr) | Aumenta a resistência à tração, ao calor, à escamação, à oxidação e ao desgaste por abrasão. É um forte formador de carbonetos. |
| Manganês (Mn) | Aços austeníticos contendo manganês e 12% a 14% de cromo são altamente resistentes à abrasão. |
| Molibdênio (Mo) | Aumenta a resistência ao calor e forma, também, carbonetos. |
| Níquel (Ni) | Aumenta o limite de escoamento; aumenta a tenacidade; resiste aos meios redutores. |
| Tungstênio (W) | Aumenta a resistência à tração; aumenta a dureza; resiste ao calor; mantém cortante os gumes das ferramentas e peças e forma carbonetos. |
| Vanádio (V) | Aumenta a resistência ao calor; mantém os gumes cortantes e também forma carbonetos. |

Solucionando Problemas

1) Responda.

a) Qual o objetivo da solda de manutenção?

.....
.....
.....

b) Em termos comparativos, qual a diferença entre solda de produção e solda de manutenção?

.....
.....
.....

c) O que deve ser verificado, ao analisar uma falha, em um elemento mecânico que será recuperado por solda?

.....
.....

d) Realizando a análise, pode-se determinar três tipos de causas de danos. Quais são?

.....
.....
.....

e) Quais as causas mecânicas que podem dar início à propagação de uma trinca?

.....
.....
.....

A recuperação de falhas por soldagem inclui o conhecimento dos materiais a serem recuperados e o conhecimento dos materiais e equipamentos de soldagem, bem como o domínio das técnicas de soldagem.

Elemento mecânico de ferro fundido com trinca

Localização da fratura / trinca

A localização da fratura / trinca deve ser feita de modo preciso para identificar claramente onde ela começa e onde termina.

Essa identificação pode ser realizada pelo método de ensaio por líquido penetrante. Primeiramente pulveriza-se um líquido de limpeza na peça. Depois, aplica-se o líquido penetrante na região da trinca e aguarda-se alguns minutos para que o líquido penetre no material. A seguir, limpa-se a região da trinca e pulveriza-se um líquido revelador que tornará a trinca e seus limites bem visíveis.

Furação das extremidades da trinca

As tensões atuantes nas extremidades pontiagudas da trinca devem ser aliviadas. O alívio dessas tensões é obtido por meio de furos feitos com uma broca de diâmetro entre 7 mm e 10 mm. Esses furos impedem que a trinca se propague.

Esquemáticamente:



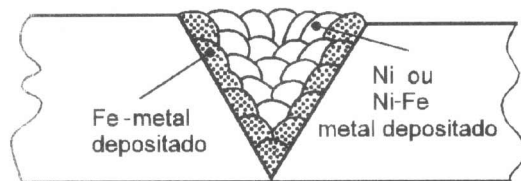
Goivagem ou chanfragem do local da soldagem

Inicialmente deve-se pensar na realização da goivagem - com eletrodo de corte – com formato arredondado para favorecer a distribuição das tensões.

Além disso, a preparação com eletrodo de corte proporciona uma solda sem poros, isenta de escórias, areia, óleo ou gordura. Essas impurezas sofrem combustão durante a goivagem e se gaseificam.

No caso da preparação por esmerilhamento, deve-se ser tomadas precauções, principalmente se o disco contiver aglomerantes plásticos. De fato, resíduos de material plásticos aderem ao ferro fundido na área de soldagem. A queima desses resíduos, por meio do arco elétrico do aparelho de soldagem, provoca o surgimento de poros na solda. Portanto, se a preparação exigir esmerilhamento, deve-se escoar e limpar a superfície esmerilhada com bastante cuidado.

Quando a ligação da solda no ferro fundido apresentar dificuldades de estabilização em coesão e aderência, recomenda-se o uso da técnica de revestimento do chanfro (amanteigamento), conforme mostra a figura a seguir:

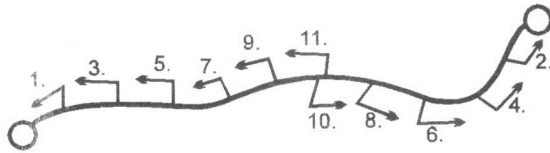


Para o ferro fundido há duas possibilidades de revestimento de chanfro (amanteigamento):

a) Com eletrodos especiais à base de ferro – Nesse caso a camada de solda absorve o carbono do ferro fundido e endurece. Por essa razão, a própria junta não deve ser soldada com eletrodos especiais à base de ferro. Para completar a solda do reparo, utiliza-se um metal de adição à base de níquel ou de níquel-ferro.

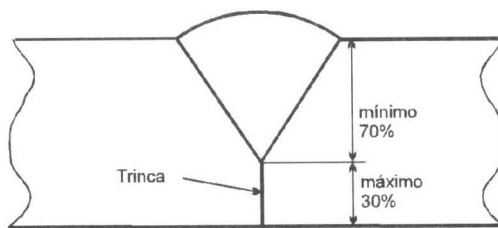
b) Revestimento do chanfro com metal de adição à base de bronze-alumínio- Esse metal de adição adere muito bem ao ferro fundido e apresenta uma ótima afinidade com o metal de adição à base de níquel, que é utilizado posteriormente como complemento do reparo.

Conforme esquematização abaixo, soldamos alternadamente e por etapas com cordões retos e curtos com comprimento máximo de 30 mm. A máquina de soldagem deve operar com baixa amperagem. O eletrodo deve ser de pequeno diâmetro e a velocidade de soldagem tem de ser alta para evitar o excesso de calor localizado.



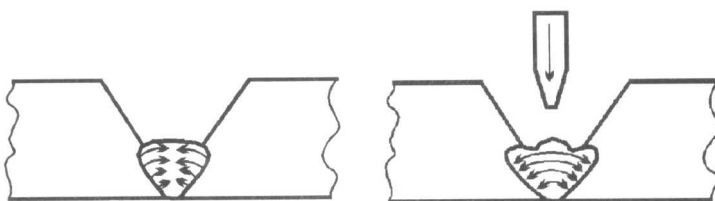
A solda alternada com cordões curtos tem a finalidade de manter um baixo aporte de calor na peça e diminuir ao máximo as tensões de soldagem e conseqüentemente a deformação.

Quando a finalidade da solda no ferro fundido é manter apenas a estanqueidade, não há necessidade de abranger toda a seção, mas sim uma espessura de solda de no mínimo 70% da espessura que será reparada. Esquematicamente:



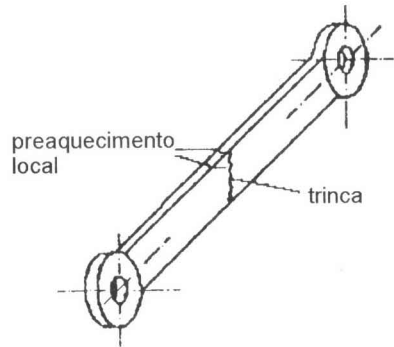
Martelamento da solda

As tensões de contração do cordão de solda são aliviadas por meio de martelamento. Nesse caso, o cordão sofre um escoamento fazendo com que a peça não apresente deformações indesejáveis. As figuras exemplificam o que foi dito.



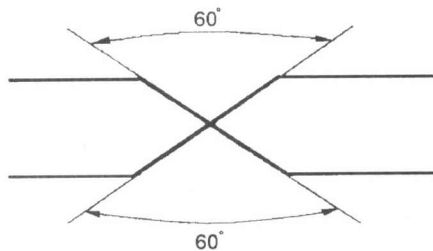
Soldagem a frio de uma alavanca de ferro fundido quebrada sem restrição de contração.

A figura a seguir mostra uma alavanca com uma trinca. A alavanca pode ser recuperada, por soldagem, por meio da seguinte seqüência de operações:



Preparação do local da soldagem

A casca de fundição, se existente, deve ser removida do local da trinca mecanicamente. Se a espessura da peça for menor que 10 mm, recomenda-se fazer um chanfro em "V". Caso a espessura de parede seja maior que 10 mm, aconselha-se fazer um chanfro em "X". No exemplo da trinca da alavanca em questão, usaremos um chanfro em "X" com ângulo máximo de 60°, conforme mostra o esquema:



Preaquecimento

Um preaquecimento de aproximadamente 200°C é recomendado com a finalidade de diminuir as tensões residuais que surgirão, por ocasião da soldagem, na região da trinca.

Soldagem

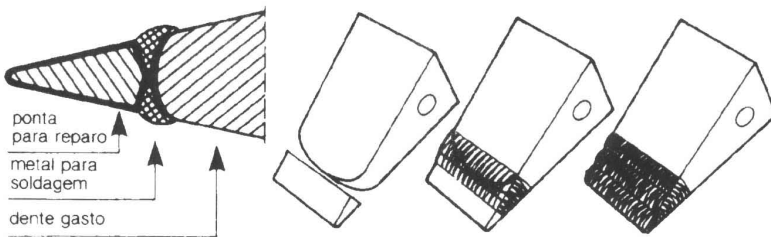
Recomenda-se soldar com baixa intensidade de calor, utilizando um eletrodo de níquel ou eletrodo de níquel-ferro.

O chanfro deve ser preenchido com cordões curtos e com repetidas viradas para a soldagem no lado oposto. Um martelamento ocasional no cordão de solda, ainda quente, também é recomendável para diminuir as tensões.

Se surgirem dificuldades de ligação da solda no ferro fundido, deve ser realizado o revestimento dos chanfros (amanteigamento).

Reconstrução de ponta de dentes de escavadeira

Os dentes de escavadeiras são componentes que trabalham em condições normalmente severas que envolvem impacto e abrasão. O desgaste e a recuperação dos dentes podem ser visualizados abaixo.



Para reconstruir a ponta dos dentes de uma escavadeira, deve-se proceder do seguinte modo:

- a) Preparar as superfícies a serem soldadas eliminando todos os resíduos que possam prejudicar a soldagem.
- b) Pontas sobressalentes devem ser soldadas nas pontas já desgastadas com eletrodos que garantam a máxima tenacidade. Um eletrodo recomendado é o tipo **AWS E307 – 15**
- c) manter a temperatura das pontas abaixo de 200°C durante a soldagem, para evitar a perda de dureza.
- d) Após a soldagem dos dentes, aplicar líquido penetrante para se certificar de que não apareceu nenhuma trinca superficial.
- e) Para dentes que trabalham primariamente em solos com granulação fina, o revestimento dos dentes deve ser efetuado com metal duro, isto é, com eletrodo do tipo **AWS E 10- 60z**. Esse eletrodo proporciona um metal de solda muito duro, rico em carboneto de cromo, resistentes à abrasão.

Trincas superficiais poderão surgir, mas sem influência na resistência ao desgaste. Para dentes que trabalham com materiais rochosos, o eletrodo a ser utilizado é o tipo **AWS E 6 – 55 r**, que proporciona um metal de solda, ligado ao cromo, bastante tenaz e resistente ao desgaste e com dureza compreendida entre 60 e 65 HRC.

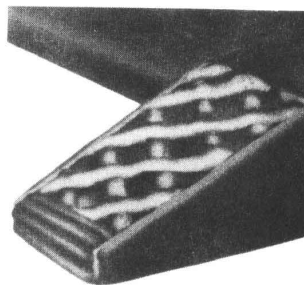
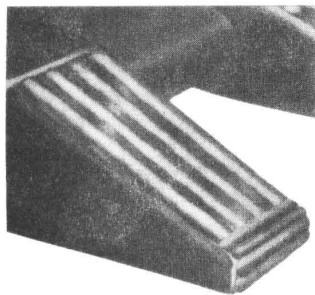
Observações:

Os eletrodos especificados como AWS E 307 – 15, AWS E 10 – 60z e AWS E 6 – 55r representam eletrodos classificados pela norma da American Welding Society (Associação Americana de Soldagem).

Os valores entre 60 e 65 HRC significam que a dureza do material varia de 60 a 65 na escala de dureza Rockwell C.

Com a finalidade de manter os dentes afiados, recomenda-se revestir somente a face superior ou o fundo do dente e nunca ambos os lados.

O modelo de revestimento é escolhido de acordo com as figuras a seguir, dependendo das condições de trabalho.



Solucionando Problemas

Marque com um X a alternativa correta.

1) A seqüência do trabalho de localização de uma trinca é:

- a) limpeza, aplicação do líquido penetrante e revelação;
- b) revelação, limpeza e aplicação do líquido penetrante;
- c) aplicação do líquido penetrante, revelação e limpeza;
- d) revelação, aplicação do líquido penetrante e limpeza;
- e) limpeza, revelação e aplicação do líquido penetrante.

2) A finalidade da confecção de furos nas extremidades das trincas é:

- a) evitar a sobrecarga;
- b) evitar o superaquecimento;
- c) elaborar uma boa soldagem;
- d) aliviar as tensões nas extremidades das trincas;
- e) melhorar o acabamento.

3) A finalidade do preaquecimento na soldagem de peças de ferro fundido é:

- a) facilitar a soldagem;
- b) não criar porosidade;
- c) reduzir as tensões no local da solda;
- d) evitar nova quebra;
- e) evitar o preaquecimento.

4) A importância do martelamento na soldagem de manutenção das peças de ferro fundido é:

- a) melhorar o acabamento;
- b) facilitar a soldagem;
- c) criar tensões trativas;
- d) transformar tensões compressivas em trativas;
- e) aliviar as tensões de contração do cordão de solda.

NOÇÕES DE MANUTENÇÃO DE HIDRÁULICA INDUSTRIAL

Conceito de pressão

A Física nos ensina que pressão é força distribuída por unidade de área, ou seja:

$$P = \frac{F}{A}$$

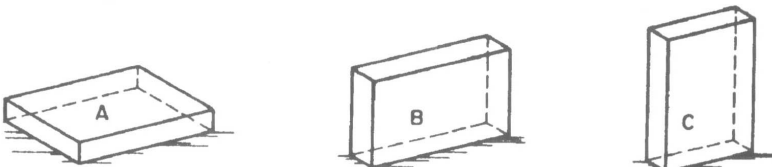
No Sistema Internacional de Unidades (SI), a unidade de força é o newton (N) e a unidade de área é o metro quadrado (m^2). Então, no SI a unidade de pressão é o N / m^2 , que recebe o nome de pascal (Pa).

Porém, na literatura e industrial, ainda são utilizadas outras unidades de pressão, tais como: atmosfera (atm), torrícelli (torr), quilograma-força por centímetro quadrado (kgf / cm^2), milímetro de mercúrio (mm Hg), bar, libra-força por polegada quadrada ($\text{lbf} / \text{pol}^2$) também chamada de psi (pound per square inch) etc.

A fórmula de pressão nos informa que a pressão é inversamente proporcional à área, isto é, quanto menor a área de atuação da força, maior será a pressão.

Por exemplo, considere um paralelepípedo de alumínio de peso 24N (o peso também é uma força) com as seguintes medidas: face A= $0,24\text{m}^2$; face B = $0,12\text{m}^2$ e face C = $0,08\text{m}^2$.

Se o paralelepípedo estiver apoiado pela face A, ele exercerá uma pressão de 100 Pa; se estiver apoiado pela face B, a pressão será de 200 Pa, e se ele estiver apoiado pela face C, o valor da pressão será de 300 Pa. Faça as contas e confira.



A pressão hidráulica, na faixa industrial, situa-se ao redor dos 140 bar, que equivale a aproximadamente 138 atm ou 14000000Pa ou 14000Kpa, variando de projeto para projeto.

Conceito de vazão

Vazão(Q) é o volume (V) de um fluido que passa na seção transversal de uma tubulação num certo intervalo de tempo (t). Matematicamente:

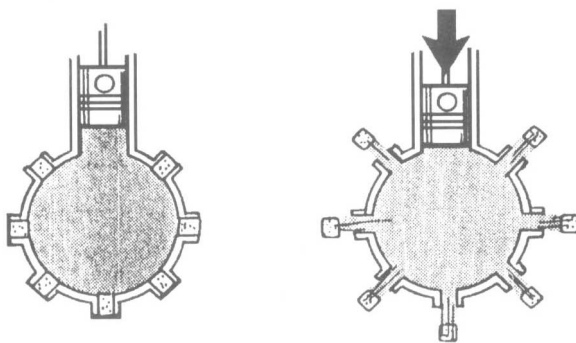
$$Q = \frac{V}{t}$$

No Sistema Internacional de Unidades (SI), a vazão é expressa em m³ / s. Outras unidades de vazão são: L / min; L / s; cm³ / s.

Princípio de Pascal

O princípio de Pascal é um dos princípios mais importantes para a hidráulica. Esse princípio é definido assim:

Se uma massa líquida confinada receber um acréscimo de pressão, essa pressão se transmitirá integralmente para todos os pontos do líquido, em todas as direções e sentidos.



Todos os mecanismos hidráulicos são, em última análise, aplicações do princípio de Pascal.

Por exemplo, a prensa hidráulica, o macaco hidráulico e o freio hidráulico, além de outros mecanismos, baseiam-se no princípio de Pascal.

Os sistemas hidráulicos, quando em funcionamento, transmitem forças intensas. Tais mecanismos são utilizados em locais onde outros mecanismos, movidos com outras formas de energia, não seriam viáveis.

Por exemplo, uma pá hidráulica de um trator não poderia funcionar adequadamente se somente o motor diesel viesse a ser utilizado para elevar as cargas. Nesse caso, parte da energia proveniente da queima do óleo diesel do motor é transferida e transformada em energia hidráulica na unidade hidráulica, e desta é transferida para o atuador que movimenta a pá.



Em resumo, uma parcela da energia calorífica proveniente da queima do óleo diesel do motor se transforma em energia hidráulica. Outras parcelas da energia calorífica transformam-se em energia mecânica e energia sonora, enquanto uma última parcela se dissipa pelo ambiente na forma de radiação térmica.

Lembremos que energia não se cria e nem se destrói. A energia se transfere de um sistema para outro, podendo ou não transformar-se de uma modalidade para outra. Exemplo: numa alavanca em uso ocorre apenas transferência de energia de um ponto para outro; já numa bateria ocorre transformação de energia química em elétrica.

Divisão da hidráulica

Para fins didáticos, a hidráulica divide-se em dois ramos: a hidráulica industrial e a hidráulica móbil. A hidráulica industrial cuida de máquinas e sistemas hidráulicos utilizados nas indústrias, tais como máquinas injetoras, prensas, retificadoras, fresadoras, tornos etc. A hidráulica móbil cuida de mecanismos hidráulicos existentes nos sistemas de transportes e cargas caminhões, automóveis, locomotivas, navios, aviões, motoniveladoras, basculantes etc.

Circuito de trabalho industrial hidráulico

Um circuito hidráulico básico compõe-se de reservatório, bomba, válvula de alívio, válvula de controle de vazão, válvula direcional e um atuador que poderá ser linear ou rotativo.

A válvula que protege o sistema de sobrecarga é a válvula de alívio, também conhecida pelo nome de válvula de segurança.

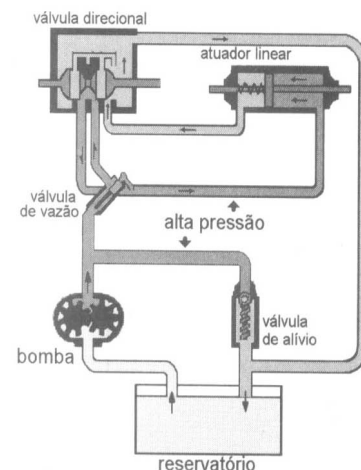
O circuito funciona do seguinte modo:

- o óleo é succionado pela bomba e levado ao sistema;
- entrando no sistema, o óleo sofre uma redução de vazão;
- o excesso de óleo volta para o reservatório passando pela válvula de alívio;
- estando com a vazão reduzida, o óleo segue para o atuador que vai trabalhar com uma velocidade menor e adequada ao trabalho.
- a válvula direcional, por sua vez, comanda o avanço e o retorno do atuador, e todo o sistema está protegido de sobrecargas.

Manutenção de circuitos hidráulicos

A manutenção de circuitos hidráulicos exige os seguintes passos:

- analisar previamente o funcionamento do circuito;
- analisar as regulagens das válvulas;
- verificar se a tubulação não apresenta pontos de vazamentos;
- verificar a limpeza do óleo existente no reservatório.



Bombas

As bombas são utilizadas, nos circuitos hidráulicos, para converter energia mecânica em energia hidráulica.

Nos sistemas hidráulicos industriais e móbil, as bombas são de deslocamento positivo, isto é, fornecem determinada quantidade de fluido a cada rotação ou ciclo.

As bombas de deslocamento positivo podem ser lineares ou rotativas. As bombas lineares podem ser de pistões radiais e de pistões axiais, ao passo que as bombas rotativas podem ser de engrenagens ou de palhetas.

Bombas lineares de pistões radiais

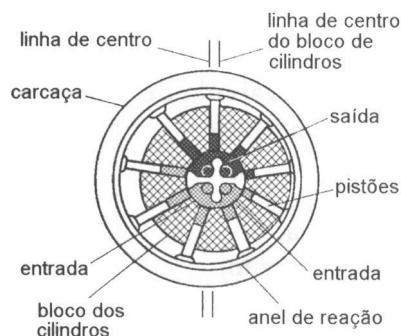
Nesse tipo de bomba, o conjunto gira em um pivô estacionário por dentro de um anel ou rotor.

Conforme vai girando, a força tangencial faz com que os pistões sigam o contorno do anel, que é excêntrico em relação ao bloco de cilindros.

Quando os pistões começam o movimento alternando dentro de seus furos, os pórticos, localizados no pivô, permitem que os pistões admitam o fluido do pórtico de entrada – e estes se movem para fora – descarregando no pórtico de saída quando os pistões são forçados pelo contorno do anel, em direção ao pivô.

O deslocamento de fluido depende do tamanho e do número de pistões no conjunto, bem como do curso desses pistões. Existem modelos em que o deslocamento de fluido pode variar, modificando-se o anel para aumentar ou diminuir o curso dos pistões. Existem, ainda, controles externos para esse fim.

A figura ao lado mostra o esquema de uma bomba com pistões radiais.

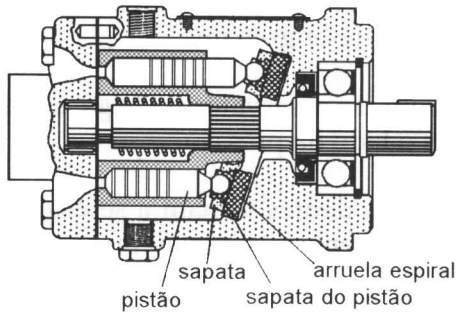


Bombas lineares de pistões axiais e sua manutenção

Uma bomba muito utilizada dentro dessa categoria é aquela em que o conjunto de cilindros e o eixo na mesma linha, e os pistões se movimentam em paralelo ao eixo de acionamento.

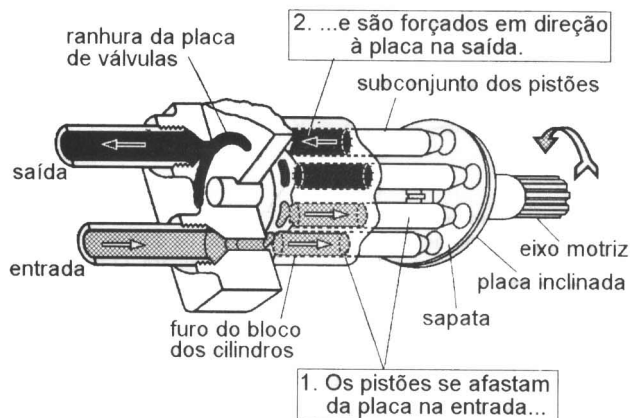
Os pistões são ajustados nos furos e conectados, através de sapatas, a um anel inclinado.

Um pino transmite a força da mola à arruela espiral que mantém a placa da sapata fixa.



Quando o conjunto gira, as sapatas seguem a inclinação do anel, causando um movimento recíproco dos pistões nos seus furos.

Os pórticos estão localizados de maneira que a linha de entrada se situe onde os pistões começam a recuperar, e a abertura de saída onde os pistões começam a ser forçados para dentro dos furos do conjunto.



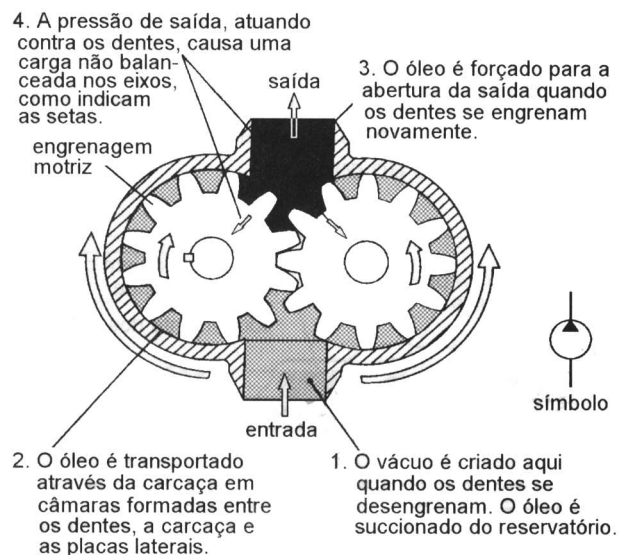
Nesse tipo de bomba, o deslocamento de fluido é determinado pelo tamanho e quantidade de pistões, bem como de seus cursos; a função da placa inclinada é controlar o curso dos pistões.

Nos modelos com deslocamento variável, a placa está instalada num suporte móvel. Movimentando esse suporte, o ângulo da placa varia para aumentar ou diminuir o curso dos pistões. O suporte pode ser posicionado manualmente, por servo-controle, por compensador de pressão ou por qualquer outro meio de controle. A manutenção de bombas de pistão axial consiste em trocar o conjunto rotativo toda vez que se verificar queda no rendimento. O óleo deve estar limpo e isento de água.

Bombas rotativas de engrenagens e sua manutenção. Essas bombas apresentam rodas dentadas, sendo uma motriz, acionada pelo eixo, que impulsiona a outra, existindo folga axial e radial vedadas pela própria viscosidade do óleo.

No decorrer do movimento rotativo, os vãos entre os dentes são liberados à medida que os dentes se desengrenam. O fluido proveniente do reservatório chega a esses vãos e é conduzido do lado da sucção para o lado da pressão. No lado da pressão, os dentes tornam a se engrenar e o fluido é expulso dos vãos dos dentes; as engrenagens impedem o refluxo do óleo para a câmara de sucção.

A seguir mostramos o esquema de uma bomba de engrenagem externo.



A manutenção das bombas rotativas de engrenagens consiste em manter o óleo sempre limpo e sem água e em trocar as engrenagens desgastadas.

Bombas rotativas de palhetas e sua manutenção

Nas bombas de palhetas, um rotor cilíndrico, com palhetas que se deslocam em rasgos radiais, gira dentro de um anel circular.

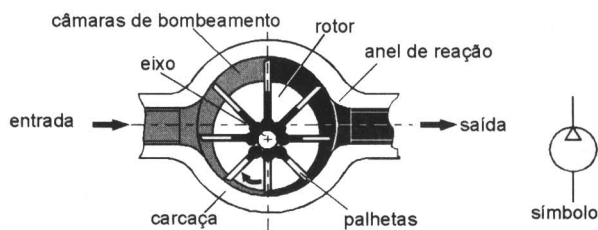
Pela ação das forças tangenciais, as palhetas tendem a sair do rotor, sendo obrigadas a manter contato permanente com a fase interna do anel. Mas a pressão sob as palhetas as mantém contra o anel de reação.

Esse sistema tem a vantagem de proporcionar longa vida à bomba, pois as palhetas sempre mantêm contato com o corpo, mesmo se elas apresentarem desgastes.

As palhetas dividem o espaço existente entre o corpo e o rotor em uma série de câmaras que variam de tamanho de acordo com sua posição ao redor do anel.

A entrada da bomba fica localizada em um ponto onde ocorre a expansão do tamanho das câmaras de acordo com o sentido de rotação do rotor e da sua excentricidade em relação ao anel.

O vácuo parcial, gerado pela expansão das câmaras de bombeamento, faz com que a pressão atmosférica empurre o óleo para o interior da bomba. O óleo é então transportado da entrada para a saída da bomba, onde as câmaras reduzem de tamanho, forçando o fluido para fora.



A manutenção das bombas de palhetas consiste na troca de todo o conjunto que se desgasta por causa do tempo de uso.

Manutenção do óleo hidráulico

Entre os fluidos que poderiam ser utilizados nos sistemas hidráulicos, o óleo é o mais recomendável porque, além de transmitir pressão, ele apresenta as seguintes propriedades:

- atua como refrigerante permitindo as trocas de calor geradas no sistema;
- por ser viscoso, atua como vedante,
- é praticamente imiscível em água;
- oxida-se muito lentamente em contato com o oxigênio do ar.

A manutenção do óleo hidráulico exige os seguintes cuidados :

- utilizar filtro de sucção;
- utilizar filtro de retorno;
- eliminar a água absorvida pelo ar que entra no reservatório;
- usar aditivos e efetuar uma drenagem com filtração para separar o óleo da água;
- trocar o óleo de todo o sistema, se o grau de contaminação do óleo for muito elevado.

ATUADORES HIDRÁULICOS

Os atuadores hidráulicos são representados pelos motores hidráulicos e pelos cilindros lineares.

Motores hidráulicos

Os motores hidráulicos são atuadores rotativos capazes de transformar energia hidráulica em energia mecânica, produzindo um movimento giratório.

Ao contrário das bombas que empurram o fluido num sistema hidráulico, os motores são empurrados pelo fluido, desenvolvendo torque e rotação.

Todo motor hidráulico pode funcionar como bomba; entretanto, nem toda bomba funciona como motor. Algumas bombas necessitam de modificações em suas características construtivas para exercerem a função de motor.

Quanto ao funcionamento, existem três tipos de motores hidráulicos:

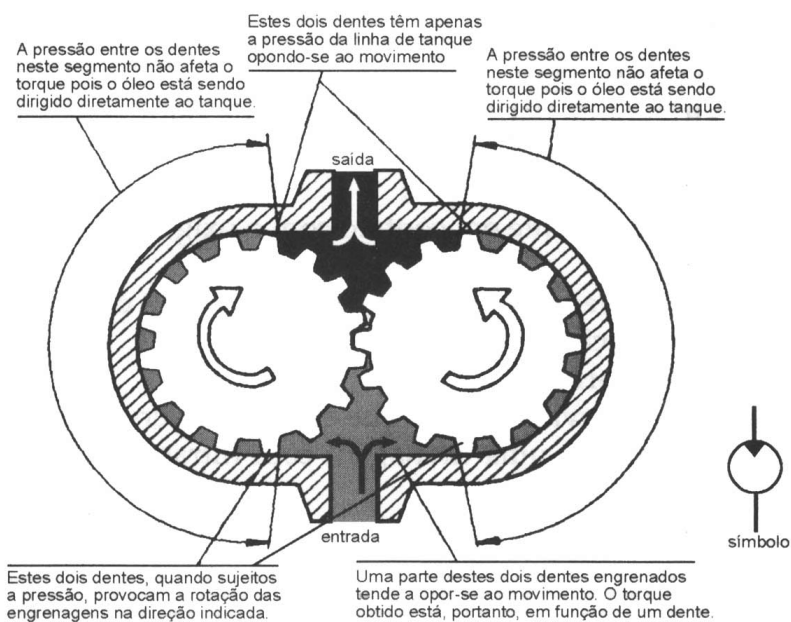
- o motor unidirecional, que se movimenta em um único sentido de rotação;
- o motor bidirecional (reversível), que produz rotação nos dois sentidos ;
- o motor oscilante (angular), que gira em ambos os sentidos com ângulo de rotação limitado.

Entre os motores bidirecionais, o mais utilizado é o motor de engrenagens. Esse motor desenvolve torque por meio da pressão aplicada nas superfícies dos dentes das rodas dentadas. Elas giram juntas, mas apenas uma está ligada ao eixo do motor.

A rotação do motor pode ser invertida mudando a direção do fluxo de óleo.

A alta pressão na entrada e a baixa pressão na saída provocam altas cargas laterais no eixo, bem como nas rodas dentadas e nos rolamentos que as suporta. Isso faz com que os motores de engrenagens tenham sua pressão de operação limitada.

A figura abaixo mostra o corte de um motor de engrenagens.



O motor de engrenagens tem como vantagens principais sua simplicidade e sua maior tolerância à sujeira. A manutenção consiste em substituir o motor estragado por um motor novo.

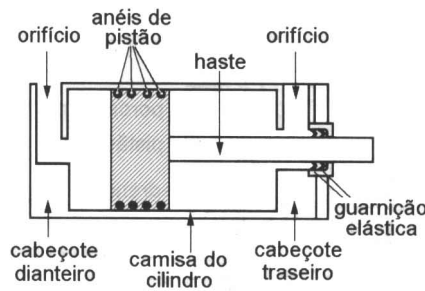
Cilindros e sua manutenção

Os cilindros têm um cabeçote em cada lado da camisa e um pistão móvel ligado à haste.

Em um dos lados a camisa do cilindro apresenta uma conexão de entrada, por onde o fluido penetra enquanto o outro lado é aberto.

Para manutenção, exige-se a troca das guarnições dos cilindros.

A figura abaixo mostra a estrutura interna de um cilindro.



VÁLVULAS HIDRÁULICAS

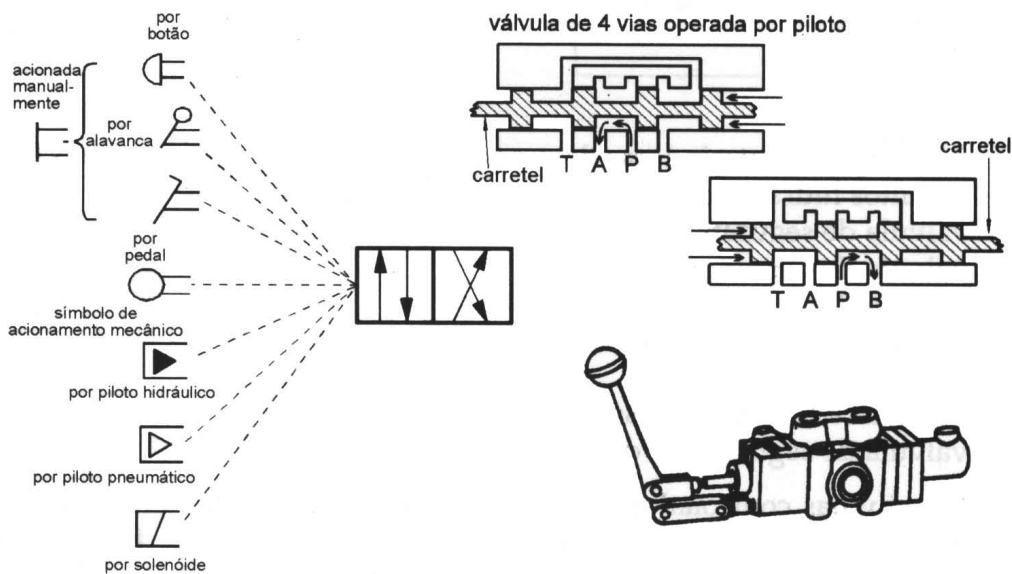
As válvulas hidráulicas dividem-se em quatro grupos:

- válvulas direcionais;
- válvulas de bloqueio;
- válvulas controladoras de pressão;
- válvulas controladoras de fluxo ou de vazão.

As **válvulas direcionais** são classificadas de acordo com o número de vias, número de posições de comando, tipos de acionamento e princípios de construção.

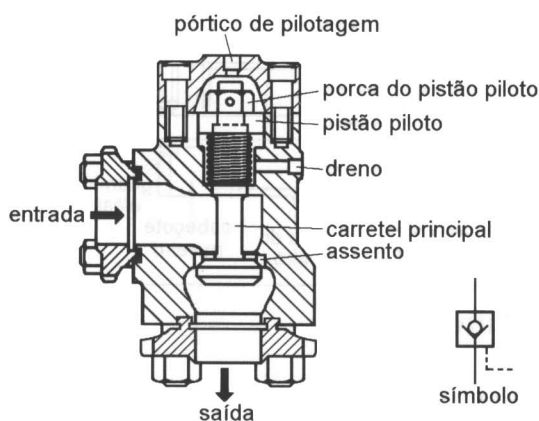
Dentre as válvulas direcionais, a mais comum é a válvula de carretel. O defeito mais comum nesse tipo de válvula é o engripamento do carretel, isto é, ele deixa de correr dentro do corpo da válvula. Outro defeito que uma válvula de carretel pode apresentar é a quebra de seu comando de acionamento.

A seguir mostramos um tipo de válvula direcional, um carretel e a simbologia de acionamento que as válvulas direcionais podem ter.



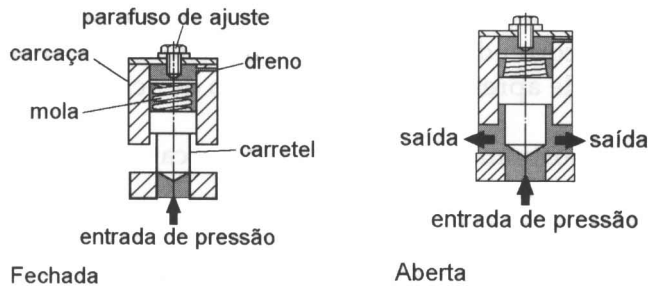
As **válvulas de bloqueio** têm a finalidade de segurar cargas verticais com estanqueidade de 100%. O maior defeito dessa válvula é a sede gasta. Sujeira no óleo também impede seu funcionamento. Uma válvula de bloqueio bastante utilizada em prensas é a de retenção pilotada.

A ilustração seguinte, em corte, mostra uma válvula de retenção pilotada.



As válvulas controladoras de pressão limitam ou reduzem a pressão de trabalho em sistemas hidráulicos. Essas válvulas são classificadas de acordo com o tamanho e a faixa de pressão de trabalho.

As figuras, em corte, mostram as características construtivas de uma válvula limitadora de pressão fechada e aberta.

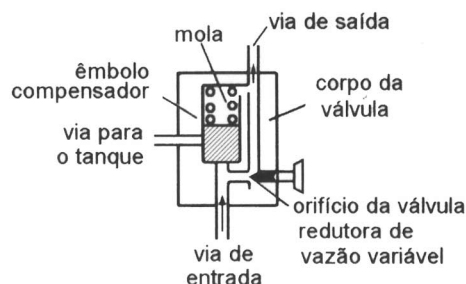


As válvulas controladoras de pressão podem assumir as seguintes funções nos circuitos hidráulicos:

- válvula de segurança ou alívio;
- válvula de descarga;
- válvula de seqüência;
- válvula de contrabalanço;
- válvula de frenagem;
- válvula redutora de pressão;
- válvula de segurança e descarga.

As válvulas controladoras de fluxo ou de vazão controlam a quantidade de fluido a ser utilizado no sistema. Essas válvulas têm por função regular a velocidade dos elementos hidráulicos de trabalho. As válvulas controladoras de fluxo podem ser fixas ou variáveis, unidirecionais ou bidirecionais

A figura abaixo, em corte, mostra uma válvula reguladora de vazão com pressão compensada, tipo bypass. Essa válvula só deixa fluir a quantidade de óleo que foi regulada previamente, por mais que se aumente a pressão.



MANUTENÇÃO DE VÁLVULAS HIDRÁULICAS

A manutenção de válvulas hidráulicas deve abranger os seguintes itens:

Óleo – verificar grau de contaminação por água e sujeira. Se for o caso, drenar e substituir o óleo contaminado e sujo por óleo novo, segundo especificações do fabricante.

Guarnições – trocar as desgastadas.

Molas – trocar as fatigadas.

Sede de assentamento – verificar o estado de desgaste.

Quando irrecuperáveis, as válvulas hidráulicas deverão ser substituídas por novas.

Solucionando Problemas

1) Pressão é:

- a) sinônimo de força;
- b) força por unidade de área;
- c) força por unidade de volume;
- d) volume por unidade de tempo;
- e) volume por unidade de superfície.

2) Quais exemplos de máquinas e sistemas hidráulicos são cuidados pela hidráulica industrial?

- a) máquinas injetoras, caminhões, navios;
- b) automóveis, prensas, mandriladoras;
- c) prensas, fresadoras, brochadeiras;
- d) locomotivas, fresadoras, mandriladoras;
- e) retificadoras, brochadeiras, caminhões.

3) A manutenção de bombas rotativas de engrenagens consiste em:

- a) trocar as guarnições da bomba e suas válvulas;
- b) trocar todo o sistema de palheta desgastado;
- c) regular as válvulas e verificar a limpeza do óleo existente no reservatório;
- d) manter o óleo sempre limpo e sem água e trocar as engrenagens desgastadas;
- e) substituir as válvulas desgastadas e trocar os filtros de óleo.

4) As válvulas hidráulicas se dividem em quatro grupos. Esses grupos são representados pelas válvulas:

- a) direcionais e de sentido, controladoras de pressão e de vazão;
- b) controladoras de umidade e fluxo, direcionais e de bloqueio;
- c) de bloqueio e de segurança, controladoras de temperatura e vazão;
- d) controladoras de densidade e pressão, direcionais e de bloqueio;
- e) direcionais e de bloqueio, controladoras de pressão e vazão.

5) Relacione a atividade de manutenção aos componentes hidráulicos:

- | | |
|--|-------------------------|
| a) <input type="checkbox"/> Verificar o estado de desgaste. | 1. Óleo. |
| b) <input type="checkbox"/> Verificar o grau de contaminação por água e sujeira. | 2. guarnições. |
| c) <input type="checkbox"/> Trocar as desgastadas. | 3. Sede de assentamento |
| d) <input type="checkbox"/> trocar as fadigadas. | 4. molas. |
| e) <input type="checkbox"/> submeter a exames de laboratório. | |

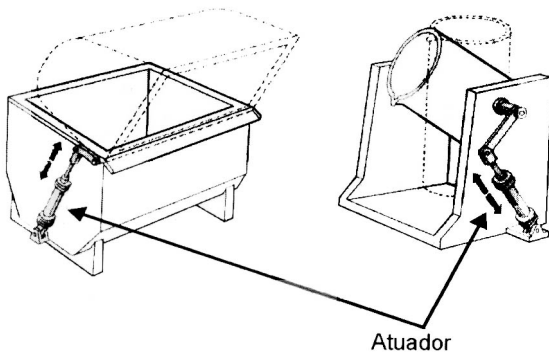
A importância da pneumática

No universo da mecânica, muitas máquinas e equipamentos apresentam, além dos sistemas mecânicos (polias e correias, engrenagens, alavancas etc.), sistemas hidráulicos (funcionam à base de óleo) e sistemas pneumáticos (funcionam à base de ar comprimido).

A utilização das máquinas pelo homem sempre teve dois objetivos :

reduzir ao máximo, o emprego da força muscular e obter bens em grandes quantidades. A pneumática contribui para que esses dois objetivos venham a ser alcançados. Ela permite substituir o trabalho humano repetitivo e cansativo nos processos industriais.

De fato, com atuadores pneumáticos, certas máquinas e equipamentos tornam-se mais velozes e mais seguros.



Outra vantagem da pneumática é que ela pode atuar em locais onde a pura energia mecânica, hidráulica e elétrica seriam desvantajosas.

Ar

O ar atmosférico é constituído por uma mistura de gases, tais como: oxigênio, nitrogênio, neônio, argônio, gás carbônico etc. Junto com esses gases, encontramos no ar atmosférico outras impurezas devidas à poluição (poeira, partículas de carbono provenientes de combustões incompletas, dióxido de enxofre etc.) e também vapor d'água.

Sendo abundante na natureza e gratuito, o ar atmosférico comprimido é a alma dos equipamentos pneumáticos.

Pneumática industrial

A pneumática industrial, por definição, é a soma de aplicações industriais onde a energia da compressão do ar é utilizada, notadamente em atuadores (cilindros e motores). O controle do trabalho executado pela energia da compressão do ar é efetuado por meio de válvulas.

O ar comprimido recomendado para o trabalho na pneumática tem de ser isento de impurezas e de água e apresentar pressão e vazão constantes.

Compressores

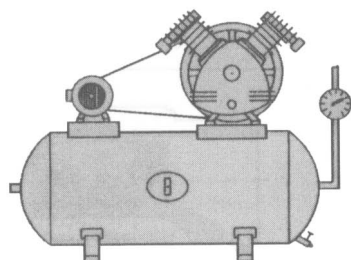
Compressores são máquinas que captam o ar , na pressão atmosférica local, comprimindo-o até atingir a pressão adequada de trabalho. Ao nível do mar, a pressão atmosférica normal vale uma atmosfera ou 1 atm.

Equivalência entre atm e outras unidades de pressão:

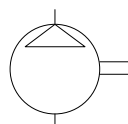
1 atm ≅ 1 bar ≅ 14,5 psi (libra-força por polegada quadrada) ≅ 100.000 Pa = 100 Kpa

Em equipamentos pneumáticos, a pressão mais utilizada é aquela que se situa na faixa de 6 bar, ou seja, 600 Kpa.

A ilustração abaixo mostra um modelo de compressor.



Em diagramas pneumáticos, os compressores, segundo a ISO 1219, são representados pelo símbolo:



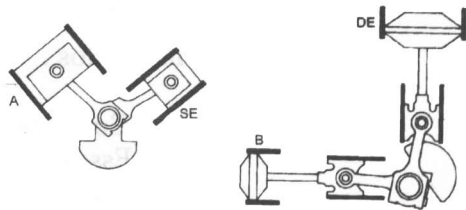
Classificação dos compressores

Os compressores são classificados em dois tipos: compressores de deslocamento positivo e compressores dinâmicos.

Compressores de deslocamento positivo

Nesses compressores, sucessivos volumes de ar são confinados em câmaras fechadas e elevados a pressões maiores. Dentro dessa categoria, os mais utilizados são os compressores de pistão e os compressores de parafuso.

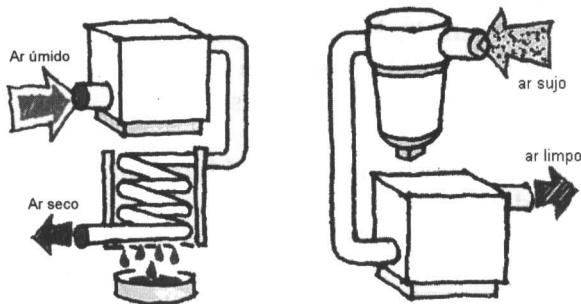
Compressores de pistão – Podem ser de simples efeito (SE) e duplo efeito (DE), ou de um ou mais estágios de compressão, como mostra a figura abaixo..



Manutenção dos compressores de pistão

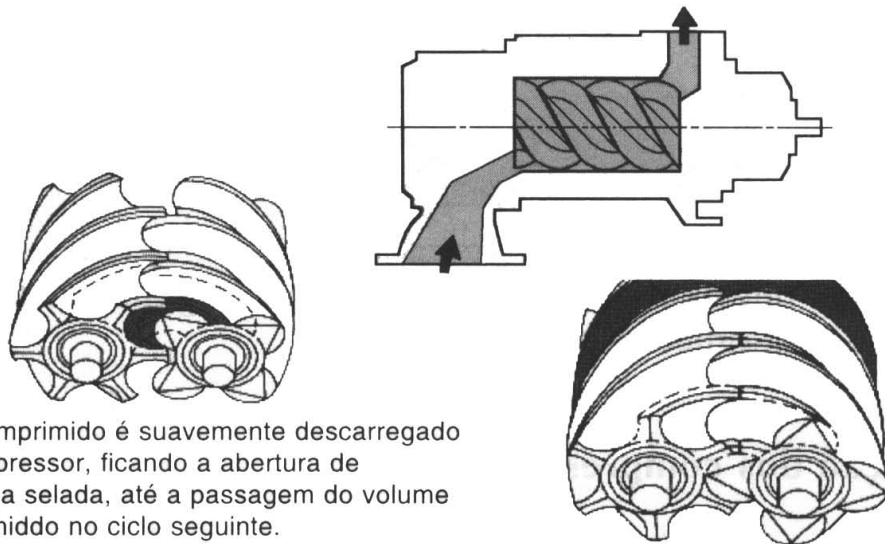
Para uma eficaz manutenção desses compressores devem-se tomar os seguintes cuidados:

- manter limpo o filtro de sucção e trocá-lo quando for necessário;
- o calor na compressão de um estágio para outro gera a formação de condensado, por causa da entrada de ar úmido, por isso é preciso eliminar a água;



- verificar o nível de óleo;
- verificar se as válvulas de sucção e descarga não estão travando;
- verificar se as ligações de saídas de ar não apresentam vazamento;
- verificar o aquecimento do compressor;
- verificar a água de refrigeração;
- verificar a tensão nas correias;
- verificar o funcionamento da válvula de segurança.

Compressor de parafuso – O motor elétrico ou diesel impulsiona um par de parafusos que giram, um contra o outro, transportando o ar desde a seção de admissão até a descarga, comprimindo-o ao mesmo tempo.



O ar comprimido é suavemente descarregado do compressor, ficando a abertura de descarga selada, até a passagem do volume comprimido no ciclo seguinte.

O ar entra pela abertura de admissão preenchendo o espaço entre os parafusos. A linha tracejada representa a abertura da descarga.

Manutenção de compressores de parafuso

Os compressores de parafusos, por apresentarem poucas peças móveis e não apresentarem válvulas de entrada e saída e operarem com temperaturas internas relativamente baixas, não exigem muita manutenção.

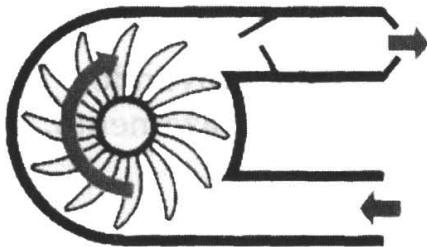
Praticamente isentos de vibrações, esses equipamentos têm uma longa vida útil. Para instalá-los, recomenda-se assentá-los em locais distantes de paredes e teto em pisos de concreto nivelados.

Compressores dinâmicos

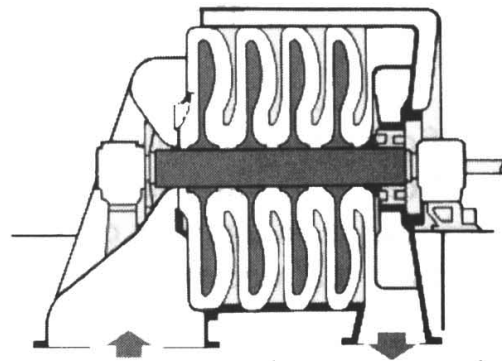
Esses compressores aceleram o ar com a utilização de um elemento rotativo, transformando velocidade em pressão no próprio elemento rotativo que empurra o ar em difusores e lâminas. São usados para grandes massas de ar e apresentam um ou mais estágios. Dentro dessa categoria de compressores, os mais utilizados são o compressor centrífugo radial e o compressor axial.

Compressor centrífugo radial – Este compressor é constituído por um rotor com pás inclinadas como uma turbina. O ar é empurrado pelo rotor por causa de sua alta rotação e lançando através de um difusor radial. Os compressores centrífugos radiais podem ter um ou mais estágios.

O uso do compressor centrífugo radial é indicado quando se necessita de uma grande quantidade de ar constante.

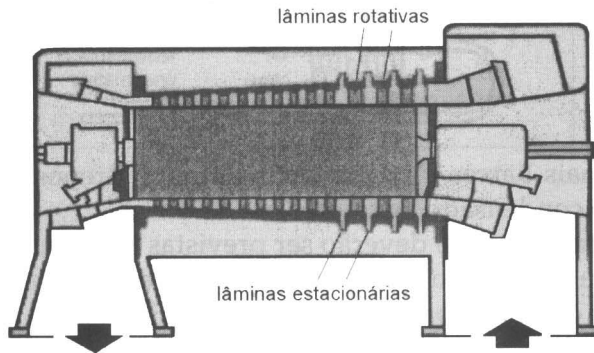


compressor centrífugo



compressor centrífugo multi-estágio

Compressor axial – É usado para grandes capacidades de ar e altas rotações. Cada estágio consiste de duas fileiras de lâminas, uma rotativa e outra estacionária. As lâminas rotativas do rotor transmitem velocidade ao ar, e a velocidade é transformada em pressão nas lâminas estacionárias.



Manutenção dos compressores centrífugos radiais e axiais

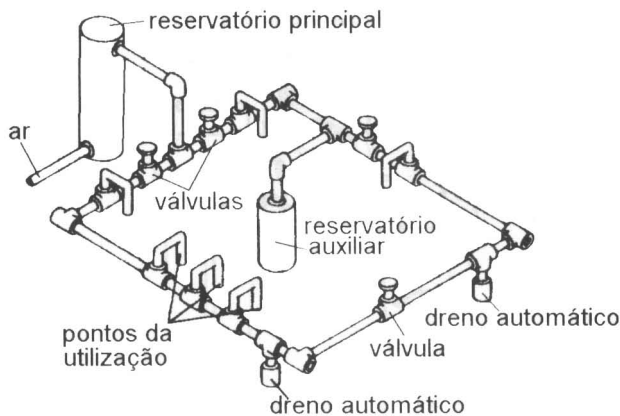
Por trabalharem em alta rotação, esses compressores devem ter uma programação que contemple os seguintes itens:

- paradas para limpeza;
- troca de rolamentos;
- troca de filtros;
- soldagem de lâminas danificadas;
- realinhamento.

Recomenda-se a parada imediata desses compressores se eles apresentarem barulhos e / ou ruídos anormais.

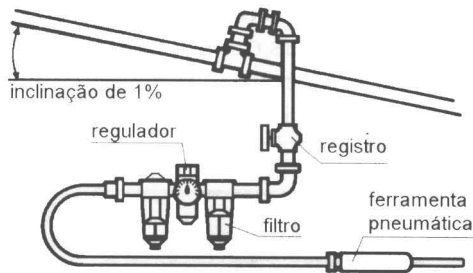
Rede de ar comprimido

Depois de comprimido e de ter passado pelo reservatório principal e secadores, o ar segue pela rede. A rede é um circuito fechado que mantém à pressão reinante no interior do reservatório principal.

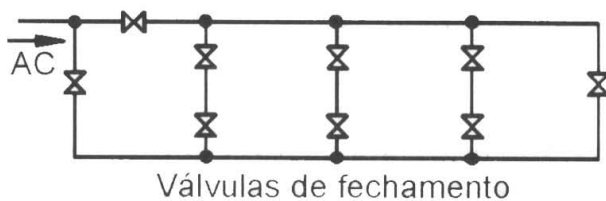


Para se construir uma rede de ar comprimido, os seguintes parâmetros deverão ser levados em consideração:

- as conexões das tubulações deverão ter raios arredondados para evitar a presença de fluxos turbulentos;
- a linha principal, em regra, deverá ter uma inclinação de aproximadamente 1% em relação ao seu comprimento;



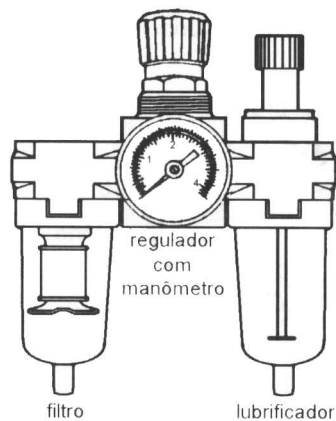
- nos pontos mais baixos deverão ser montados drenos automáticos para drenagem do condensado água-óleo;
- expansões futura da rede deverão ser previstas em projeto;
- as tomadas de ar deverão estar situadas sempre por cima da rede;
- as tubulações de ar comprimido deverão ser pintadas na cor azul;
- prever, em projeto, a construção de reservatórios auxiliares;
- as tubulações da rede deverão ser aéreas e nunca embutidas em paredes. Sendo aéreas, serão mais seguras e de fácil manutenção;
- construir a rede de forma combinada, de modo que se algum ramo tiver de ser interrompido, os demais continuem funcionando para garantir a produção. Daí a importância de válvulas ao longo do circuito.



Manutenção da rede de ar comprimido

A manutenção da rede de ar comprimido requer os seguintes passos:

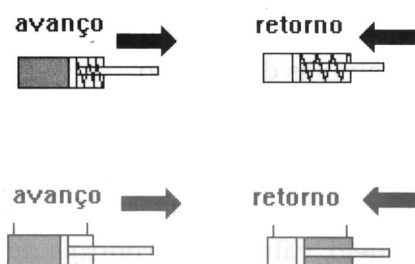
- verificar as conexões para localizar vazamentos;
- drenar a água diariamente ou de hora em hora;
- analisar se está tudo em ordem com a F.R.L (filtro, regulador e lubrificador), de instalação obrigatória na entrada de todas as máquinas pneumáticas.



ATUADORES PNEUMÁTICOS

Os atuadores pneumáticos se dividem em duas categorias: os lineares e os rotativos. Os lineares convertem energia pneumática em movimento linear, e os rotativos convertem energia pneumática em movimento rotativo.

Os atuadores lineares de simples efeito e de duplo efeito são os mais usuais, não importando se são cilíndricos, quadrados ou com outros formatos. Pela simbologia adotada pela ISO 1219, esses atuadores são assim representados.

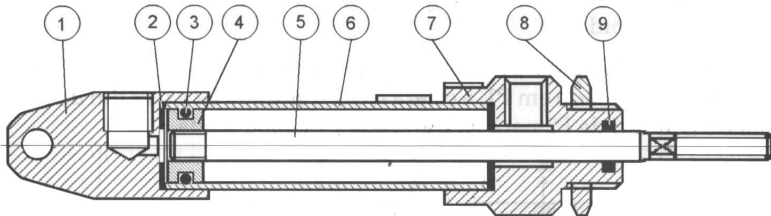


Manutenção dos atuadores em geral

Para se fazer a manutenção dos atuadores, é necessário ter em mãos os catálogos dos fabricantes. Nesses catálogos são encontrados os parâmetros de construção mais importantes para a manutenção, ou seja:

- o diâmetro interno do cilindro;
- o diâmetro da haste;
- a pressão máxima;
- a temperatura de trabalho;
- o curso mínimo e máximo;
- dados a respeito do amortecedor;
- o tipo de fluido lubrificante a ser utilizado;
- a força máxima no avanço;
- a força de retorno;
- tipos de montagem.

O exemplo a seguir, retirado do catálogo de um fabricante, mostra um atuador cilíndrico de duplo efeito. Observe seus parâmetros de construção:



- 01 – cabeçote traseiro: latão
- 02 - anel de encosto: buna – N
- 03 - guarnição O’ring: buna – N
- 04 – êmbolo: latão
- 05 – haste: aço SAE 1045 cromado ou aço inox
- 06 – tubo: latão
- 07 - cabeçote dianteiro: latão
- 08 – porca: latão
- 09 - guarnição O’ring:buna-N

Observação: buna – N é a denominação dada a um dos tipos de borracha sintética.

Analisada a avaria existente no cilindro, o mecânico de manutenção, de posse do catálogo, orienta-se pelo desenho e pelos parâmetros para executar os trabalhos de reparo necessários.

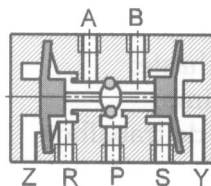
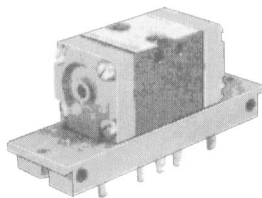
As avarias mais comuns nos atuadores pneumáticos são as seguintes:

- desgaste de retentores;
- mola do cilindro fatigada;
- desgaste na camisa do atuador;
- excesso de pressão;
- respiro do cilindro de simples efeito;
- ressecamento de guarnições e retentores.

Manutenção de válvulas de controle pneumáticas

Há quatro grupos de válvulas pneumáticas: válvulas direcionais, válvulas de bloqueio, válvulas de controle de fluxo e válvulas de pressão.

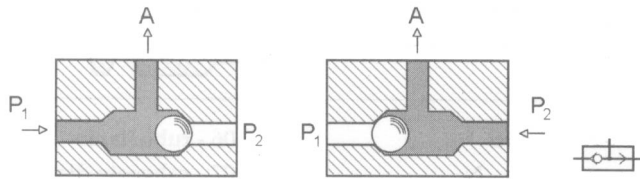
Válvulas direcionais – São as mais importantes porque orientam, com lógica, o caminho do ar comprimido dentro do sistema. As mais comuns são as de cinco vias e duas posições (5/2) e as de três vias e duas posições(3/2), ambas adaptáveis a qualquer comando de acionamento.



A manutenção básica das válvulas direcionais consiste, basicamente, em limpá-las internamente e em trocar seus anéis de borracha. Muitas vezes, por motivos de economia, é preferível trocar válvulas direcionais avariadas por válvulas novas.

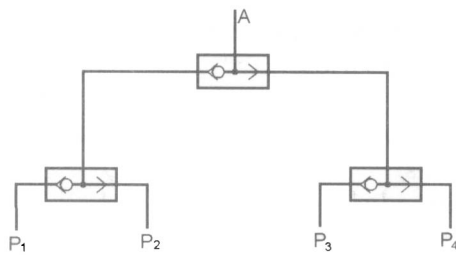
Válvulas de bloqueio – Essas válvulas bloqueiam, seguindo uma lógica de programação, o sentido de circulação do ar comprimido dentro do sistema. Na categoria de válvulas de bloqueio, as mais utilizadas são as seguintes: válvulas alternadoras, válvulas de simultaneidade ou de duas pressões e válvulas de escape rápido.

As **Válvulas alternadoras** possuem duas entradas P1 e P2 e uma saída A. Entrando ar comprimido em P1, a esfera fecha a entrada P2 e o ar flui de P1 para A. Quando o ar flui de P2 para A, a entrada P1 é bloqueada.



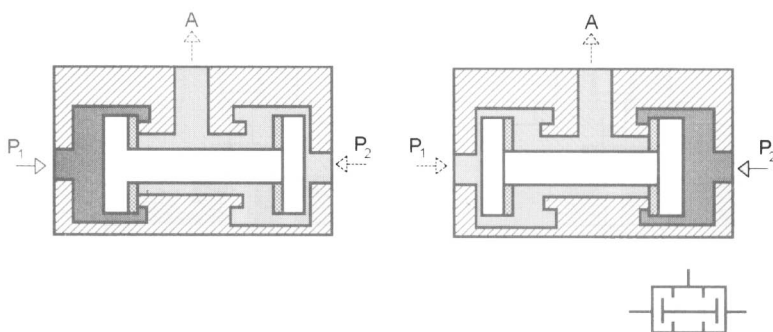
Com pressões iguais e havendo coincidência de sinais em P1 e P2, prevalecerá o sinal que chegar primeiro. Em caso de pressões diferentes, a pressão maior fluirá para A.

As válvulas alternadoras são empregadas quando há necessidade de enviar sinais de lugares diferentes a um ponto comum de comando. O diagrama a seguir mostra um exemplo de aplicação de válvulas alternadoras.

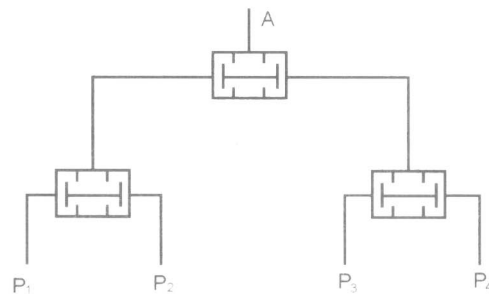


As **válvulas de simultaneidade ou de duas pressões** possuem duas entradas P1 e P2 e uma saída A. Entrando um sinal em P1 ou P2, o pistão impede o fluxo de ar para A. Existindo diferença de tempo entre sinais de entrada com a mesma pressão, o sinal atrasado vai para a saída A.

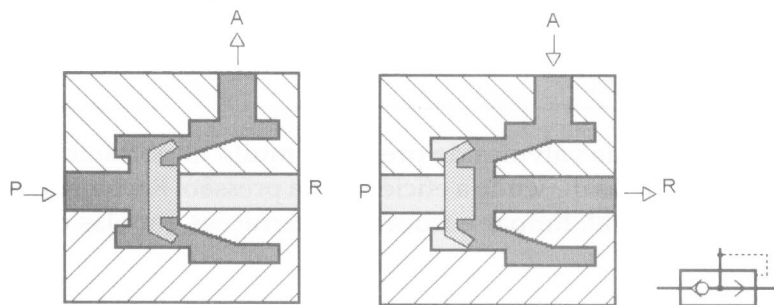
Com pressões diferentes dos sinais de entrada, a pressão maior fecha um lado da válvula e a pressão menor vai para a saída A.



O diagrama mostra um exemplo de aplicação de válvulas de simultaneidade.



Quando se necessita de movimentos rápidos do êmbolo nos cilindros, com velocidade superior àquela desenvolvida normalmente, utiliza-se a **válvula de escape rápido**.



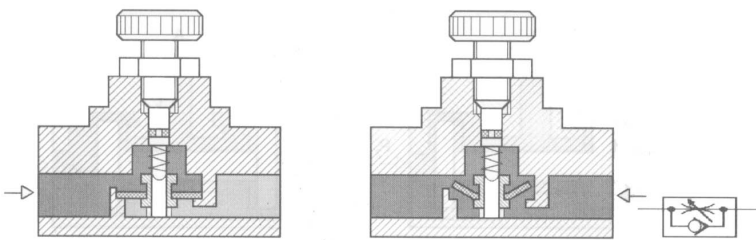
A válvula possui conexões de entrada (P), de saída(R) e de alimentação(A).

Havendo fluxo de ar comprimido em P, o elemento de vedação impede a passagem do fluxo em R e o ar flui para A.

Eliminando a pressão em P, o ar, que retorna por A, desloca o elemento de vedação contra a conexão P e provoca o bloqueio. Desta forma, o ar escapa rapidamente por R para a atmosfera. Assim, evita-se que o ar de escape seja obrigado a passar por uma canalização mais longa e de diâmetro pequeno até a válvula de comando.

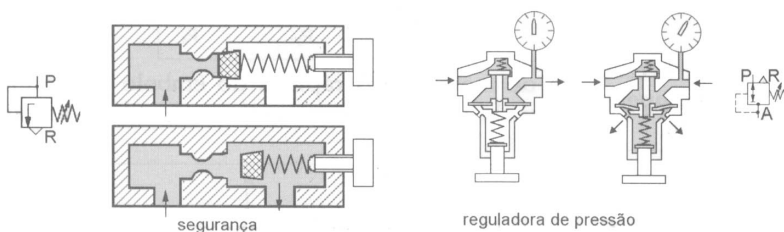
É recomendável colocar a válvula de escape rápido diretamente no cilindro ou, então, o mais próximo dele.

Válvulas de controle de fluxo – São válvulas que controlam a vazão de ar nos atuadores. Entre as válvulas de controle de fluxo, a mais usada é a **válvula de controle de fluxo unidirecional**, mostradas a seguir.



Os defeitos mais comuns que a válvula de controle de fluxo unidirecional apresenta é o desgaste da sede de fechamento e quebras nas guarnições de borracha.

Válvulas de pressão – São válvulas que funcionam a partir de uma certa pressão de regulagem. As mais utilizadas são as **válvulas de segurança**(agem no sentido da pressão limite de segurança do sistema) e as **válvulas reguladoras de pressão com escape** (agem no sentido de manter uma pressão regulável para o trabalho de uma máquina).



A manutenção das válvulas de pressão é muito importante para o sistema pneumático, pois delas depende a eficiência da pressão. Recomenda-se, além de uma limpeza semestral, limpar e trocar as guarnições e molas das válvulas de pressão.

Solucionando Problemas

1) Associe a coluna A com a coluna B:

Coluna A

1. Pressão e vazão constantes, além de limpo.
2. Compressor de deslocamento positivo.
3. Atmosfera e bar.
4. Compressor dinâmico.
5. Convertem energia pneumática em movimento linear.

Coluna B

- a) () Unidades de pressão.
- b) () Atuador linear.
- c) () Compressor centrífugo radial.
- d) () Ar comprimido.
- e) () Compressor de pistão.
- f) () Válvula alternadora.

2) Responda.

a) Do que é constituído o ar atmosférico?

.....

b) Como deve se apresentar o ar comprimido antes de entrar num circuito pneumático?

.....

c) Qual é a faixa de pressão mais utilizada na pneumática industrial?

.....

d) Por que as conexões e tubos de uma rede de ar comprimido devem ser arredondados?

.....

e) Qual deve ser a cor das tubulações de uma rede de ar comprimido?

.....

ff) Quais são as principais avarias que ocorrem nos atuadores pneumáticos?

.....

g) Entre as válvulas direcionais, as mais comuns apresentam quantas vias e quantas posições?

.....

h) Quais são as válvulas de bloqueio mais utilizadas?

.....