Capítulo 1

Manutenção

1.1) MANUTENÇÃO

A Função Manutenção é a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um equipamento ou instalação em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida. A manutenção pode incluir uma modificação de um item ou equipamento.

Logo, a Função Manutenção é o conjunto de ações necessárias para que um item seja conservado ou restaurado de modo a poder permanecer de acordo com uma condição especificada.

"Para que a manutenção possa contribuir, efetivamente, para que a empresa caminhe rumo à excelência empresarial, é preciso que a sua gestão seja feita com uma visão estratégica".

(Alan Kardec Pinto)

Esta postura atual é fruto dos novos desafios que se apresentam para as empresas neste cenário altamente competitivo, decorrente de uma economia globalizada, onde as mudanças se sucedem em alta velocidade e a competitividade é fator de sobrevivência.

A gestão da manutenção, como a da própria empresa, precisa estar sustentada por uma Visão de Futuro traduzida por metas estratégicas e regida por Processos de Gestão ou caminhos estratégicos ("melhores práticas") para se alcançar a Visão. Uma maneira de definir as metas que explicitam a Visão de Futuro é o processo de "benchmarking", que é o processo de análise e comparação de empresas do mesmo segmento de negócio.

Conforme Alan Kardec, a manutenção empresarial deve estar voltada prioritariamente para:

- Aumento da disponibilidade e da confiabilidade dos equipamentos;
- •Redução da demanda de serviços;
- Aumento do faturamento e do lucro;
- Aumento da segurança pessoal e das instalações;
- •Preservação do meio ambiente;
- Otimização de custos.

Cabe à Manutenção fazer com que seus clientes (operação e fornecedores) atuem de maneira sistêmica para o atingimento destes objetivos.

A permanência do equipamento em condições satisfatórias significa vida útil mais longa, conseguido através de um sistema adequado e eficiente de manutenção. O gasto com métodos, processos, instrumentos e ferramentas destinadas à manutenção representa um aumento na vida útil do equipamento.

A gestão estratégica da manutenção é caminho para a excelência empresarial. Deve ser vista dentro de uma visão avançada de disponibilidade e de confiabilidade e não apenas dentro de uma visão de custo.

Os desafios da manutenção continuam os mesmos: aumento da qualidade e adequação dos custos às necessidades dos produtos e mercados. A forma de conseguirmos isso é, principalmente, através do aumento da produtividade e da redução da carga de trabalho da manutenção, pela solução inteligente dos problemas críticos e crônicos que encontramos nas empresas.

(Celso Teixeira)

Conforme Lourival Tavares, "o melhoramento contínuo das práticas de manutenções assim como a redução de seus custos são resultados da utilização do ciclo da Qualidade Total como base no processo de gerenciamento".

1.2) MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE – RCM OU MCC

A RCM encontra suas raízes no início da década de 1960, com o desenvolvimento inicial feito pela indústria de aviação civil norte americana. Ela nasceu quando as empresas aéreas começaram a compreender que muito das filosofias de manutenção eram não somente onerosas mas vivamente perigosas. O objetivo principal era estabelecer um processo racional e sistemático de análise que permitisse a definição de tarefas de manutenção de equipamentos para garantir a confiabilidade e a segurança operacional ao menor custo possível. Desde então, a técnica evoluiu e passou a ser empregada em outros ramos industriais.

Na metade da década de 1970, o Departamento de Defesa dos Estados Unidos queria saber mais acerca da manutenção na aviação. Foi autorizado um relatório sobre este assunto vindo da indústria de aviação, escrito por engenheiros para o qual foi dado o título de "Reliability Centred Maintenance - RCM". O relatório foi publicado em 1978 e ainda hoje é um dos mais importantes documentos para gerenciamento de ativos físicos. Este relatório tem sido, desde então, usado como base para vários padrões de RCM. O mais utilizado é o RCM2, desenvolvido para a indústria .

A RCM é um processo que envolve a consideração sistemática das funções do sistema, o seu modo de falha e um critério de priorização baseado em fatores econômicos, operacionais e de segurança. A RCM pode ser usada para definir uma política de manutenção adequada e eficaz, com a identificação das tarefas de manutenção aplicáveis e custo-eficientes.

A RCM é também um novo método para o planejamento da manutenção que faz uso das diversas técnicas de manutenção existentes, mas exige que as práticas correntes de manutenção preventiva sejam modificadas.

A metodologia da RCM baseia-se em conceitos da Confiabilidade:

- Preservação da função operacional do sistema;
- Análise sistemática dos modos de falha que podem levar o sistema a não cumprir suas funções operacionais;
- Aplicação da técnica da Análise dos Modos de Falha e Efeitos FMEA;
- Análise das consequências das falhas;
- Definição dos tipos de intervenções de manutenção mais eficazes;
- Seleção de ações para eliminação ou diminuição das falhas e suas consequências.

Logo, a RCM é uma metodologia de definição da melhor estrategia de manutencao focada em analise de confiabilidade. A RCM usa cono base a FMEA e a FTA, utilizando-se de um diagrama de decisão para definição da melhor pratica para antecipação de falhas.

1.2.1) RCM2

RCM 2 é a sigla utilizada para caracterizar uma Gestão de Manutenção Centrada em Confiabilidade e Risco ("Risk and Reliability Centred Maintenance").

A RCM 2 é um processo usado para determinar sistemática e cientificamente o que deve ser feito para assegurar que os ativos físicos continuem a cumprir as suas tarefas. A RCM2 pode conduzir a um conjunto de aperfeiçoamentos na disponibilidade e confiabilidade da planta, qualidade do produto, segurança e integridade ambiental.

A RCM2 procura identificar como o sistema pode falhar, seguido por um FMEA ("Failure Modes and Effects Analysis" ou Modos de Falha e Análise de Efeitos), para identificar todos os eventos que são razoavelmente prováveis de originar cada estado de falha.

Finalmente, o processo RCM2 procura identificar uma política adequada de gerenciamento da falha, lidando com cada modo de falha a luz das suas conseqüências e características técnicas. As políticas de gerenciamento da falha incluem: manutenção preditiva, manutenção preventiva, busca de falha, reprojeto e mudança do modo de como o sistema é operado.

A análise efetuada por este processo pode minimizar os custos de manutenção com o aumento da disponibilidade, indicando, por exemplo, quando a melhor solução é deixar a falha ocorrer e executar uma atividade de manutenção corretiva, ou implantar uma atividade preventiva.

1.2.2) FALHA OCULTA

O conceito de Falha Oculta é um dos pontos fundamentais na RCM. A Falha Oculta é uma falha presente no sistema, que se manifesta apenas quando a função é requerida. Para prevenir este tipo de falha, há a necessidade de ações pró-ativas (procedimento de testes) para detecção de falhas ocultas.

Normalmente os sistemas de segurança devem prever um teste para verificar se o sistema está operante ou não. Isto vale para outros sistemas de proteção e segurança em indústrias de processo.

Um exemplo de falha oculta é o travamento de uma válvula de alívio, que não abre quando a pressão interna sobe. Outro exemplo é um pressostato de segurança que deveria desligar a bomba que pressuriza a linha.

Em cada uma das nossas empresas existem sistemas de alarme e segurança que estão em estado falho quando é necessário atuar. Estas falhas em geral levam a acidentes ou incidentes catastróficos, afetando a segurança e o meio ambiente, colocando em risco vidas humanas e causando prejuízos incalculáveis.

1.1) PARADIGMAS DA MANUTENÇÃO

O bom gerenciamento da atividade de manutenção consiste em ter a equipe atuando para evitar que ocorram falhas, e não manter esta equipe atuando, rapidamente, no conserto dessas falhas.

Paradigmas da Manutenção, conforme Napoleão Olmedo:

• PARADIGMA DO PASSADO:

O homem da manutenção sente-se bem quando executa um bom reparo.

• PARADIGMA MODERNO:

O homem da manutenção sente-se bem quando evita a necessidade do trabalho, evita a quebra.

• PARADIGMA DO FUTURO:

O homem da manutenção sente-se bem quando não tem que fazer nenhum reparo, ou seja, quando consegue evitar as quebras não planejadas.

Observando acima, depreendem-se duas mudanças de paradigmas:

- A primeira mudança é quando se passa da preventiva para a preditiva, ou seja, ao invés de se interromper a operação de um equipamento ou sistema por decurso de tempo calendário, de tempo de funcionamento ou quilometragem rodada, mantém-se a operação até um limite preestabelecido de uma grandeza de controle (vibração, temperatura, vazão, etc). Desta maneira aumenta-se a disponibilidade do equipamento ou sistema;
- A segunda mudança ocorre quando se passa da preditiva para a engenharia de manutenção, ou seja, ocorrida a necessidade da intervenção, busca-se a causa básica. Esta análise para ser eficaz deve ser feita por um grupo multi-funcional envolvendo pessoas da manutenção, operação e engenharia.

Conforme Alan Kardec, "A atividade de manutenção precisa deixar de ser apenas eficiente para se tornar eficaz, ou seja, não basta, apenas, reparar o equipamento ou instalação tão rápido quanto possível, e, sim, manter o equipamento em operação, evitar a sua falha. Esta é a mudança de paradigma".

1.2) TIPOS DE MANUTENÇÃO

Classificam-se as intervenções de Manutenção em quatro grandes tipos: corretiva, preventiva, preditiva e engenharia de manutenção (pró-ativa).

1.4.1) MANUTENÇÃO CORRETIVA

A Manutenção Corretiva é a manutenção que consiste em substituir peças ou componentes que se desgastaram ou falharam e que levaram a máquina ou equipamento a uma parada, por falha ou pane num ou mais componentes, ou seja, é o conjunto de serviços executados nos equipamentos com falha.

Normalmente, os reparos são executados sem planejamento e em caráter emergencial. As horas extras do pessoal de manutenção são grandes, contribuindo para um desgaste físico e mental, com uma péssima condição de trabalho. Os

índices de acidentes também são altos, devido ao trabalho sob pressão de tempo e necessidade de colocar a máquina em condição de produção.

1.4.2) MANUTENÇÃO PREVENTIVA

A Manutenção Preventiva é a manutenção efetuada com a intenção de reduzir a probabilidade de falha de uma máquina ou equipamento, ou ainda a degradação de um serviço prestado. É uma intervenção prevista, preparada e programada antes da data provável do aparecimento de uma falha, ou seja, é o conjunto de serviços de inspeções sistemáticas, ajustes, conservação e eliminação de defeitos, visando a evitar falhas.

É realizada de acordo com um período de tempo ou com índices de funcionamento da máquina. Normalmente, o período de revisão é baseado em históricos ou recomendações do fabricante. Enquadram-se nesta categoria as revisões sistemáticas dos equipamentos, as lubrificações periódicas, os planos de inspeção de equipamentos, planos de calibração e aferição de instrumentos. Devido à desmontagem do equipamento para a revisão, alguns componentes são substituídos antes do fim de sua vida útil, e componentes substituídos apresentam falhas prematuras ou falhas de montagem. Outra desvantagem deste sistema é o alto custo envolvido na revisão.

A Manutenção Preventiva por Tempo são os serviços preventivos pré-estabelecidos através de programação (preventiva sistemática, lubrificação, inspeção ou rotina) definidas, por unidades calendário (dia, semana) ou por unidade não calendário (horas de funcionamento, quilômetros rodados, etc).

A Manutenção Preventiva por Estado são os serviços preventivos executados em função da condição operativa do equipamento (reparos de defeitos, preditiva, reforma / revisão geral, etc).

1.4.2.1) EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA

A evolução da manutenção preventiva, a partir de 1930, pode ser dividida em três gerações:

- a) A primeira geração cobre o período até a Segunda Guerra Mundial. Nesta época a indústria não era muito mecanizada, e a produtividade não era considerada tão importante. De certa forma a prevenção de falhas não tinha muita prioridade, visto que os equipamentos eram mais simples e superdimensionados. Isto fazia com que a confiabilidade fosse alta e os equipamentos fáceis de reparar. Como resultado, não existia necessidade de nenhuma manutenção sistemática além de limpezas e lubrificações de rotina.
- b) A segunda geração foi consequência direta das mudanças ocorridas durante a Segunda Guerra Mundial. A guerra fez com que a demanda por produtos industriais crescesse e isto levou a um aumento da mecanização industrial. As máquinas se tornaram mais numerosas e complexas, com a indústria se tornando cada vez mais dependente delas. À medida que esta dependência crescia, as perdas passaram a ser vistas com outro enfoque, e desta forma se fortaleceu a

- idéia que as falhas dos equipamentos precisavam ser evitadas, o que por sua vez conduziu ao conceito de manutenção preventiva. Este conceito foi considerado para revisões gerais de equipamentos feitas a intervalos fixos.
- c) A terceira geração se inicia a partir de meados da década de 70 e é decorrente basicamente de novas necessidades de produtividade e redução de custos operacionais. Mais recentemente, com o crescimento da automação e mecanização, as necessidades de confiabilidade e disponibilidade se tornaram essenciais em setores tão diversos. O aumento da automação também significou que cada vez mais as falhas em equipamentos afetavam a capacidade de sustentação de padrões de qualidade. Os padrões atualmente adotados em relação a falhas, com consequências sérias à segurança e ao ambiente, tem forçado certas organizações a se adaptarem rapidamente. Esta questão é complexa, e envolve estratégicas de sobrevivência em um cenário cada vez mais competitivo, onde é necessário assegurar o máximo retorno sobre o investimento e se manter funcionando eficientemente. Surgiu então, uma nova modalidade de manutenção de máquinas industriais, a Manutenção Preditiva, baseada fundamentalmente na medição e análise de vibração.

1.4.2.2) INSPEÇÃO OU MANUTENÇÃO DE ROTINA

Serviço de alta frequência (baixa periodicidade) e curta duração, normalmente utilizando os sentidos humanos e sem acarretar indisponibilidade do equipamento, com o objetivo de acompanhar o desempenho de seus componentes. Esta atividade pode ser desenvolvida pelo pessoal de operação, a partir de programação desenvolvida pela manutenção, ou por inspetores, ligados à área de manutenção. Devido à sua curta duração, exige controle simplificado, que deve entretanto ser processado, pois oferece grande contribuição ao diagnóstico dos equipamentos.

1.4.2.3) MANUTENÇÃO SISTEMÁTICA OU PERIÓDICA

Atividade em que cada equipamento pára, após um período de funcionamento, para que sejam feitas medições, ajustes e, se necessária, troca de peças. A atividade segue um programa preestabelecido a partir de experiência operativa, recomendações dos fabricantes ou referências externas. Um bom controle de manutenção preventiva sistemática requer registros históricos, devendo ser implantado após algum tempo de funcionamento dos equipamentos, uma vez que normalmente os fabricantes omitem ou desconhecem os pontos falhos de suas linhas de produção.

1.4.2.4) MANUTENÇÃO REMOTA

Manutenção remota é o processo de se ter a função manutenção de uma empresa de porte pequeno ou médio gerenciada por profissionais localizados fora da empresa. Esse gerenciamento inclui a programação, processamento de pedidos e

ordens de serviços, manutenção dos registros históricos e a geração de relatórios que auxiliem as decisões da gerência da empresa. O histórico dos equipamentos fornece informações que permitem analisar a efetividade da manutenção, análise de tendências e análise de causas de problemas recorrentes.

As vantagens da manutenção remota são: baixo custo inicial para implantar um Sistema Informatizado de Gerenciamento da Manutenção, disponibilidade de pessoal treinado para conduzir o programa, nenhuma necessidade de contratar profissionais de planejamento e de manutenção, resultados positivos obtidos em curto prazo, suporte em tempo integral e informações disponíveis a qualquer tempo. As informações técnicas sobre o equipamento são catalogadas e conservadas pela equipe de manutenção remota e utilizadas no planejamento e programação dos trabalhos.

Além disto, qualquer necessidade de melhoria no sistema é de responsabilidade do provedor da manutenção remota.

A manutenção remota tem como desvantagens: acréscimo inicial nos custos da manutenção, sem retorno imediato; a equipe de manutenção da empresa não tem acesso direto ao sistema; e, a menos que tenham cópia do material técnico e descritivo dos equipamentos, não terão acesso ao acervo técnico.

A equipe de manutenção local tem, também, a tarefa adicional de manter a manutenção remota permanentemente informada sobre o andamento das Ordens de Serviço.

1.4.3) MANUTENÇÃO PREDITIVA

A Manutenção Preditiva é um conjunto de programas especiais (Análise e Medição de Vibração, Termografia, Análise de Óleo, etc) orientados para o monitoramento de máquinas e equipamentos em serviço. Sua finalidade é predizer falhas e detectar mudanças no estado físico que exijam serviços de manutenção, com a antecedência necessária para evitar quebras ou estragos maiores. Os principais objetivos da Manutenção Preditiva são:

- Reduzir o impacto dos procedimentos preventivos no resultado da operacão:
- Eliminação de desmontagens e remontagens para inspeção;
- Impedimento da propagação dos danos;
- Maximização da vida útil total dos componentes de um equipamento.

1.4.3.1) MEDIÇÃO E ANÁLISE DE VIBRAÇÃO

A análise de vibração é uma técnica usada para medição do comportamento dinâmico dos mais diversos tipos de equipamentos. A análise de vibração usa a análise espectral como ferramenta principal, sendo uma técnica de grande valia na diagnose de condição de máquinas. A análise vibracional é considerada uma das principais ferramentas da manutenção preditiva, pois possibilita, em conjunto com a análise estatística, através do monitoramento do equipamento, predizer seu comportamento em operação. Deste modo, tem-se condições de avaliar o

comportamento das partes e do todo de equipamentos.

As medições periódicas de vibrações (Manutenção Preditiva) dos equipamentos em funcionamento visam a acompanhar a qualidade de funcionamento das máquinas com base na intensidade das vibrações geradas pelo seu funcionamento. Possibilita predizer as falhas, identificar e fornecer os diagnósticos e as recomendações para correção dos problemas das máquinas que ultrapassaram os limites de *Alarme* e de *Falha*, antes que ocorra a quebra, possibilitando ao setor de manutenção, em conjunto com a produção, programar uma possível parada, e assim evitar paradas não programadas.

As máquinas são avaliadas com base na norma ISO 2372, para as medidas de velocidade de vibração.

A Manutenção Preditiva por Análise de Vibração compreende as fases de implantação (cadastro dos equipamentos), medição e análise dos dados. Para executar as medições de vibração em velocidade e aceleração (envelope) dentro de uma certa periodicidade, primeiramente carrega-se o coletor de dados no computador com programação dos tipos de medições e seus ajustes para cada ponto de medida inclusos numa rota fixa de medição. Vai-se ao campo e tomam-se as medidas de vibração por sensor (acelerômetro) conectado ao coletor de dados e posicionado através de um imã nos mancais de rolamento das máquinas. Os dados adquiridos pelo coletor de dados são transferidos para um computador, que emite os resultados das análises de vibração através de um software de Manutenção Preditiva.

Para identificar os pontos de medição em mancais de rolamento, adotam-se as seguintes conevnções:

Primeiro caractere: Posição do mancal do conjunto contando do acionador para o acionado (Nº. do mancal do conjunto contando do acionador para o acionado . Segundo caractere: direção de medição:

H – horizontal; V – vertical; A – axial

A Manutenção Preditiva por Medição e Análise de Vibração tem como finalidade detectar problemas rotacionais do equipamento (em baixa e média freqüência), tais como: desbalanceamento, desalinhamento, falta de rigidez da base, batimento de correias, pulsação de fluído, turbulência, cavitação, folgas mecânicas, componentes alternativos, etc. Conforme a necessidade, as medições são realizadas em faixas de freqüência para que possam ser identificados com maior clareza os problemas específicos (falha do rolamento e falha na lubrificação). É também de grande importância analisar os componentes substituídos ou reparados para avaliação das características do seu modo de falha e possível causa.

1.4.3.1.1) VIBRAÇÃO

Vibração pode ser definida como a oscilação de um corpo em relação a um ponto de referência.

1.4.3.1.2) TRANSDUTORES DE VIBRAÇÂO

Os transdutores de vibração são componentes que medem sinais vibratórios, transduzindo vibrações em sinais elétricos processáveis por instrumentos de medição e controle. Os transdutores podem ser instalados permanentemente na estrutura (sistemas on-line) ou apenas quando da detecção dos sinais de vibração (sistemas off-line).

Existem dois grupos de transdutores: velocímetros e acelerômetros

1.4.3.1.3) ACELERÓMETROS

Os acelerômetros são transdutores que geram um sinal elétrico quando os seus elementos piezelétricos são carregados ao entrarem em contato com o corpo vibrante. Possibilitam a detecção de sinais vibratórios que podem ir de 1 Hz até 20 kHz. São fáceis de instalar e bastante resistentes.

A posição e o modo como a informação vibratória é recolhida é fundamental no desenvolvimento de um programa de inspeção periódica (monitorização). Normalmente é feita a detecção de dados vibratórios tanto na posição vertical como na horizontal. O ponto de leitura deverá ser identificado corretamente, por forma a que nas sucessivas inspeções seja assegurada a detecção dos dados vibratórios no mesmo ponto.

1.4.3.1.4) FREQÜÊNCIA

A frequência é o número de vezes que um impacto, oscilação ou contato pode ocorrer durante um determinado período de tempo.

1.4.3.1.5) PERÍODO

O período é definido como o tempo que é necessário para completar um ciclo. O período é determinado pelo inverso da freqüência (em Hz).

1.4.3.1.6) AMPLITUDE

A amplitude é a medida da magnitude da vibração e pode ser expressa em valor eficaz ou RMS (*Root Mean Square*), pico (P), pico a pico (PP) e valor médio.

1.4.3.1.7) FREQÜÊNCIA DE FUNCIONAMENTO

A freqüência de funcionamento é a velocidade de rotação que o equipamento está funcionando.

1.4.3.1.8) HARMÓNICAS

Fala se em harmônicas quando nos referimos a múltiplos da freqüência de funcionamento (1Xf, 2Xf, 3Xf,..., nXf). As harmônicas também podem ser expressas em relação à velocidade de rotação (1Xrpm, 2Xrpm, 3Xrpm,...).

1.4.3.1.9) **VELOCIDADE**

Velocidade é a taxa de variação do deslocamento. Define-se o deslocamento como a variação da posição relativa de um ponto. No entanto, durante essa variação, ocorrem também variações de velocidade. A taxa de variação a que o deslocamento ocorre chama-se velocidade de vibração.

1.4.3.1.10) ACELERAÇÃO

Aceleração é a taxa de variação da velocidade em relação ao tempo.

1.4.3.1.11) ÂNGULO DE FASE

Ângulo de Fase é a variação relativa de posição de um ponto comparativamente a outro ponto ou a uma marca de referência. A medição do ângulo de fase é em graus, sendo que um ciclo completo possui 360°.

1.4.3.1.12) ESPECTRO DE FREQÜÊNCIA

O espectro de frequência é uma das técnicas mais comuns para a detecção e diagnóstico das avarias mais frequentes.

1.4.3.1.13) CURVA DE TENDÊNCIA

A curva de tendência apresenta a evolução do nível global de vibração. Através de seu acompanhamento é possível verificar qual o comportamento vibratório da máquina ao longo das diversas inspeções.

1.4.3.1.14) MAPAS ESPECTRAIS

Os mapas espectrais são a conjugação de um conjunto de espectros que permitem verificar qual tem sido o comportamento do ponto em análise, ao longo das sucessivas inspeções e em condições idênticas de velocidade de rotação e carga.

1.4.3.2) BALANCEAMENTO

Pela definição da "Internacional Standards Organization" (ISO), balancear é um processo pelo qual a distribuição de massa de um corpo giratório (rotor) é verificada e se necessário corrigido, afim de garantir que as vibrações nos eixos e/ou forças nos mancais se encontrem dentro de limites especificados.

Quando o centro de gravidade do conjunto de massas rotativas não coincide com seu eixo de rotação do rotor, o equilíbrio é perturbado devido às forças centrífugas que atuam unilateralmente. Esta perturbação recebe o nome de desequilíbrio. Os desequilíbrios solicitam esforços adicionais das peças rotativas das máquinas e provocam forças de flexão adicionais, provocando cargas nos mancais e rola-

mentos, o que reduz suas vidas úteis. Também produzem oscilações e ruídos, geram fadiga prematura dos materiais, causam trincas nas bases, rugosidade na usinagem e outros danos. Reestabelece-se o equilíbrio pelo balanceamento, no qual a distribuição de massa de um rotor é corrigida de modo que as vibrações e os esforços nos mancais não ultrapassem limites estabelecidos.

A causa do desequilíbrio pode ser usinagem excêntrica, falha de fundição, erros de montagem ou desgaste unilateral. As peças nas quais mais se observam desequilíbrios são as rodas dentadas, polias, árvores, acoplamentos, volantes e rotores.

O desbalanceamento é um esforço adicional atuante nas peças rotativas devido a massas desequilibradas, sendo detectado através da medição e análise de vibração do equipamento. É a principal causa de vibrações em máquinas e equipamentos. Nas peças de máquinas que giram com significante número de rotações por unidade de tempo, deve-se determinar a situação e a intensidade do desequilíbrio e eliminá-lo mediante o balanceamento. O balanceamento pode ser estático ou dinâmico .

É importante saber que, para corrigir um determinado desbalanceamento, podese fazê-lo colocando ou retirando massa do rotor, mas em locais que não prejudiquem a funcionabilidade operacional da peça. Deve-se indicar o maior raio de correção para que se obtenha a menor massa de correção possível também.

Há possibilidades de se executar balanceamento no campo. O equipamento para este balanceamento em campo é o mesmo coletor de dados utilizado na medição de vibração, porém com um software adicional. O acelerômetro faz a leitura da quantidade de massa a ser adicionada ou retirada do rotor e o sensor fotoelétrico lê a posição da correção do desequilíbrio.

1.4.3.2.1) EXCENTRICIDADE

Toda peça devidamente balanceada tem o seu centro de gravidade situado sobre o seu eixo de rotação (eixo principal de inércia coincidente com o eixo de rotação). Se na montagem estas condições forem ignoradas e o conjunto for montado excentricamente, o equipamento irá vibrar.

1.4.3.3) ALINHAMENTO A LASER

O desalinhamento entre os centros geométricos de dois eixos acoplados provoca o surgimento de uma excitação dinâmica que irá danificar os mecanismos e rolamentos.

1.4.3.4) TERMOGRAFIA

Termografia é a técnica preditiva que estende a visão humana através do espectro infravermelho. O infravermelho é uma freqüência eletromagnética naturalmente emitida por qualquer corpo, com intensidade proporcional a sua temperatura. São portanto emissores de infravermelho, em irradiações visuais, através de uma

tela de TV, produzindo imagens térmicas chamadas de TERMOGRAMAS, que, em resumo, permitem a visualização da distribuição de calor na região focalizada. Assim, através do termovisor, localizam-se regiões quentes ou frias, através da interpretação dos termogramas que fornecem uma imagem que pode abranger uma faixa de temperatura que vai de -20°C a 1500°C. Com opção de filtros especiais, o equipamento fornece uma imagem de qualidade, independente da presença do sol ou de outra fonte de calor.

A Manutenção Preditiva, através da inspeção termográfica, pode ser realizada em quadros elétricos de comando e distribuição de força, subestação, grupo gerador, central de ar condicionado, de iluminação, no break, elevadores, escadas rolantes, etc. Após a execução, são emitidos laudos, indicando as correções necessárias, ilustrados com os respectivos termogramas e registros fotográficos dos pontos de calor excessivo.

1.4.3.5) FERROGRAFIA (ANÁLISE DE ÓLEO)

A Ferrografia é uma técnica preditiva de monitoramento e diagnose de condições de máquinas, a partir da quantificação e análise da morfologia das partículas de desgaste (limalhas), encontradas em amostras de lubrificantes, onde se determinam: tipos de desgaste, contaminantes, desempenho do lubrificante, etc. Com estes dados torna-se possível a tomada de decisão quanto ao tipo e urgência de intervenção de manutenção necessária.

A Ferrografia é classificada como uma técnica de Manutenção Preditiva, embora possua inúmeras outras aplicações tais como o desenvolvimento de materiais e lubrificantes. A Ferrografia permite o acompanhamento dos desgastes mecânicos de vários elementos como mancais, hastes, contaminantes químicos até a própria degeneração do óleo lubrificante ou isolante com a determinação do ponto ótimo da sua substituição ou tratamento físico (filtragens) ou químico (desidratação, readitivação, etc.). O objetivo é a obtenção de maior confiabilidade no diagnóstico de máquinas tais como caixas de engrenagem e turbinas de helicópteros militares.

O principal motivo de seu desenvolvimento é a limitação apresentada por outras técnicas. Em vários casos estas técnicas não antecipam a ocorrência de defeitos nem apontam as reais causas de desgaste.

Os princípios básicos da ferrografia são: toda máquina se desgasta e o desgaste gera partículas; o tamanho e a quantidade das partículas indicam a severidade do desgaste; a morfologia e o acabamento superficial das partículas indicam o tipo de desgaste.

A amostragem é feita com a máquina em funcionamento ou momentos após a sua parada, de forma a ser evitada a precipitação das partículas. O ponto de coleta deve estar localizado o mais próximo possível da fonte de geração de partículas. No caso de sistemas circulatórios, uma válvula na tubulação de retorno do óleo é o ponto ideal. Quando inacessível, drenos em reservatórios ou amostragem por meio de bombas de coleta são alternativas válidas. O cuidado está em se evitarem pontos após filtros ou regiões onde não ocorra homogeneização. Enviadas ao

laboratório, as amostras serão analisadas por dois exames: Quantitativo e Analítico.

A Ferrografia é uma técnica de grande valia na diagnose de condição de máquinas, trazendo benefícios comprovados e mencionados no item Manutenção Preditiva.

1.4.3) ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO: MANUTENÇÃO PRÓ-ATIVA

Engenharia de manutenção é o conjunto de atividades que permite que a confiabilidade seja aumentada e a disponibilidade garantida. O objetivo da engenharia de manutenção é a redução das intervenções de reparos e da convivência com problemas crônicos, através da melhoria nos padrões e sistemáticas. Deste modo é possível desenvolver a manutenibilidade, realimentar a área de projetos de instalações e construtores de máquinas e apoiar tecnicamente os procedimentos de compras.

A Engenharia de Manutenção, conhecida em algumas empresas como Métodos de Manutenção, tem um papel de desenvolvimento técnico da Manutenção Industrial. Cabe a ela gerir as ferramentas para atualização técnica dos sistemas e processos, equipamentos e pessoal de manutenção. A missão da Engenharia de Manutenção é promover o progresso técnico da Manutenção, através da gestão de ferramentas que proporcionem a sua melhoria de desempenho. É a adequação dos equipamentos e instalações às condições de operação nas quais serão exigidos.

A Manutenção Pró-ativa é a manutenção baseada em conhecimento. Através de um trabalho sistemático para eliminar as causas das falhas, pode-se alcançar um nível de Manutenção Classe Mundial.

São elementos de um sistema de Engenharia de Manutenção:

- O Sistema de Gerenciamento informatizado de manutenção implantado, que traga agilidade e eficiência na obtenção de informações e análises;
- Programas específicos desenvolvidos para gerenciar manutenções preventivas e preditivas;
- Estudos de cargas em instalações elétricas, possibilitando a economia de energia elétrica através do dimensionamento correto de equipamentos e correção de fator de potência e gerenciamento da demanda;
- Inspeção visual em equipamentos elétricos e mecânicos;
- Cadastramento e rastreabilidade de equipamentos.

Descreve-se abaixo, de uma maneira global, as ferramentas ou áreas de atuação da Engenharia de Manutenção, que podem operar como suporte técnico às outras áreas da Manutenção:

- Arquivo Técnico;
- Desenvolvimento de Fornecedores;
- Nomenclatura de Intervenção Sistemática (NIS);
- Estudos e Melhorias de Manutenção;
- Sistemas de Gerenciamento de Manutenção;

- Apoio Técnico à Manutenção;
- Normalizações;
- Treinamento e educação técnica;
- Manutenção Preditiva.

1.1) INDICADORES DE DESEMPENHO E DEFINIÇÕES

Os Indicadores são elementos utilizados para calcular e comparar o desempenho da manutenção. Dos indicadores existentes, quatro se referem a resultados de equipamentos. São eles :

- Tempo Médio Entre Falhas (TMEF ou MTBF);
- Tempo Médio Para Reparo (TMPR ou MTTR);
- Tempo Médio Para Falhas (TMPF);
- Disponibilidade de Equipamento (DISP).

A seguir descrevem-se estes indicadores e outros, com suas metas de desempenho, que podem vir a ser utilizados para o gerenciamento da manutenção. Apresentam-se também definições importantes para a gerência da manutenção.

1.5.1) MTBF ou TMEF

Sigla de "Mean Time Between Failure" utilizado para caracterizar a medida de Tempo Médio Entre Falhas de um determinado equipamento. Quanto maior for este tempo, melhor o resultado da manutenção.

Horas = <u>Total de Horas Programadas para Produção</u> Número de Paradas da linha de Produção + 1

O MTBF pode também ser expresso como a relação entre o produto do número de itens por seus tempos de operação e o número total de falhas detectadas nesses itens, no período observado.

 $MTBF = \frac{NOIT.HROP}{NTMC}$

Esse indicador deve ser usado para itens que são reparados após a ocorrência de uma falha.

1.5.2) MTTR ou TMPR

Sigla de "Mean Time To Repair" utilizado para caracterizar a medida de Tempo Médio Para Reparo de um determinado equipamento. Quanto menor for este tempo, melhor o resultado da manutenção.

Horas = Total Horas Paradas da Linha de Produção p/ Manutenção Número de Paradas da linha de Produção + 1

O MTTR pode também ser expresso como a relação entre o tempo total de intervenção corretiva em um conjunto de itens com falha e o número total de

falhas detectadas nesses itens, no período observado.

$$MTTR = \underbrace{HTMC}_{NTMC}$$

Esse indicador deve ser usado para itens nos quais o tempo de reparo ou substituição é significativo em relação ao tempo de operação.

1.5.3) TMPF

Sigla de "Mean Time to Failure" utilizado para caracterizar a medida de Tempo Médio até a Falha de um determinado equipamento. Quanto maior for este tempo, melhor o resultado da manutenção.

É a relação entre o tempo total de operação de um conjunto de itens não reparáveis e o número total de falhas detectadas nesses itens, no período observado.

$$TMPF = \sum HROP$$

$$NTMC$$

Esse indicador deve ser usado para itens que são substituídos após a ocorrência de uma falha.

OBS: É importante observar a diferença conceitual existente entre os índices TMPF e TMEF. O TMPF é calculado para itens que não são reparados após a ocorrência de uma falha, ou seja, quando falham são substituídos por novos e, em consequência, seu tempo de reparo é zero. O TMEF é calculado para itens que são reparados após a ocorrência da falha. Nas definições apresentadas, assume-se o pressuposto de que a distribuição dos tempos entre falhas, dos tempos até o reparo e dos tempos até a falha seguem uma distribuição uniforme, ou seja, o tempo médio é obtido pela média aritmética dos tempos. Se a distribuição dos tempos seguir outra distribuição, como a distribuição de Weibull ou a distribuição lognormal, usuais em equipamentos, o MTBF deve ser calculado pela expressão mais geral:

 $MTBF = \int_0^\infty x.f(x)dx$, onde f(x) é a função densidade de probabilidade dos tempos até a falha.

Caso se disponha apenas de uns poucos dados discretos, usa-se a expressão:

$$MTBF = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} x. f(x), \text{ onde } x \text{ \'e o tempo at\'e a falha e f(x)\'e a probabilidade}$$

do tempo até a falha ser igual a x.

As expressões se reduzem à média aritmética para distribuições uniformes. Um raciocínio idêntico vale para o MTTR e para o MTPF.

1.5.4) DISP (DISPONIBILIDADE)

É a relação entre a diferença do número de horas do período considerado (horas calendário) com o número de horas de intervenção pelo pessoal manutenção (manutenção preventiva por tempo ou por estado, manutenção corretiva e outros serviços) para cada item observado e o número total de horas do período considerado.

DISP =
$$\sum (HCAL - HRMN) \times 100$$

 $\sum HCAL$

A disponibilidade de um item representa o percentual do tempo em que ficou a disposição do órgão de operação para desempenhar sua atividade. O índice de Disponibilidade também é identificado como "Performance ou Desempenho de Equipamentos" e, para itens de operação eventual, pode ser calculado como a relação entre o tempo total de operação de cada um e a soma deste tempo com o respectivo tempo total de manutenção no período considerado.

DISP = $\sum HROP \times 100$ $\sum (HROP - HRMN)$

A disponibilidade também pode ser calculada por: DISP = MTBF/(MTBF+MTTR). 100%

1.5.5) DISPONIBILIDADE DA LINHA

% = <u>Horas disponíveis da Linha na Capacidade Nominal</u> Total de Horas de Trab. Previstas do Período Considerado

1.5.6) PORCENTAGEM DE UTILIZAÇÃO DA LINHA

% = <u>Horas de Operação da Linha na Capacidade Nominal</u> Horas disponíveis da Linha na Capacidade Nominal

1.5.7) CUSTO DE MANUTENÇÃO POR UNIDADE DE PRODUÇÃO

Custo/Unidade = <u>Custo Total de Manutenção no Período</u> Total de Unidades Acabadas no Período

1.5.8) PORCENTAGEM DE NÃO CONFORMIDADES

% = <u>Número de Unidades não Conformes</u> Total de Unidades Produzidas (Incluindo as não conformes)

1.5.9) PORCENTAGEM DE HORAS EXTRAS DE MANUTENÇÃO

% = Total de Horas Extras no período Total de Horas Trabalhadas no período

1.5.10) PORCENTAGEM DE EMERGÊNCIAS

Horas % = <u>Total de Horas Trabalhadas em Serviços de Emergência</u> Total de Horas Trabalhadas

1.5.11) PORCENTAGEM DOS EQUIPAMENTOS COBERTOS PELOS PLANOS DE MANUTENÇÃO PREDITIVA

% = <u>Número de Equipamentos cobertos pelos Planos de Manutenção</u> <u>Preditiva</u>

Número de Total de Equipamentos que podem ser cobertos pelos Planos de Manut. Pred.

1.5.12) PORCENTAGEM DE SERVIÇOS REALIZADOS EM EMERGÊNCIA COMPARADOS COM OS SERVIÇOS DE PREVENTIVA E PREDITIVA

% = Total de Horas Trabalhadas em Emergência Total de Horas em Preventiva e Preditiva

1.5.13) PORCENTAGEM FALHAS ENCONTRADAS NOS LEVANTAMENTOS TERMOGRÁFICOS

% = <u>Número de Falhas Encontradas</u> Número de Equipamentos Pesquisados

1.5.14) CUSTO DE MANUTENÇÃO PELO VALOR DE REPOSIÇÃO

É a relação entre o custo total acumulado na manutenção de um determinado equipamento e o valor de compra desse equipamento novo (valor de reposição).

 $CMRP = \sum_{VI,RP} CTMN X 100$

Este indicador deve ser calculado para os itens mais importantes da empresa (que afetam o faturamento, a qualidade dos produtos ou serviços, a segurança ou o meio ambiente), uma vez que, como indicado, é personalizado para o item e se utiliza de valores acumulados, o que torna seu processamento mais demorado que os demais, não se justificando seu uso para itens secundários. Seu resultado deve ser acompanhado por um gráfico de linha ou de superfície com sua variação pelo menos nos doze últimos meses.

1.5.15) CUSTO DE MANUTENÇÃO POR FATURAMENTO

É a relação entre o custo total de manutenção e o faturamento da empresa no período considerado.

CMFT = CTMN X 100 FTEP

Este indicador é de fácil cálculo uma vez ambos os valores são normalmente processados pelo órgão de contabilidade da empresa.

1.5.15.1) CUSTO DE MÃO DE OBRA

MO = <u>Custo da mão-de-obra</u> x 100% Custo total da manutenção

1.5.15.2) CUSTO DE MATERIAIS

Materiais = <u>Custo total de materiais aplicados pela Manutenção</u> x 100% Custo total da Manutenção

1.5.15.3) CUSTO DE SERVIÇOS DE TERCEIROS

Nesse custo estão incluídas todas as contratações para realizar trabalhos dentro da planta e todos os serviços contratados fora, como usinagem, recuperação de peças, aferição e calibração, enrolamento de motores, reforma equipamentos etc.

Serviços de Terceiros = <u>Custo Total com Serviços de Terceiros</u> x 100% Custo Total da Manutenção

Esses resultados positivos, quando bem quantificados e acompanhados, podem demonstrar o acerto da medida e permitir novos investimentos com vistas à melhoria da confiabilidade e disponibilidade da planta, traduzidos pela melhor atuação da manutenção.

1.5.16) PARADAS DE EQUIPAMENTO CAUSADAS POR FALHAS NÃO PREVISTAS

Este é um indicador que pode demonstrar a eficácia do acompanhamento preditivo e do acerto do plano de manutenção preventiva da empresa. Quanto maior o seu valor, menor o acerto, ou seja, maior o número de horas paradas por falhas não previstas. Atualmente a grande virtude da manutenção não é reparar os equipamentos de modo rápido, mas prever e evitar as falhas dos equipamentos, instalações.

PNP = <u>Horas Paradas por Falhas não Previstas de Equipamentos</u> Total de Horas Paradas

1.5.17) TOTAL DE HH GASTOS EM REPAROS DE EMERGÊNCIA

É outra maneira de avaliar o acerto da política de preventiva e preditiva da manutenção. Quanto menor esse indicador, maior deverá ser a confiabilidade da instalação.

HHE = <u>Homens Hora Gastos em Reparos de Emergência</u> Total de Homens Hora Aplicados

1.5.18) ALOCAÇÃO POR TIPO DE SERVIÇO, POR PRIORIDADE E POR ESPECIALIDADE

A correta identificação das ordens de trabalho permite que a manutenção consiga ter dados, confiáveis, do seu modo de atuação. Assim, é importante definir a prioridade ou característica da Ordem de Trabalho : Emergência, Urgência, Normal, Data Marcada.

Emergência = <u>Total de HH programados (ou apropriados) em Urgência</u> Total de HH programados (ou apropriados)

Preventiva = <u>Total de HH apropriados em Preventiva</u> Total de HH apropriados

Mecânicos = <u>Total de HH de mecânicos apropriados</u> Total de HH apropriados na manutenção

1.5.19) CUMPRIMENTO DA PROGRAMAÇÃO

Outro aspecto importante ligado ao planejamento e coordenação dos serviços é a relação entre os serviços programados e os serviços executados.

Cumprimento Programação = <u>HH Serviços Planejados</u> HH Serviços Executados

Conforme Júlio Nascif, o objetivo é que o cumprimento da programação seja de 100%. Nos países do primeiro mundo considera-se que esse número deva estar sempre acima de 75%.

1.5.20) ACERTO DA PROGRAMAÇÃO

Um indicador que pode medir o acerto da programação é aquele que aponta os desvios entre os tempos programados e os tempos de execução. Na manutenção

são muitas as situações imprevistas, como quebra de parafusos, engripamentos etc que contribuem para esses desvios. É importante que os desvios mais acentuados sejam justificados de modo que os parâmetros sejam mantidos ou corrigidos nas programações futuras.

Acerto em 20% Programação = N° . de OT's com desvio no tempo programado

maior de 20% N°. Total de OT's

1.5.21) RESSERVIÇOS OU RETRABALHO

Resserviços ou retrabalhos são repetições ocasionadas por problemas ligados às seguintes falhas: Mão de Obra; Material; Problemas de Projeto; Problemas de Operação.

O acompanhamento dos resserviços pode permitir rastrear sua causa e corrigi-la. Levantamentos levados a efeito no Brasil dão conta que a maior causa dos resserviços está relacionada a problemas de mão de obra, o que reforça a necessidade de se investir no treinamento e capacitação.

O indicador de resserviço deve ser tomado em relação ao total de serviços executados.

Retrabalho = <u>Total de serviços repetidos</u> x 100% Total de serviços realizados

Essa forma de medir não leva em conta o porte do serviço, nem a indisponibilidade do equipamento. Desse modo, outra maneira de medir é:

Retrabalho = <u>HH gastos em retrabalho</u> x 100% HH total de manutenção

1.5.22) PRODUTIVIDADE

A medição da produtividade individual pode provocar algumas reações que ao invés de promoverem melhorias acabam criando um estado de espírito em que o executante fica querendo enganar o planejamento para não sair prejudicado. A medição da produtividade deve estar, em primeiro lugar, ligada à necessidade de melhoria nos métodos de trabalho visando facilitar a vida do executante e em conseqüência reduzindo os tempos de manutenção para aumentar a disponibilidade dos equipamentos.

Produtividade = <u>Horas efetivamente trabalhadas</u> x 100% Jornada de trabalho Conforme Júlio Nascif, esse indicador pode ser aplicado a um indivíduo, a uma equipe, a um setor, departamento ou a toda a manutenção. A produtividade pode estar ligada, também, à capacitação ou habilidades incorporadas por meio de treinamento aos executantes e supervisores. Nesse aspecto os supervisores e engenheiros devem estar atentos para que as baixas de produtividade decorrentes da falta de capacitação sejam sanadas. Essa medição não costuma ser fácil, entretanto alguns autores preconizam um indicador como o mostrado a seguir:

Produtividade/Treinamento =

Perdas de tempo ocasionadas por falta de treinamento Tempo total trabalhado

1.6) FMEA

O FMEA é uma ferramenta preventiva e quando bem aplicada, pode possibitar :

- Reconhecer e avaliar falhas potenciais de um produto, processo, equipamento e seus efeitos;
- Identificar ações que possam eliminar ou reduzir a chance de uma falha potencial ocorrer;
- Identificar falhas e classificar seus efeitos;
- Elaborar o plano de manutenção (confiabilidade) do equipamento;
- -Classificar possíveis deficiências de projeto e processo;
- Auxiliar a focar na prevenção e eliminação de problemas de produto e processos que possam vir a ocorrer.

1.7) CRITICIDADE

A criticidade do equipamento está relacionada com a sua importância na produção da empresa. A prioridade do equipamento pode ser classificada de acordo com a sua criticidade. A criticidade de uma instalação ou equipamento deve levar em conta os fatores de perda de produção, custo do reparo, danos ao meio ambiente, etc.

1.8) ABRAMAM

Associação Brasileira de Manutenção.

1.9) STAND BY

Termo empregado para caracterizar uma dualidade para um mesmo propósito, ou seja, um sobressalente instalado. É muito comum em plantas de processo uma quantidade relativamente grande de equipamentos "stand by". Por não estarem em uso, esses equipamentos não estão se auto limpando, sofrem os efeitos de vibração e contaminação do meio ambiente. Cuidados especiais devem ser observados.

1.10) C.M.M.S

Sigla de "Computerized Maintenance Management System", utilizado para caracterizar um software de gerenciamento da manutenção. Nos sistemas de manutenção com apoio da Tecnologia da Informação se armazenam informações relacionadas aos equipamentos (cadastro) e materiais (sobressalentes), estabelecem-se as tarefas adequadas para execução de intervenções programadas pelos mantenedores e operadores, define-se o momento adequado para cada uma e os recursos que serão utilizados (planejamento). Também são objetivos do sistema de informação reduzir os encargos administrativos dos executantes de manutenção e estabelecer registros recuperáveis relacionados com os registros de outras áreas envolvidas com a função manutenção. Consequentemente, o aumento da disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos juntamente com a redução de custos de manutenção ficam visíveis.

1.11) MANUTENABILIDADE

É uma característica de projeto, instalação e operação, geralmente expressa como a probabilidade de uma máquina restabelecer sua condição de operação nominal dentro de um intervalo especificado de tempo, quando é realizada a manutenção de acordo com procedimentos prescritos.

1.12) MANTENIBILIDADE

Facilidade de um item em ser mantido ou recolocado em condições de executar suas funções requeridas .

1.13) BACK-LOG

É o tempo que a equipe de manutenção deverá trabalhar para executar os serviços pendentes, supondo que não cheguem novos pedidos ou Ordens de Serviços durante a execução dessas pendências. Sob o ponto de vista da Teoria das Filas, é o tempo que os pedidos de manutenção aguardam na fila para atendimento, ou seja, considerando a equipe de manutenção como uma estação de serviços e as Ordens de Serviços em uma fila de espera, o "back-log" será obtido a partir da relação entre a taxa de chegada e a taxa de atendimento.

O Back Log ou carga futura de trabalho indica quantos homens-hora ou dias, para uma dada força de trabalho, serão necessários para executar todos os serviços solicitados.

Back Log = Total de HH necessários para executar os serviços em carteira Total de HH disponíveis para executar os serviços/dia

1.14) LAY OUT

"LAY OUT" é a disposição de equipamentos, bancadas e materiais dentro da empresa.

1.15) ORDENS DE SERVIÇOS

Formulários onde são anotadas as informações das atividades de manutenção realizadas num determinado equipamento ou instalação. Podem conter também o roteiro a ser seguido para executar uma determinada atividade.

1.16) ANÁLISE DE ÁRVORE DE LÓGICA (LTA)

Um processo de decisão estruturado para determinar a aplicabilidade e efetividade da manutenção preventiva, baseado na classificação de criticidade do fracasso, o tipo de equipamento, o modo de fracasso e causa de fracasso.

1.17) ÁRVORES DE FALHA

É uma técnica usada em indústria para avaliar a confiança de sistemas complexos. Este método foi originado para avaliar a confiança e segurança do Sistema, hierarquizando os modos de falha.

1.18) DOWN-TIME

"DOWN-TIME" é o tempo de parada da máquina.

1.19) PCM

Equipe de Planejamento e Controle de Manutenção, com a finalidade de desenvolver, implementar e analisar os resultados dos Sistemas Automatizados de Manutenção.

1.20) CHECK-LIST (LISTA DE VERIFICAÇÃO)

"CHECK-LIST" é o termo empregado para caracterizar uma lista de atividades padronizada, de forma a evitar esquecimentos na execução de uma determinada tarefa.

1.21) START-UP (POSTA EM MARCHA)

"START-UP" é o termo empregado para definir o início de operação ou partida de um determinado equipamento, linha ou unidade de produção, ou mesmo uma unidade de produção completa. Com a disseminação do conceito, é empregado também de forma genérica para a partida de uma etapa.

1.22) BY-PASS

"BY-PASS" é o termo empregado para caracterizar um desvio ou caminho alternativo de um sistema.

1.23) SPARE PARTS

"SPARE PARTS" é o termo empregado para caracterizar as peças de reposição ou sobressalentes

1.24) COMISSIONING

"COMISSIONING" é o termo empregado para caracterizar um período de testes ou comissionamento de equipamentos ou unidade produtiva.

1.25) ON THE JOB TRAINNING (OJT)

"ON THE JOB TRAINNING" é o termo empregado para caracterizar treinamento no trabalho, ou seja, treinamento prático realizado em situação real de ocorrências.

1.26) STAND-ALONE

"STAND-ALONE" é o termo empregado para caracterizar um equipamento em funcionamento independente, sozinho. Exemplo: computador que opera sem estar ligado a uma rede.

1.27) TESTE A FRIO

Termo empregado para uma fase de testes de equipamentos de forma isolada, sem carga e sem a interligação que determina uma linha de produção.

1.28) TESTE A QUENTE

Termo empregado para uma fase de testes de equipamentos em situação real, para a qual o sistema foi projetado. Ou seja, é o teste com carga.

1.29) BETA TESTE

Termo empregado para caracterizar um teste de qualquer natureza em protótipo, ou seja, ainda em fase experimental.

Referências Bibliográficas

Lourival Augusto Tavares: Administração Moderna da Manutenção

SITES PESQUISADOS

www.manter.com.br Manter – Portal da Manutenção Júlio Nascif Xavier Eng. Tarcísio Armando D'Aquino Baroni Santos Eng. Guilherme Faria Gomes Alan Kardec Pinto Celso Teixeira

www.abramam.org.br ABRAMAN - Associação Brasileira de Manutenção

Capítulo 2

TÉCNICAS E FERRAMENTAS GERENCIAIS

As exigências atuais da confiabilidade e disponibilidade são de tal ordem que se impõem, aos gerentes de manutenção, responsabilidades que só podem ser executadas com ferramentas adequadas de gestão.

"Uma grande variedade de instrumentos gerenciais tem sido colocada à disposição do homem de manutenção, TQC, TPM, Terceirização, entre outros, são, simplesmente, ferramentas e, como tal, a sua simples utilização não é sinônimo de bons resultados. Temos visto muitos gerentes transformarem estas ferramentas em objetivos da manutenção, e os resultados são desastrosos.

Não tenho dúvida que a causa básica do fracasso é o não conhecimento da Missão da Manutenção, seus conceitos básicos, seus novos paradigmas; conhecendo-se tudo isto, a utilização daquelas ferramentas levará, certamente, a novos patamares de qualidade"

"Todo vento é favorável para quem não sabe aonde ir".

(Alan Kardec Pinto)

2.1) QUALIDADE TOTAL

Qualidade Total é administrar a empresa com foco na plena satisfação do cliente, tornando possível atender e superar as suas expectativas e necessidades. A Qualidade Total resume as condições para que as empresas sobrevivam e se desenvolvam no ambiente competitivo em que vivemos.

Conforme Deming, "A produtividade é aumentada pela melhoria da qualidade. Este fato é bem conhecido por uma seleta minoria "

A base da garantia da qualidade está no planejamento e na sistematização (formalização) de processos, que servirão de base para sua melhoria. Essa formalização se baseia na documentação escrita, que deve ser de fácil acesso, permitindo identificar o caminho percorrido. O registro e o controle das etapas relativas à garantia da qualidade proporcionam maior confiabilidade ao produto. Pela definição de qualidade, um produto ou serviço de qualidade é aquele que atende perfeitamente, de forma confiável, de forma acessível, de forma segura e no tempo certo às necessidades do cliente.

2.1.1) CONTROLE QUALIDADE TOTAL - TQC

O Controle da Qualidade Total é um sistema gerencial aperfeiçoado no Japão e conhecido como TQC, implantado nas empresas para garantir a sua sobrevivência através da satisfação das necessidades das pessoas (principalmente os clientes), estabelecendo padrões para o atendimento destas necessidades (controle de processos), a partir de uma visão estratégica e com abordagem humanista.

Tem como objetivos a maximização da confiabilidade dos produtos ou serviços, máxima disponibilidade dos equipamentos para a produção, atendimento a todos os requisitos propostos, isenção do desgaste provocado pelas reclamações quanto a não-conformidades, o contínuo atendimento das necessidades dos clientes ao mais baixo custo, dando liberdade ao potencial de todos os empregados.

TQC = Controle Total (métodos) + Qualidade Total (satisfação dos clientes). O TQC é o conjunto de conceitos que possibilita administrar a organização com o enfoque na Qualidade Total, sendo um sistema administrativo baseado na participação de todos os setores e empregados da empresa, no estudo e condução do controle da qualidade (Falconi, 1994).

2.2) ISO

A ISO ("International Organization for Standardization" = Organização Internacional de Normalização) tem como objetivos estabelecer normas que representem e traduzam o consenso dos diferentes países do mundo. A ISO é uma federação mundial de organismos de normalização de mais de 100 países sediada na Suíça que, em 1987, homogeneizou e reuniu os requisitos dispersos em diversas normas sobre qualidade em uma única série.

A ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) é a representante oficial do Brasil na ISO. É a responsável pela auditoria e publicação das normas ISO 9000 e 14000.

2.2.1) ISO 9000

A ISO é mais conhecida pela série 9000, ou seja, as normas que tratam de Sistemas para Gestão e Garantia da Qualidade nas empresas. O certificado ISO 9000 é uma garantia adicional que uma organização dá a seus clientes, demonstrando, através de um organismo certificador credenciado que ela possui um sistema de gestão de qualidade, com mecanismos e procedimentos para realizar atividades e solucionar eventuais problemas relacionados à qualidade, visando sempre a satisfação dos clientes.

Ter um certificado ISO 9000 significa que uma empresa tem um sistema gerencial voltado para a qualidade e que atende aos requisitos de uma das normas da série. A implantação da ISO 9000 é um dos passos rumo à Qualidade Total, podendo ser uma ferramenta gerencial eficaz.

A ISO 9000 é uma norma que visa à prevenção de falhas, através de uma série de ações, dentre as quais se podem destacar: a empresa precisa estar totalmente comprometida com a qualidade (considerando qualidade como atendimento a requisitos de clientes), desde os níveis mais elevados, até os operadores; existência de instruções de trabalho formalizando todas as atividades que afetam a qualidade; existência de um plano de treinamento, envolvendo uma sistemática periódica de levantamento de necessidades, controle de execução e verificação de eficácia; atendimento aos requisitos da norma escolhida, em função da complexidade do produto ou serviço.

Para que servem as normas iso série 9000 ?

- A empresa passa a demonstrar que trabalha com qualidade;
- Relações comerciais podem ser facilitadas;
- Possibilidade de redução de riscos;
- Possibilidade de redução de custos;
- Possibilidade de benefícios gerais.

2.2.1.1) NOVA VERSÃO DA ISO 9001:2000

A série de normas ISO 9000:1994 foram revisadas dentro da filosofia da Melhoria Contínua, dando origem a série ISO 9000:2000, cujo enfoque é a Gestão de Processos.

Um dos benefícios proporcionados pela Norma ISO 9001:2000 é a melhoria contínua da eficácia do sistema de gestão da qualidade, obtida por meio da abordagem dos processos, com o objetivo de aumentar a satisfação do cliente pelo atendimento aos seus requisitos.

A administração de uma organização contempla a gestão da qualidade entre outras disciplinas de gestão.

Oito princípios de gestão da qualidade foram identificados, os quais podem ser usados pela Alta Direção para conduzir a organização à melhoria do seu desempenho:

- Foco no Cliente;
- Liderança;
- Envolvimento de Pessoas;
- Abordagem de Processo;
- Abordagem Sistêmica para a Gestão;
- Melhoria Contínua:
- Abordagem Factual para a Tomada de Decisão;
- Benefícios Mútuos nas Relações com os Fornecedores.

Estes oito princípios de gestão da qualidade formam a base para as normas de sistema de gestão da qualidade na família NBR ISO 9000.

2.2.1.2) AS NORMAS DA SÉRIE ISO 9000

As normas ISO 9000/Dez 2000, foram publicadas pela ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, versão em português, e entraram em vigor a partir de 29 de janeiro de 2001.

As novas normas da série ISO 9000/2000, são:

NBR ISO 9000

- Sistemas de Gestão da Qualidade
- Fundamentos e Vocabulário;

NBR ISO 9001

- Sistemas de Gestão da Qualidade
- Requisitos;

NBR ISO 9004

- Sistemas de Gestão da Qualidade
- Diretrizes para Melhorias de Desempenho.

2.2.2) SGA – SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL

Gestão Ambiental é a forma pela qual a empresa se mobiliza, interna e externamente, para a conquista da qualidade ambiental. O Sistema de Gestão Ambiental – SGA é um conjunto de procedimentos para gerir ou administrar uma empresa, de forma a obter o melhor relacionamento com o meio ambiente.

O SGA serve para garantir que as atividades e processos produtivos de uma empresa sejam compatíveis com o meio ambiente, ou seja, não o agridem e nem o alterem significativamente. Com a implantação do SGA, é esperado que a empresa reduza os custos com a disposição de resíduos, o consumo de energia e de insumos, a poluição global, melhore sua imagem perante órgãos ambientais, clientes e comunidade, melhore o sistema de gerenciamento adotado, facilite a aquisição de financiamentos, etc.

Para implantar um SGA numa empresa, é necessário seguir os requisitos da norma da série ISO 14000. Logo, a empresa pode implantar um SGA com base na Norma Internacional NBR-ISO 14001.

2.2.2.1) ISO 14000

A ISO 14000 é uma série de normas voluntárias, ou seja, as empresas não são obrigadas a implantar nenhum destes padrões. A série ISO 14000 é composta de seis grupos de normas definidas pela ISO, cada uma delas abordando um assunto específico da questão ambiental: Sistema de Gestão Ambiental (NBR-ISO 14001 e 14004), Auditorias Ambientais (NBR-ISO 14010, 14011 e 14012), Avaliação de Desempenho Ambiental, Rotulagem Ambiental, Aspectos Ambientais em Normas de Produtos e Análise do Ciclo de Vida do Produto.

As normas ISO 14000 constituem as ISO "Verdes". Ela exige que as empresas criem um Sistema de Gestão Ambiental que constantemente avalia e reduz o dano provocado potencialmente ao meio ambiente pelas atividades da empresa. Isto pode incluir a definição de matérias primas, todos os processos de fabricação, o uso dos produtos e o descarte dos mesmos. A "Norma ISO 14000" é o padrão que pode ajudar as empresas a protegerem o meio ambiente, reduzirem seus custos de operação e adquirirem vantagens no mercado.

2.2.2.2) ISO 14001

A Norma ISO 14001 estabelece as especificações e os elementos de como se deve implementar um SGA – Sistema de Gestão Ambiental. Logo, a implantação de um Sistema de Gestão Ambiental é baseado na ISO 14001.

A Certificação de Sistema de Gestão Ambiental tem por objetivo certificar empresas que tem um SGA estruturado, implementado em conformidade com a norma NBR-ISO 14001.

ISO 14001: Sistema Internacional de Administração Ambiental padronizado e desenvolvido pela Organização de Padrões Internacional. O padrão é projetado para enviar todas as facetas das operações de uma organização, produtos, e serviços.

Cobre política ambiental, recursos, treinamento, operações, resposta de emergência, auditorias, medida, e visões de administração. Contém cinco elementos principais que uma organização tem que satisfazer para ser registrada ou tem que certificar. Estes elementos são política, enquanto planejando, implementação e operações, verificação e ação corretivo, e revisão de administração.

2.2.2.3) ASPECTOS AMBIENTAIS

Elementos das atividades, produtos e serviços de uma organização, que podem interagir com o meio ambiente : serragem, borra de tinta, efluentes líquidos, energia consumida, madeira consumida.

2.2.2.4) IMPACTOS AMBIENTAIS

Qualquer mudança no meio ambiente, positiva ou negativa, resultante dos aspectos ambientais : poluição do ar, poluição dos rios, contaminação das águas subterrâneas, esgotamento de recursos naturais.

2.2.2.5) PASSIVO AMBIENTAL

Resultado econômico das empresas passível de ser sacrificado em função da preservação, recuperação e proteção ao meio ambiente.

2.2.2.6) RECICLAGEM

Repetição de um procedimento sobre um determinado produto ou substância, com o objetivo de reaproveitar as propriedades do mesmo.

2.2.2.7) RESÍDUOS

Materiais inúteis, indesejáveis, resultantes de atividades e processos da comunidade.

2.3) PROGRAMA 5 S

Surgido no Japão a partir da década de 50, o nome do PROGRAMA 5S vem das palavras japonesas iniciados com a letra S (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke) que significam : Senso de Utilização (Seiri), Senso de Ordenação (Seiton), Senso de Limpeza (Seiso), Senso de Saúde (Seiketsu), Senso de Autodisciplina (Shitsuke), para expressar com profundidade a mudança comportamental promovida pela implementação do Programa.

O Programa 5S é uma ferramenta de Gestão pela Qualidade Total baseado em sensos, devendo ser um processo contínuo e um conjunto de atitudes e atividades implementadas que proporcionam maior satisfação das pessoas e cria um ambiente de trabalho mais saudável e organizado, no qual todos poderão realizar melhor suas tarefas diárias.

O programa tem como objetivos: evitar perda de tempo, melhoria da qualidade, prevenção de acidentes, melhoria da produtividade, redução de custos, conservação de energia, prevenção quanto à parada por quebras, melhoria do ambiente de trabalho, incentivo à criatividade, melhoria do moral e maior participação dos empregados e eliminar desperdícios.

A filosofia 5S tem sido reconhecida na criação e melhoria do ambiente da qualidade. A prática do 5S tem produzido conseqüências visíveis no aumento da auto-estima, no respeito ao semelhante, no respeito ao meio ambiente e no crescimento pessoal. O contínuo desenvolvimento da autodisciplina promove o crescimento do ser humano em iniciativa, criatividade e respeito. Com o desenvolvimento do senso de utilização, decreta-se guerra ao desperdício de inteligência, tempo e matéria-prima. O combate ao estresse é auxiliado pelos sensos de ordenação, limpeza e asseio (saúde).

A metodologia de implantação da Gestão pela Qualidade Total teve como base estratégica, para atingir o comprometimento, o caminho da conscientização. Dentre as experiências praticadas, na metodologia de Gestão da Qualidade, o 5S se destaca pelos resultados práticos e tangíveis que apresenta.

Alguns dos benefícios mais importantes não são aqueles que se podem visualizar. São aqueles que podem ser efetivamente medidos, tais como: produtividade, redução da quantidade de acidentes, redução dos custos com limpeza, pintura, etc (ao não sujar, não se necessita limpar), etc.

2.4) TPM (MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL)

A metodologia Manutenção Produtiva Total – TPM é um programa de qualidade aplicado no processo de produção da empresa. Criado no Japão, esta prática gerencial foi desenvolvido com a finalidade de envolver todos os colaboradores da empresa na busca da melhoria do desempenho dos processos empresariais. Entende-se também como uma filosofia de trabalho no qual algumas tarefas de menor complexidade são executadas por operadores das máquinas. Incorpora também melhorias definidas pelo pessoal do chão de fábrica, tais como: limpeza, organização e quebra-zero.

A TPM é uma ferramenta de gestão empresarial que tem como objetivos: reduzir custos, aumentar a produtividade, elimina as perdas existentes no processo produtivo, maximizar a utilização do ativo industrial e garantir a geração de produtos de alta qualidade a custos competitivos, sem que haja necessidade de novos investimentos. Além disso, desenvolve conhecimentos capazes de reeducar as pessoas para ações de prevenção e de melhoria contínua, garantindo o aumento da confiabilidade dos equipamentos e da otimização dos processos.

A TPM ensina também como prevenir quebras dos equipamentos e como reparálos em pouco tempo.

"Da minha máquina cuido eu" é adotada pelos operadores que passam a dispensar ao(s) equipamento(s) uma atenção especial, coisa totalmente diferente do descaso que se verifica em muitas indústrias hoje em dia.

(Júlio Nascif Xavier)

"TPM: continuidade da evolução de metodologias tecnológicas de manutenção".

Como resultado de sua implementação, tem-se uma drástica redução de quebras em equipamentos, redução de pequenas paradas, redução dos índices de não qualidade e de reclamações de clientes, redução do nível de estoques, redução de acidentes do trabalho, redução custos e retrabalhos, grande aumento de produtividade e disponibilidade das instalações industriais.

A TPM tem como objetivo mais geral desenvolver uma estrutura organizacional que possibilite obter a máxima eficiência global do sistema de produção, envolvendo todos os setores da empresa, desde a produção (operação) até administração e vendas. Para tanto, deve-se criar mecanismos para a eliminação dos desperdícios (as chamadas "grandes perdas"), através da busca pelo "zero acidente", "zero defeito", e "zero quebra/falha", levando em conta todo o ciclo de vida do sistema. Um pressuposto básico da TPM é o envolvimento de todos no processo, desde a alta administração até o chamado chão-de-fábrica.

É fundamental que fique claro que a TPM não é uma técnica de gerenciamento da manutenção. Segundo Nakajima, o objetivo maior da TPM é promover a integração da manutenção do sistema produtivo, de uma forma total, tanto nos aspectos administrativos como operacionais. A manutenção passa, então, a ser uma preocupação de todos. Assim, pode-se dizer que a TPM representa uma nova filosofia de trabalho que prega a integração total do homem-equipamento-empresa para a busca contínua de produtividade.

Logo, a TPM é uma metodologia de melhoria de eficiencia operacional de equipamentos baseada na capacitação de operadores em execução de pequenas manutenções, representando uma mudança na cultura de trabalho, por enfatizar a preservação dos equipamentos e eliminação das perdas de produção.

2.5) M.A.S.P : METODOLOGIA DE ANÁLISE E SOLUÇÃO DE PROBLEMAS

M.A.S.P é a metodologia para análise e solução de problemas baseada em reuniões de grupos dentro das empresas, adotando o Ciclo P.D.C.A . A metodologia contempla as seguintes fases: identificação, observação, análise, plano de ação, verificação e padronização .

A metodologia de análise e solução de problemas (M.A.S.P) é um procedimento que pode ser usado tanto para solução de problemas (resultado indesejável de um processo) quanto para promover processos de melhoria dentro da empresa.

Solucionar um problema é melhorar o resultado ruim até um nível razoável. As relação causa e efeito é analisada com bastante precisão.

O ataque ao problema deve ser planejado e implementado de maneira a impedir o reaparecimento dos fatores causadores do problema.

2.6) CICLO P.D.C.A : MÉTODO DE CONTROLE DE PROCESSO MÉTODO DE SOLUÇÃO DE PROBLEMAS

PDCA é um metodologia de gestão da Qualidade através do giro do PDCA em toda atividade, controlando assim o processo para atingimento de um resultado

desejado, posssibilitando o melhoramento contínuo. O Ciclo PDCA é utilizado como uma das principais ferramentas da qualidade para o controle de processos e é composto de 4 fases básicas do controle :

- planejar (P): antes da execução de qualquer processo, as atividades devem ser planejadas, definindo-se aonde se quer chegar (meta) e como chegar onde se pretende (método);
- desenvolver (D): é a execução do plano. Deve-se educar e treinar as pessoas para executá-lo e recolher dados que permitam o seu controle posterior;
- checar (C): é a fase de monitoração e avalação do processo, através de itens de controle e verificação, onde os resultados da execução são comparados com os dados do planejamento (metas e métodos) e registrados os desvios (problemas) encontrados;
- agir corretivamente (A) : é a fase de definição da solução para os problemas encontrados, aperfeiçoando-se o processo.

O Ciclo PDCA de controle é utilizado para manter e melhorar as diretrizes de controle (as diretrizes de controle são mantidas pelo cumprimento dos procedimentos padrão de operação) de um processo.

Logo, esta metodologia proposta por Deming para a gestão da qualidade pode ser encarada como sendo uma oportuna transposição para o contexto gerencial, da teoria básica de controle de processos industriais, ou seja: girar o PDCA é nada mais nada menos que controlar o processo de atingimento de um resultado desejado. A gestão da qualidade pelo método PDCA pode então ser vista como um Sistema de Controle a Realimentação do Processo Qualidade -.

Aplicar o PDCA em toda atividade é simplesmente controlar todo o processo de busca de um dado resultado de forma a atingi-lo sem que ocorram desvios em relação às expectativas.

2.7) TIME DA QUALIDADE

Time da Qualidade é um pequeno grupo de profissionais de uma empresa, formado com a finalidade de se reunir periodicamente, para estudar e implantar projetos de melhoria no trabalho.

2.8) FERRAMENTAS DE UM TIME DA QUALIDADE

Para auxiliar a implementação de programas de qualidade total, uma série de ferramentas foram desenvolvidas, ou emprestadas da engenharia e da estatística. Logo, as ferramentas são técnicas e regras que o Time da Qualidade usa para o estudo do seu projeto.

2.8.1) MATRIZ COMPARATIVA

É uma técnica utilizada pelo Time da Qualidade para priorizar as situações de um trabalho ou as causas de um problema. É um quadro feito de colunas e linhas, uma para cada causa.

2.8.1.1) **CONSENSO**

Significa concordância geral. Quando todos os membros do grupo, incluindo seu líder, aceitam uma decisão, concordando que ela é melhor para o grupo naquele momento, todos se comprometem com o processo.

2.8.2) GRÁFICO DE PARETO

Esta ferramenta permite identificar os problemas que deverão ser resolvidos prioritariamente, uma vez que classifica os problemas estatisticamente, mostrando os problemas com maior incidência em cada processo. O Gráfico de Pareto, classifica as principais causas que geram reclamações.

O gráfico de Pareto é um gráfico de coluna. Cada coluna é a incidência da causa calculada em percentual. As colunas são organizadas da maior para a menor. A filosofia de Pareto é priorizar as causas em duas classes : classe das causas vitais e das causas triviais, ficando as vitais destacadas como foco de atenção.

2.8.3) DIAGRAMA DOS 4 Ms OU DIAGRAMA DE ISHIKAWA OU DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO OU DIAGRAMA ESPINHA DE PEIXE

É um diagrama usado pelo Time da Qualidade para encontrar possíveis causas de um problema. Cada vértebra da espinha representa uma família de causas; são as famílias dos Ms (Máquina, Método, Material, Mão de Obra). Possui aspecto semelhante a uma espinha de peixe, onde as idéias surgidas em uma seção de Brainstorming são agrupadas e direcionadas ordenadamente.

Como fazer: desenhar o diagrama com as quatro famílias; escrever no quadrado da direita o nome do problema em análise; escrever cada causa sobre uma seta horizontal, que aponta para a seta da família correspondente; escrever a causa da causa sobre uma seta oblíqua que aponta para a seta da causa principal.

Logo, o diagrama é uma técnica para entendimento da relação causa e efeito.

2.8.4) BRAINSTORMING

"Brainstorming" é uma técnica para gerar muitas idéias a respeito da solução de um problema. Trata-se de um exercício no qual cada membro do time tem a sua vez de dar idéias. Todas as idéias são anotadas para consultas posteriores. O tempo de duração da sessão é combinado e deverá ser respeitado. Logo, o "Brainstorming" é uma discussão grupal para entendimento de situações.

2.8.5) 5W - 2H

Esta ferramenta é normalmente utilizada quando se pretende analisar ou planejar um processo qualquer. Permite entender ou definir o processo, uma vez que responde a 7 perguntas:

- What: o que deve ser realizado?
- Why: por que?
- Who: quem deverá realizar?
- When: quando deverá ser realizado?
- Where: aonde deverá ser realizado?
- How: como deverá ser feito?
- How Much: quanto custará?

Ao planejar um processo, estas perguntas serão formuladas com o verbo no futuro; e ao analisar um processo existente, para adequá-lo ou aprimorá-lo, as perguntas serão formuladas no presente ou no passado.

Logo, 5W-2H é uma técnica para planejamento de processos.

2.8.6) ESTRELA DECISÓRIA

A Estrela Decisória se constitui de seis passos, que vão desde o desdobramento do problema até o acompanhamento dos resultados da solução implantada pelo time, relativa ao seu projeto de melhoria.

2.9) PROGRAMA DE SUGESTÕES

É o programa que visa ao aproveitamento de idéias e sugestões dos empregados, incentivando e reconhecendo a sua participação ativa e voluntária, para que a rotina tenha maior rapidez, maior segurança, menor custo, maior precisão e confiabilidade, menor perda de produção, maior qualidade, menor esforço físico, menor interferência com a operação da planta.

2.10) TERCEIRIZAÇÃO

A terceirização tem sido uma das estratégias empresariais para o aumento da competitividade. Verifica-se uma tendência à terceirização desde que as empresas perceberam que devem centrar seus esforços na atividade fim, ou seja no seu negócio. Uma série de atividades, que não são atividades fins da empresa, pode ser terceirizada. Exemplos clássicos são as áreas de alimentação, vigilância, usinagem e limpeza dentre outras. Existem empresas no mercado cuja atividade fim e vocação é fazer alimentação, vigilância etc., e normalmente o fazem bem melhor.

A prestação de serviços a terceiros tende ao crescimento, à medida que constitui recurso estratégico para melhoria da qualidade dos serviços ou produtos e para desenvolvimento das organizações empresariais que fazem parte de uma economia globalizada.

Para que a terceirização dê bons resultados deve-se contratar os serviços com segurança e confiabilidade. O contratado deve atender, entre outras, duas condições: ter capacitação técnica e ter idoneidade financeira. É fundamental que alguns procedimentos sejam observados para não comprometer um sistema que,

se bem aplicado, pode ser uma importante ferramenta de competitividade em economias cada vez mais globalizada.

"A missão do prestador de serviços que seja responsável pela manutenção completa de uma instalação industrial, não é diferente de outras organizações de manutenção. Ela tem que estar permanentemente voltada para atender de forma holiistica ao processo global da empresa, sem se descuidar dos detalhes específicos de sua atividade".

(Celso Teixeira)

2.11) BENCHMARKING

Benchmarking é o processo contínuo de medição de produtos, serviços e práticas em relação aos mais fortes concorrentes, ou às empresas reconhecidas como líderes no mercado. Através do "benchmarking" buscam-se as melhores práticas que conduzam a empresa à maximização da performance empresarial.

O "benchmarking" deve ser abordado investigando-se inicialmente as práticas da indústria. É necessário preocupar-se também em realizar benchmarking de processos de negócios tais como a manutenção, a distribuição, o desenvolvimento de produtos, etc.

Para definir as metas e explicitar a Visão de Futuro, pode-se adotar o "benchmarking" que é o processo de análise e comparação de empresas do mesmo segmento de negócio, com o propósito de conhecer:

- As melhores marcas ou "benchmarks" das empresas vencedoras, objetivando definir as metas de curto, médio e longo prazos;
- A situação atual da sua empresa e com isto apontar as diferenças competitivas;
- Os caminhos estratégicos das empresas vencedoras ou as "melhores práticas";
- Âlém de conhecer, chamar a atenção da organização para as necessidades competitivas.

A realização do benchmarking passa por cinco fases genéricas :

- Planejamento das investigações de benchmarking, enfatizando que o benchmarking é realizado para investigar e documentar as melhores práticas da indústria, as quais irão permitir que essas metas sejam atingidas;
- Análise, envolvendo uma cuidadosa compreensão das práticas correntes dos processos da empresa, bem como dos parceiros, afinal o processo de benchmarking é uma análise comparativa.
- Integração, é a fase em que se busca incorporar novas práticas à operação.
 As descobertas do benchmarking precisam ser comunicadas a todos os níveis organizacionais para se obter apoio, comprometimento e senso de propriedade.
- Ação, as descobertas do "benchmarking" e os princípios operacionais nelas baseados devem ser convertidos em ações específicas de

implementação. Além disso, é preciso que haja medições e avaliações de realizações periódicas. Os progressos em direção aos pontos de referência devem ser reportados a todos os funcionários;

- Maturidade, será alcançada quando as melhores práticas da indústria estiverem incorporadas a todos os processos da empresa e quando o benchmarking se torna uma faceta permanente, essencial e autodesencadeada do processo gerencial.

2.12) REENGENHARIA

A Reengenharia é um método de gestão empresarial que pretende incorporar de forma consciente e intencional as vantagens trazidas pela tecnologia da informação. Pretende assim romper com o que está estabelecido na administração do trabalho e que é fruto das experiências da revolução industrial.

A reestruturação da empresa deve ser realizada para atingir os seguintes objetivos, no curto prazo.

- Reduzir e profissionalizar níveis decisórios;
- Eliminar atividades secundárias ou desnecessárias;
- Padronizar atividades críticas para evitar a repetição de erros;
- Manter a clientela;

O atingimento desses objetivos leva aos seguintes resultados:

- Eliminação de custos desnecessários;
- Aumento da eficiência administrativa;
- Agilidade na tomada de decisões;
- Menos retrabalho;
- Clientes fiéis.

Atingidos os objetivos deve-se realizar as seguintes ações, para garantir que a reestruturação será mantida e desenvolvida:

- Implantar modelo de gestão que padronize a administração;
- Aprender a planejar, para prevenir-se contra erros e redirecionar esforços;
 - Ampliar a clientela;
- Conquistar novos mercados;
- Investir em tecnologias de ponta de acordo com a necessidade da empresa.

REENGENHEIRAR a empresa é tudo, é simultaneamente desenhar o novo trabalho, horizontalizar as relações de trabalho, portanto, aproximar decisão e execução, redistribuir poder decisório e capacitar as pessoas que viverão a nova empresa.

2.13) JUST-IN-TIME

"Just-in-Time" é uma Técnica de Gestão no qual a entrega de peças, materiais e serviços para a produção ocorre no instante de tempo em que são necessários,

sincronizados com o ritmo de produção. Ao admitir na fábrica apenas as peças já comprometidas com a produção e reduzir a necessidade de transporte através da adoção do "*lay-out*" celular e outros, consegue reduzir o nível de estoques em processo e final, oferecendo resposta mais rápida à demanda do que outros modos de gerenciamento de produção, como a produção em massa. São objetivos do IIT:

- Produzir somente os produtos necessários;
- Produzir com qualidade requerida;
- Menor "Lead Time" na manufatura;
- Melhor atendimento ao cliente;
- Menor perda (maior valor agregado ao produto);
- Maior retorno de investimento;
- Reduzir estoques em processo, produtos acabados e matérias-primas, melhorando a produtividade e competitividade;
- Reduzir custos de fabricação ;
- Gerar espaço de Fábrica;
- Produzir por métodos que permitam o envolvimento das pessoas (moral, satisfação, desenvolvimento, autocontrole);
- Melhoramento contínuo (Kaizen) da qualidade e da produtividade.

A filosofia JIT prevê redução dos prazos de produção e de entrega pela eliminação dos tempos em que os materiais e produtos ficam parados nos estoques, aliada a uma melhoria da qualidade e da produtividade pela detecção mais fácil e precoce dos problemas. A filosofia pode ser então traduzida em: Produção sem Estoques, Eliminação dos Desperdícios, Sistema de Melhoria Contínua do Processo etc.

2.14) JOINT VENTURE

Com a Globalização, a busca de Parcerias de empresas (Joint-Venture) é constante. A razão para as JV é economia de escala e exploração das competências intrínsecas complementares de cada empresa.

2.15) **KANBAN**

O "Kanban" é um sistema de controle de produção baseado em informações e dados de chão-de-fábrica. Ele é acima de tudo uma ferramenta de programação de compras e produção e de controle de estoques, que permite implantar filosofias de produção sem estoques, dentre as quais o *IIT*.

Pode também ser entendido como uma metodologia de programação de compras, de produção e de controle de estoques precisa e simples, que se utiliza de cartões de controle visual da posição de estoque de qualquer item, a qualquer momento. Tem como objetivos a redução significativa dos estoques, dos tempos de fabricação e da área necessária para estocagem, em paralelo à redução das faltas de produto em estoque. Em seguida, aumento da capacidade de produção pela eliminação de gargalos de produção e correção das causas de baixa produtividade nos mesmos.

2.16) KAIZEN

A palavra japonesa "Kaisen" significa uma ferramenta para a contínua melhoria e se aplica à melhorias incrementais nos processos de uma empresa ou organização, com redução de custos pela correção das causas das falhas verificadas no produto ou serviço.

O Kaisen pressupõe a redução de custos pelo envolvimento de todo o pessoal na melhoria contínua das rotinas, transformando todo o quadro de funcionários em resolvedores de seus próprios problemas. Pressupõe ainda o aumento do senso de responsabilidade do pessoal.

O "Kaizen" propõe que nenhum dia deve passar sem que algum tipo de melhoramento tenha sido feito em algum lugar da empresa. Uma vez identificados, os problemas devem ser resolvidos. Assim, o "Kaizen" também é um processo de resolução de problemas.

O Sistema de Sugestões é uma parte integrante do "Kaizen" orientado para a pessoa. A alta administração deve implantar um plano bem projetado para assegurar que o sistema de sugestões seja dinâmico.

2.17) PNQC (PROGRAMA NACIONAL DE QUALIFICAÇÃO E CERTIFICAÇÃO DE PESSOAL DE MANUTENÇÃO)

O Programa Nacional de Qualificação e Certificação de Pessoal de Manutenção desenvolvido pela ABRAMAN, em parceria com o SENAI, foi criado para induzir a melhoria da qualidade e produtividade dos serviços de manutenção industriais no país, através da certificação de profissionais da área. O PNQC é conduzido por um Conselho formado pelas empresas e entidades patrocinadoras do programa, que estabelece suas políticas e diretrizes.

Através do "PNQC", é possível identificar os profissionais que têm conhecimentos e habilidades mínimas necessárias ao desenvolvimento de sua ocupação.

Profissionais capacitados e motivados têm significativo impacto na melhoria contínua da disponibilidade operacional das instalações.

Referências Bibliográficas

IMAN – Treinamento e Consultoria. Vicente Falconi TQC Controle da Qualidade Total ABIMÓVEL: Manual Orientação ISO 14000

SITES PESQUISADOS

www.manter.com.br Manter – Portal da Manutenção Júlio Nascif Xavier Celso Teixeira SITE SEBRAE / DF: Qualidade Total Manual do Empresário: A Conquista da Qualidade.

Site FORCOSE Contabilidade e Assessoria SITE IBC: International Benchmarking Clearinghouse SITE APQC: American Productivity e Quality Center

Capítulo

Metais / Aços / Ligas Ferrosas / Ligas Não Ferrosas

3.1) METAIS

Em geral os materiais são classificados em três grandes grupos: cerâmicos, metálicos e polímeros.

Os metais constituem-se no mais importante grupo de materiais de uso industrial, graças às inúmeras aplicações nos vários campos da engenharia. O seu crescente emprego e importância deve-se principalmente ao contínuo conhecimento que se tem adquirido de suas propriedades e do seu desempenho, assim como ao constante aperfeiçoamento dos métodos de fabricação e tratamento e ao progressivo desenvolvimento de suas ligas.

Os metais e ligas são normalmente divididos em dois grupos: os ferrosos e os não ferrosos. As ligas ferrosas, que são baseadas principalmente em ligas ferro-carbono, incluem os aços-carbono, os aços ligados, os aços ferramenta, os aços inoxidáveis e os ferros fundidos.

No caso das ligas não-ferrosas, os principais metais utilizados são alumínio, cobre, chumbo, estanho, zinco, níquel, magnésio, titânio, entre outros.

3.2) **AÇOS**

O aço é o material metálico (metal) quantitativamente mais empregado e mais importante para a técnica. São ligas ferro-carbono, podendo ter elementos de ligas adicionados propositadamente ou residuais (decorrentes do processo), dependendo das propriedades necessárias. Depois do ferro, o carbono é o elemento mais importante, sendo o elemento determinativo do aço. A quantidade de carbono é um dos principais fatores que definem o tipo de aço em doce ou duro. Os outros principais elementos de liga presentes em todos os tipos de aço, em maior ou menor quantidade, são o Silício, o Manganês, o Fósforo e o Enxofre.

São todos os materiais empregados na construção de equipamentos para a indústria mecânica, como igualmente os utilizados em veículos de transporte de toda natureza, em aparelhos elétricos, eletrônicos, em máquinas em geral, eletrodomésticos, construção civil, etc.

3.2.1) PROCESSO DE OBTENÇÃO DO AÇO

A indústria siderúrgica abrange as etapas necessárias para a produção do ferro e do aço. Existem duas rotas tecnológicas principais utilizadas atualmente. Na primeira, chamada de não-integrada, ou semi-integrada, o aço é produzido, basicamente, a partir da fusão da sucata ferrosa em fornos elétricos.

Nas siderúrgicas integradas, por sua vez, o aço é produzido a partir de minério de ferro, coque e calcário. O processo clássico e mais usado para a redução do minério de ferro é o do "alto forno", cujo produto consiste numa liga ferro-carbono de alto teor de carbono, denominado "ferro gusa", o qual, ainda no estado líquido, é encaminhado à Aciaria onde, em fornos adequados, é transformado em aco.

O minério de ferro, como é óbvio, constitui a matéria-prima essencial, pois dele se extrai o ferro. O coque, que é um produto da destilação do carvão mineral

metalúrgico, atua como combustível do alto forno, como redutor do minério e como fornecedor do carbono, que é o principal elemento de liga dos produtos siderúrgicos. O calcário atua como fundente, ou seja, reage pela sua natureza básica com as substâncias estranhas ou impurezas contidas no minério e no carvão-geralmente de natureza ácida-diminuindo seu ponto de fusão e formando a escória, sub-produto, por assim dizer, do processo clássico do alto forno.

Logo, o aço é originado da mistura do minério de ferro, carvão, coque, ar, e calcário, sendo inicialmente formada a escória (sub-produto comercializado para fabricação de cimento e base para pavimentação) e o ferro-gusa (constituído de 3,5 a 4 % de carbono). O ferro-gusa (ferro bruto) em estado líquido, produto originado destas misturas e reações no Alto Forno, não tem aplicação em estruturas metálicas por apresentar grande porcentagem de carbono, sendo por isto frágil e pouco tenaz (quebradiço). Este ferro-gusa contém impurezas indesejáveis no aço. É então introduzido em convertedores na Aciaria onde a injeção de oxigênio irá queimar o carbono e outros elementos de liga (ou será absorvido pelo calcário formando a escória), refinando o ferro gusa e transformando-o em aço.

É na Aciaria que fica definido o tipo de aço, a partir da adequação de sua composição química. A etapa do Refino Secundário é onde se realiza o ajuste fino da composição química do aço. Alguns processos de fabricação do aço são: Processo Bessemer (o ar é soprado pelo fundo do conversor); Processo Siemens-Martin; Processo de Sopragem a Oxigênio.

3.2.2) ESCÓRIA

A escória é originada da mistura do minério de ferro, carvão, coque, ar, e calcário, nos Altos Fornos, na fabricação do aço.

Pode ser usada para fabricação de cimento e base para pavimentação.

Logo, a escória é rejeito da redução de minério de ferro; trata-se basicamente de óxidos e outras impurezas. Resíduo com teor elevado de óxidos como, por exemplo, a sílica () e a magnésia () que se forma juntamente com a fusão dos metais e no início do processo para a produção do ferro gusa nos Altos Fornos.

3.3) SISTEMAS DE CLASSIFICAÇÃO DOS AÇOS

Os aços, em geral, são classificados em Grau, Tipo e Classe. O Grau normalmente identifica a faixa de composição química do aço. O Tipo identifica o processo de desoxidação utilizado, enquanto que a Classe é utilizada para descrever outros atributos, como nível de resistência e acabamento superficial.

A designação do Grau, Tipo e Classe utiliza uma letra, número, símbolo ou nome. Existem várias associações técnicas especializadas para designação dos Aços, como o SAE (Society of Automotive Engineers), AISI (American Iron and Steel Institute), ASTM (American Society of Testing and Materials) e ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).

A normalização unificada vem sendo utlizada com frequência cada vez maior, e é designada pela sigla UNS (Unified Numbering System).

Uma das designações mais utilizadas é o sistema AISI (American Iron and Steel Institute) que classifica os aços através da sua composição química, já que, esta é determinante para as suas características mecânicas.

O número de tipos de aço é muito elevado, pois, além dos aços-carbono, é muito grande a quantidade de aços ligados.

3.3.1) SAE

SAE - Sistema americano para a classificação dos aços mais utilizado pela indústria automobilística daquele país.

3.3.2) AISI

AISI - Sistema americano para a classificação dos aços.

O sistema de classificação mais adotado na prática é o SAE-AISI. Nele, o Açocarbono utiliza o grupo 1xxx.

Os algarismos base para os vários aços carbono e aços ligados e as percentagens aproximadas dos elementos de liga mais significativos são classificados da seguinte forma:

- 10xx Aços carbono;
- 11xx Aços carbono, com muito enxofre e pouco fósforo;
- 12xx Aços carbono, com muito enxofre e muito fósforo;
- 13xx Manganês 1.73;
- 23xx Níquel 3.50;
- 25xx Níquel 5.00;
- 31xx Níquel 1.25, cromo 0.60;
- 33xx Níquel 3.50, cromo 1.50;
- 40xx Molibdênio 0.20 ou 0.25;
- 41xx Cromo 0.50, 0.80, 0.95, molibdênio 0.12, 0.20 ou 0.30;
- 43xx Níquel 1.83, Cromo 0.50 ou 0.80, Molibdênio 0.25;
- 44xx Molibdênio 0.53;
- 46xx Níquel 0.85 ou 1.83, Molibdênio 0.20 ou 0.25;
- 47xx Níquel 1.05, Cromo 0.45, Molibdênio 0.20 ou 0.35;
- 48xx Níquel 3.50, Molibdênio 0.25;
- 50xx Cromo 0.40;
- 51xx Cromo 0.80 a 1.00;
- 5xxxx Carbono 1.04, Cromo 1.03 ou 1.45;
- 61xx Cromo 0.60 ou 0.95, Vanádio 0.13;
- 86xx Níquel 0.55, Cromo 0.50 e Molibdênio 0.20;
- 87xx Níquel 0.55, Cromo 0.50 e Molibdênio 0.25;
- 88xx Níquel 0.55, Cromo 0.50 e Molibdênio 0.35;
- 92xx Silício 2.00;
- 93xx Níquel 3.25, Cromo 1.20, Molibdênio 0.12;
- 98xx Níquel 1.00, Cromo 0.80, Molibdênio 0.25;
- 93xx Níquel 0.45, Cromo 0.40, Molibdênio 0.12, Boro 0.0005.

Os aços que possuem requisitos de temperabilidade adicionais recebem a adição de um H após a sua classificação.

Obs: Os últimos dois dígitos, representados pelo xx, representam o conteúdo de carbono do aco.

3.3.3) DIN

DIN - Sistema alemão para a classificação dos aços.

3.3.4) ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS)

ABNT - Sistema brasileiro para a classificação dos aços. O Sistema ABNT baseou-se nos sistemas americanos. Neles, basicamente vários tipos de aços de até 1% de carbono, com os elementos comuns ou de liga com baixos teores, são indicados por 4 algarismos (os dois últimos algarismos correspondem ao teor de carbono e os dois primeiros à presença ou não de elementos de liga). Assim, toda vez que os dois primeiros algarismos forem 1 e 0, trata-se de aços-carbono.

3.4) FORMAS COMERCIAIS DOS AÇOS

Os aços-carbono seguem uma divisão padronizada na indústria, o que permite que fornecedores e consumidores se comuniquem com maior eficiência. Os grupos de descrição de qualidade utilizados são os seguintes:

- Semi-acabados para forjamento;
- Estrutural;
- Placas;
- Barras laminadas a quente;
- Barras acabadas a frio;
- Chapas finas laminadas a quente;
- Chapas finas laminadas a frio;
- Chapas com esmaltagem porcelânica;
- Chapas chumbadas compridas;
- Chapas galvanizadas;
- Chapas revestidas por zincagem eletrolítica;
- Bobinas laminadas a quente;
- Bobinas laminadas a frio;
- Folhas-de-flandres;
- Arames;
- Arame achatado;
- Tubos;
- Tubos estrutural;
- Tubos para oleodutos;
- Produtos tubulares para campos petrolíferos;
- Produtos tubulares especiais;
- Fios-máquina laminados a quente.

3.5) ELEMENTOS DE LIGA

Elementos de liga são elementos químicos adicionados a uma matriz visando a formação de ligas metálicas. Os metais são geralmente utilizados na forma de ligas ou seja, são substâncias que consistem em misturas íntimas de dois ou mais elementos químicos, dos quais, pelo menos um é um metal. A liga mantêm as propriedades metálicas.

O carbono é o principal elemento nas liga de aço, cuja influência é decisiva para a resistência, a foriabilidade, a soldabilidade e a temperabilidade.

A adição de elementos de liga tem o objetivo de promover mudanças na microestrutura do material, o que se reflete nas suas propriedades macroscópicas físicas e mecânicas, permitindo ao material desempenhar funções especificas.

3.6) AÇOS CARBONOS

Aço Carbono é uma liga de ferro-carbono que contém 0 a 2% de carbono. Logo, os Aços-carbono possuem na sua composição apenas quantidades limitadas dos elementos Carbono, Silício, Manganês, Cobre, Enxofre e Fósforo. Outros elementos existem apenas em quantidades residuais. Depois do ferro, o carbono é o elemento mais importante, sendo o elemento determinante das propriedades mecânicas do aço. A quantidade de carbono define o tipo de aço, conforme se denomina na indústria, em doce ou duro.

Os baixo carbono possuem no máximo 0,30% de Carbono ; os médio carbono possuem de 0,30 a 0,60% ; e os alto carbono possuem de 0,60 a 2,00%.

A maior parte do aço produzido no mundo é do tipo aço carbono. Em regra geral, quanto maior o teor de carbono, maior a dureza e menor a dutilidade do aço.

3.6.1) AÇO DE BAIXO E MÉDIO CARBONO

Os aços de baixo carbono são aqueles com menos de aproximadamente 0.30 %C. Possuem, normalmente, baixas resistência e dureza e altas tenacidade e ductilidade. Além disso, são bastante usináveis e soldáveis e apresentam baixo custo de produção. Estes aços normalmente não são tratáveis termicamente para endurecimento. Entre as suas aplicações típicas estão as chapas automobilísticas, perfis estruturais e placas utilizadas na fabricação de tubos, construção civil, pontes e latas de folhas-de-flandres.

Os aços médio carbono possuem uma quantidade de carbono suficiente para a realização de tratamentos térmicos de têmpera e revenimento, muito embora seus tratamentos térmicos necessitem ser realizados com taxas de resfriamento elevadas e em seções finas para serem efetivos. Possuem maiores resistência e dureza e menores tenacidade e ductilidade do que os aços baixo carbono.

São utilizados em rodas e equipamentos ferroviários, engrenagens, virabrequins e outras peças de máquinas que necessitam de elevadas resistências mecânica e ao desgaste e tenacidade.

3.6.2) AÇO DE ALTO CARBONO

Aços de alto carbono são aqueles que contêm mais de 0.60 %C. Sua soldagem é mais difícil que aquela dos aços de baixo carbono, devido a probabilidade de ocorrer trincas a frio.

Os aços alto carbono são os de maiores resistência e dureza, porém de menor ductilidade entre os aços carbono. São quase sempre utilizados na condição temperada e revenida, possuindo boas características de manutenção de um bom fio de corte.

Tem grande aplicação em talhadeiras, folhas de serrote, martelos e facas.

3.7) AÇOS-LIGA

Aço Liga ou Aço Especial é uma liga de ferro-carbono com elementos de adição (níquel, cromo, manganês, tungstênio, molibdênio, vanádio, silício, cobalto e alumínio) para conferir a este aço características especiais, tais como : resistência à tração e à corrosão, elasticidade, dureza, etc, tornado-os melhores que os açoscarbono comuns.

Logo, a adição de elementos de liga tem o objetivo de promover mudanças microestruturais que, por sua vez, promovem mudanças nas propriedades físicas e mecânicas, permitindo ao material desempenhar funções especifícas. Os açosliga costumam ser designados de acordo com o(s) seu(s) elemento(s) predominante(s), como por exemplo, aço-níquel, aço-cromo e aço-cromo-vanádio. Os aços-liga seguem as mesmas classificações dos aços-carbono, ou seja, são divididos em Graus, Tipos e Classes. Os sitemas de designação também são os mesmos, destacando-se o SAE, AISI, ASTM e UNS.

Os aços-liga podem ser encontrados em praticamente todos os segmentos industriais, desde a construção civil até a construção naval, passando pela indústria petrolífera, automobilística e aeronáutica.

Aços de alta liga são aqueles cuja soma dos elementos de liga ultrapassa a 5%. Três grupos podem representar os aços ligados : aços temperados e revenidos, aços tratáveis termicamente e aços resistentes à corrosão e ao calor.

3.7.1) AÇO MICROLIGADO

Os aços microligados geralmente contêm menos de 0.15 %C e pequenas quantidades de Nb, V, Ti, Mo e N. Possuem boa soldabilidade e a soldagem deles é similar àquela dos aços de baixo carbono, embora seja esperada uma maior temperabilidade.

3.8) AÇOS - FERRAMENTA

Os aços-ferramentas são aqueles utilizados nas operações de corte, formação, afiação e quaisquer outras relacionadas com a modificação de um material para um formato utilizável. Estes aços se caracterizam pelas suas elevadas dureza e

resistência à abrasão geralmente associadas à boa tenacidade e manutenção das propriedades de resistência mecânica em elevadas temperaturas.

Estas características normalmente são obtidas com a adição de elevados teores de carbono e ligas, como tungstênio, molibdênio, vanádio, manganês e cromo. Boa parte dos aços-ferramenta são forjados, mas alguns também são fabricados por fundição de precisão ou por metalurgia do pó.

A fusão dos aços-ferramentas é realizada, normalmente, em quantidades relativamente pequenas nos fornos elétricos, tomando-se um especial cuidado com as tolerâncias de composição química e homogeneidade do produto final. Estas e outras particularidades tornam o aço-ferramenta um material de custo mais elevado do que os aços comuns.

Aplicação do aço-ferramenta:

- · Âços baixa-liga para aplicações especiais: são utilizados, de um modo geral, em componentes de máquinas como árvores, cames, placas, mandris e pinças de tornos:
- · Aços para moldagem: como o próprio nome sugere, estes aços são utilizados como moldes de vários tipos, para aplicações que requerem a manutenção das características de resistência em temperaturas e pressões elevadas;
- · Aços temperáveis em água: são utilizados em ferramentas para forjamento a frio, cunhagem de moedas, gravação em relevo, trabalho em madeira, corte de metais duros (machos e alargadores), cutelaria e outras que requeiram resistência ao desgaste por abrasão.

3.9) AÇOS RÁPIDOS

Aços empregados como ferramentas de usinagem mecânica para altas velocidades de corte, estáveis a altas temperaturas por decorrência da estabilidade de seus carbetos de elementos de adição.

3.10) AÇOS INOXIDÁVEIS

Os aços inoxidáveis são aços especiais (aço de alta liga) e se caracterizam por uma resistência à corrosão ou à oxidação, superior à dos outros aços. Dependendo da aplicação, os aços inoxidáveis também possuem boa resistência mecânica e ao calor, dependendo dos tratamentos térmicos e mecânicos realizados.

Geralmente contêm de 12-27 %Cr e 1-2 %Mn com, algumas vezes, a adição de níquel. Uma pequena quantidade de C está sempre presente, seja adicionada deliberadamente ou como impureza.

São aços onde não ocorre oxidação em ambientes normais. Suas características de resistência são obtidas graças à formação de um óxido protetor que impede o contato do metal base com a atmosfera agressiva. Alguns outros elementos como níquel, molibdênio, cobre, titânio, alumínio, silício, nióbio, nitrogênio e selênio podem ser adicionados para a obtenção de características mecânicas particulares. Entre as suas aplicações estão turbinas a vapor, motores a jato e turbinas a gás. Alguns destes aços encontram aplicações, também, como tubulações de vapor, reaquecedores de geradores a vapor e tubulações superaquecidas utilizadas em

refinarias de combustíveis fósseis, cutelaria, peças de válvulas, engrenagens, eixos, cilindros laminadores, instrumentos cirúrgicos e odontológicos, molas, cames e esferas de rolamentos, sistemas de exaustão de automóveis, como recipientes de alimentos, em trocadores de calor e em tubulações contendo soluções com cloretos e água do mar.

É bastante utilizado nas indústrias de gás, petróleo, petroquímica, polpa e papel, principalmente na presença de meios aquosos contendo cloretos.

3.11) AÇOS TEMPERADOS E REVENIDOS

Aços de alta liga temperados e revenidos possuem elevadas resistência e dureza, excelente tenacidade e boa soldabilidade. Eles contêm baixos teores de C (tipicamente entre 0.10 e 0.25 %) e, portanto, são também chamados de aços ligados de baixo carbono temperados e revenidos. Eles são relativamente fáceis de soldar, já que é necessário um relativamente baixo ou nenhum preaquecimento e geralmente não é requerido tratamento térmico pós-soldagem.

3.12) AÇOS TRATÁVEIS TERMICAMENTE

Aços termicamente tratáveis geralmente contêm maiores teores de C (tipicamente entre 0.30 e 0.50 %) e, portanto, maior resistência e menor tenacidade que os aços temperados e revenidos. Geralmente são soldados na condição recozida ou normalizada. Após a soldagem, a junta completa é tratada termicamente a fim de obter a melhor combinação de propriedades.

3.13) AÇO ACALMADO COM ALUMÍNIO

Aço desoxidado com alumínio para evitar reações entre o oxigênio e o carbono durante a solidificação.

3.14) AÇO ELÉTRICO

Aço com silício, que minimiza as perdas energéticas em aplicações elétricas.

3.15) AÇOS MARAGING

São aços contendo altos teores de níquel, cobalto e molibdênio, e baixos teores de carbono. Uma característica de grande importância para estes aços, é a elevada resistência mecânica, graças ao endurecimento provocado pela precipitação de compostos intermetálicos (Fe2Mo, Ni3Mo, etc), através de um tratamento de envelhecimento.

3.16) AÇOS REFOSFORADOS

São aços usados para embutimento e estampagem. Neste há aplicação de fósforo, com objetivo de melhorar as propridades de embutimento, ou seja, de conformabilidade entre outras.

3.17) AÇOS RESSULFORADOS

São aços usados na industria para usinagem. Neste há aplicação de enxofre o que o torna mais fragilizado com o objetivo de desgastar menos a ferramenta.

3.18) FERRO FUNDIDO

O ferro gusa retirado do Alto Forno pode ser solificado em blocos e refundido num forno cubilô e junto com sucatas de ferro fundido e aço, dá origem ao ferro fundido. É um ferro de segunda fusão e é utilizado para a fabricação de peças fundidas.

Ferro Fundido é uma liga de ferro-carbono que contém 3 a 6,7% de carbono. Nesta faixa de concentração, a temperatura de fusão é substancialmente mais baixa do que a dos aços. Isto facilita o processo de fundição e moldagem. Suas propriedades mudam radicalmente em função da concentração de carbono e outras impurezas e também do tratamento térmico.

Tal como os aços, os ferros fundidos são ligas de ferro e carbono.

A forma e distribuição das partículas de carbono livre influência radicalmente as propriedades físicas do ferro fundido.

Dependendo da microestrutura variam as propriedades; o ferro fundido pode ser classificado em: branco, cinzento, maleável, nodular.

3.19) METAIS NÃO FERROSOS

Apesar da diversidade de propriedades das ligas ferrosas, facilidade de produção e baixo custo, elas ainda apresentam limitações : alta densidade, baixa condutividade elétrica, corrosão. Aí aparecem as ligas não ferrosas, como : cobre, alumínio, magnésio, titânio, refratários, super ligas, metais preciosos.

3.19.1) LIGAS DE COBRE

O Cobre e suas ligas são o terceiro metal mais utilizado no mundo, perdendo apenas para os aços e para o alumínio e suas ligas. Suas principais características são as elevadas condutividades elétrica e térmica, boa resistência à corrosão e facilidade de fabricação, aliadas a elevadas resistências mecânica e à fadiga. Sua densidade é de 8,94 g/cm³, um pouco acima da do aço, e sua temperatura de fusão é de 1083 °C. O cobre puro é um metal macio, dúctil, de alta condutibilidade térmica e elétrica (superada apenas pela prata).

Os elementos de liga são adicionados ao cobre com o intuito de melhorar a resistência, a ductilidade e a estabilidade térmica, sem causar prejuízos à formabilidade, condutividades elétrica e térmica e resistência à corrosão característicos do cobre. As ligas de cobre apresentam excelentes ductilidade a quente e a frio, ainda que um pouco inferiores às do metal puro.

As ligas de cobre podem ser encontradas como produtos trabalhados mecanicamente, fundidos e metalurgia do pó. Entre os produtos trabalhados estão os arames, planos (placas, chapas, tiras e folhas), tubos, fio-máquinas, perfis extrudados

e forjados. Já os produtos fundidos podem ser produzidos por vários métodos, tais como em areia, contínua, centrífuga, sob pressão, cera perdida, gesso e coquilha.

O Cobre e suas ligas encontram aplicações nos mais diversos setores: construção civil, elétrica, automobilística, arquitetura, eletro-eletrônica, mecânica, objetos decorativos, bélica, mineração, construção naval e exploração petrolífera, entre outras.

As ligas de cobre não são tratáveis termicamente. A melhora das propriedades mecânicas deve ser obtida por trabalho a frio ou solução sólida. As mais comuns são os latões e os bronzes.

3.19.1.1) **BRONZE**

Liga de cobre e estanho (no caso de ausência de outras especificações; por exemplo, um bronze alumínio é uma liga de cobre e alumínio).

O estanho é mais caro que o cobre, mas os bronzes são procurados pelas suas excelentes qualidades e propriedades de fundição. Estas ligas apresentam boa resistência ao atrito.

3.19.1.2) LATÃO

Liga de cobre e zinco (elemento principal), de cor amarela. As propriedades variam com a composição de zinco. O zinco melhora a resistência mecânica e a dureza em relação ao cobre puro.

3.19.1.2.1) ZINCO E SUAS LIGAS (ZN)

O zinco é um metal branco azulado que se funde facilmente, sendo empregado para galvanização (proteção do aço contra a corrosão), laminação (telhados, utensílios de cozinha, banheiras, reservatórios de água), etc. É um metal relativamente brando com baixo ponto de fusão, com boa fundibilidade e que pode ser facilmente deformado a frio e a quente (chapas, arames), podendo ser encontrado na forma de placas, lingotes, chapas, grãos e pó.

O Zinco possui alta resistência à corrosão, graças à produção de um óxido protetor à temperatura ambiente. É bastante maleável entre 100 e 150 °C, podendo ser laminado em chapas e estirado em fios. Apresenta pouca resistência ao ataque de ácidos usuais e de soda.

Uma das suas principais funções na indústria é na forma de camada protetiva para peças e equipamentos de aço, constituindo o chamado aço galvanizado ou zincado. Além disso, é muito utilizado em baterias, pigmentos, pinturas orgânicas e inorgânicas, como agente redutor em processos químicos e como aditivo na produção de produtos de borracha.

O zinco é dividido em grandes áreas de aplicação:

- Revestimentos e ânodos para proteção anti-corrosão de ferros e aços;
- Ligas fundidas à base de Zinco;
- Elemento de liga para ligas de cobre, alumínio, magnésio e outros;
- Ligas trabalhadas de zinco;
- Produtos químicos.

3.19.2) LIGAS DE ALUMÍNIO (METAIS LEVES)

O Alumínio e suas ligas constituem um dos materiais metálicos mais versáteis, econômicos e atrativos para uma vasta série de aplicações. Sua aplicação como metal estrutural só é menor que a dos aços. O alumínio é um metal muito leve de um branco ligeiramente azulado. Possui uma densidade de 2,7 g/cm³, aproximadamente 1/3 da do aço, o que somado à sua elevada resistência mecânica o torna bastante útil na construção de estruturas móveis, como veículos e aeronaves.

As aplicações do alumínio são ditadas pelas propriedades do metal, em particular : grande leveza (construção aeronáutica, automobilistica), boa condutibilidade calorífica (utensílios de cozinha), boa condutibilidade elétrica (cabos elétricos) e alta ductilidade em função de sua estrutura CFC (Cúbica de Face Centrada). Uma aplicação recente do alumínio em chapas reside nas telhas em alumínio. Obtém-se um bom isolamento térmico e um bom poder de reflexão dos raios caloríficos. O alumínio possui camadas protetoras oxidadas que lhe proporcionam uma excelente resistência contra as influências atmosféricas. Além disso, o alumínio com determinados tratamentos e/ou elementos de liga se torna resistente à corrosão em meios mais agressivos, impedindo a progressão da deterioração do material.

A maior limitação é a baixa temperatura de fusão.

O Alumínio não é ferromagnético e é não-tóxico. Encontra aplicações em peças decorativas, graças à sua superfície brilhante e reflectiva. Possui uma boa conformabilidade e pode ser produzido em uma série de formas diferentes.

3.19.3) LIGAS DE MAGNÉSIO

As ligas de magnésio possuem boas características de resistência mecânica, módulo de elasticidade e baixa densidade (1,7 g/cm3), além de uma baixa relação resistência/densidade. Estas propriedades dão ao magnésio uma vasta utilização em aplicações estruturais. O magnésio possui, também, boas condutibilidades elétrica e térmica, e absorção às vibrações elásticas.

Seu ponto de fusão é baixo, em torno de 650 °C. Tem boa usinabilidade e pode ser forjado, extrudado, laminado e fundido. O magnésio possui boa resistência à corrosão em atmosferas pouco agressivas, mas é susceptível à corrosão em meios marinhos.

As ligas de magnésio são largamente utilizadas na indústria aeronáutica em componentes de motores, na fuselagem e em trens de aterrisagem, por exemplo. Encontra aplicação, também, na indústria automobilística (caixas de engrenagem, rodas, colunas de direção), indústria bélica (mísseis) e em alguns componentes eletro-eletrônicos.

O magnésio é um metal de aspecto branco prateado, com brilho muito vivo na superfície polida. É o metal mais leve dos metais empregados industrialmente (é o menos denso de todos os metais estruturais).

As ligas de magnésio são utilizadas na aviação, constituindo-se nas ligas mais leves utilizáveis em mecânica. Possuem baixo ponto de fusão.

3.19.4) LIGAS DE TITÂNIO

As ligas de titânio são bastante resistentes, chegando a atingir valores de limite de resitência à tração de 1400 Mpa em temperatura ambiente, além de possuírem boa ductilidade e boas usinabilidade e forjabilidade.

Sua maior limitação é uma elevada reatividade química com outros elementos em elevadas temperaturas, o que levou ao desenvolvimento de uma série de ligas especiais que elevam o custo do material. A principal característica do Titânio, entretanto, é a sua elevada resistência à corrosão em temperatura ambiente, o que o torna praticamente imune ao ar, à atmosfera marinha e a uma grande variedade de atmosferas industriais. Além disso, o Titânio é biocompatível, o que o torna uma alternativa altamente utilizada na área biomédica.

O Titânio possui uma série de aplicações em tecnologia de ponta. Suas características de resistência à corrosão, resistência mecânica e densidade são determinantes na escolha das suas ligas. Entre as suas muitas aplicações podem ser citadas: em componentes de turbinas à gás; vasos de pressão aeroespaciais; como material estrutural nas indústrias aeronáutica, automobilística e marinha; em carcaças de submarinos; conteineres de lixo nuclear; estruturas de suporte para sistemas óticos sujeitos a grandes variações de temperatura; implantes e próteses; bens de consumo (pulseiras de relógios, tacos de golfe, etc.), entre outras.

3.19.5) METAIS REFRATÁRIOS

Os metais refratários, por apresentarem elevado ponto de fusão e alta resistência mecânica, possuem um potencial para aplicações em altas temperaturas. Entretanto devido a sua baixa resistência à oxidação torna-se necessária a utilização de proteção contra a oxidação em altas temperaturas.

Dentre os metais refratários o nióbio e suas ligas têm alto interesse tecnológico por possuir características tais como, custo baixo e elevada temperatura de fusão, densidade, calor específico, condutividade térmica e temperatura no seio da amostra.

Os revestimentos à base de siliceto e alumineto para proteção das ligas de nióbio em altas temperaturas têm sido estudados preferencialmente à adição de elementos de liga com a finalidade de aumentar a resistência a oxidação sem interferir nas propriedades mecânicas.

Os metais refratários são usados em filamentos de lâmpadas, cadinhos, eletrodos de soldagem, etc.

3.19.6) ESTANHO E SUAS LIGAS (Sn)

É um material mole, dúctil e maleável, que possui baixa resistência mecânica e elevada resistência à corrosão, sendo empregado na forma de chapas, folhas e fios estanhados e como elemento básico de certas ligas, como algumas para mancais e soldas, ou como elemento secundário de ligas importantes, como o bronze. Sua principal aplicação é na estanhação, por imersão a quente ou eletrodeposição, de

chapas ou folhas de aço, originando as chamadas folhas de flandres. Também é bastante utilizado em dispositivos de segurança contra o fogo, em alarmes, metais de soldagem e vedação.

Além da aplicação em solda, o estanho é muito utilizado em revestimentos, puro, em produtos químicos, como principal elemento de liga e como elemento de liga secundário.

3.19.7) NÍQUEL E SUAS LIGAS (Ni)

O níquel se apresenta como um metal branco prateado, similar em muitos aspectos ao metal ferro, porém com uma boa resistência à oxidação e à corrosão. É utilizado principalmente na melhoria de resistência mecânica a altas temperaturas, resistência à corrosão e outras propriedades, para uma ampla faixa de ligas ferrosas e não-ferrosas. Outras propriedades que se destacam são: as condutividades térmica e elétrica, como também uma excelente propriedade magnética. Propriedades que fazem do níquel e suas ligas, metais bastante valiosos.

3.20) MATERIAIS CERÂMICOS

Quando pessoas em geral falam sobre cerâmicas, usualmente estão referindo-se a artefatos de cerâmica tais como pratos, vasos, objetos de arte, etc. Alguns produtos são cerâmicas em sua origem: tijolo, telhas, azulejo, utensílios de mesa (louças, talheres), vasos de flores, porcelanas de banheiro. Além disso o vidro, em suas milhares de permutações, é também um produto cerâmico, desde as lentes de óculos até as janelas de um arranha-céu e cabos de fibra ótica que trazem a imagem à nossa televisão.

Cerâmicas têm propriedades elétricas como isolantes de alta-voltagem, em resistores e capacitores, como a memória em computadores, velas na combustão interna de motores e, mais recentemente, em aplicações de supercondutores de alta temperatura. Resistência ao calor é uma das características mais atrativas nos materiais cerâmicos e, por essa razão telhas de cerâmica fornecem blindagem ao aquecimento nos ônibus espaciais de hoje. Uma classe inteira de cerâmicas resistentes ao calor, chamadas de refratários torna possível a construção de alto-fornos siderúrgicos e usinas nucleares que são o coração da indústria moderna.

Elas são usadas até mesmo por dentistas em próteses, coroas, cimento e implantes dentários.

Filtros de cerâmica feitos de porcelana porosa podem isolar micróbios e bactérias do leite e água potável, separar poeira de gases e remover partículas sólidas de líquidos. Cerâmicas são essenciais para a indústria de construção, para a industria petroquímica, para gerar eletricidade, para as comunicações, exploração espacial, medicina e sanitarismo. Cerâmicas semicondutoras tornaram possível os rádios transistorizados e a televisão portátil que revolucionaram o modo de pensar sobre educação e diversão.

De um modo geral, considera-se que o campo dos materiais cerâmicos abrange os compostos inorgânicos e não metálicos, de que são exemplo os óxidos, silicatos, carbonetos, nitretos, etc. Este campo inclui materiais com tecnologias tão distintas como as porcelanas, o carboneto de silício, o vidro e o cimento.

Referências Bibliográficas

Vicente Chiaverini : Tecnologia Mecânica Vol I Vicente Chiaverini : Tecnologia Mecânica Vol II Vicente Chiaverini : Tecnologia Mecânica Vol III

VILLARES -Aços Inoxidáveis. PROTEC - Projetista de Máquinas.

Lawrence H. Van Vlack: Princípio de Ciência e Tecnologia dos

Materiais

A. G. Guy: Ciência dos Materiais

SITES PESQUISADOS

www.infomet.com.br

www.br.geocities.com/saladefisica



Propriedades Mecánicas Dos Metais

As propriedades dos metais que tem maior importância na engenharia são as propriedades mecânicas, ou seja, aquelas propriedades relacionadas com a resistência de um material (metal) quando sujeito a esforços de natureza mecânica (tração, torção, compressão, choque). Estas propriedades determinam a capacidade do material de transmitir e resistir a esforços, revelando as reações elásticas e inelásticas à aplicação de forças, tensões e deformações.

As propriedades mecânicas de um material influenciam determinantemente a sua aptidão para uma dada aplicação. Para melhor se compreender o que significa resistência mecânica, é útil o conhecimento dos fenômenos de deformação dos materiais.

Um grande número de propriedades pode ser derivado de um único experimento, o teste de tração.

Algumas propriedades mecânicas são: elasticidade, ductilidade, fluência, dureza e tenacidade.

As propriedades mecânicas são função da microestrutura do material, que por sua vez, é deteminada pela sua composição químca e pelo seu histórico de processamento mecânico e térmico, como por exemplo, laminações a quente ou a frio, forjamento, soldagens, têmperas, revenimentos, entre outros. O acúmulo ou relaxamento de tensões internas derivadas destes fatores anteriormente citados são determinantes para as propriedades mecânicas apresentadas pelo material quando solicitado em serviço.

4.1) DUREZA

Dureza de um material é a resistência que ele oferece à penetração de um corpo duro. Determina-se a dureza com auxílio de máquinas especiais, existindo diferentes métodos e escalas, que relacionam a amplitude de penetração com um valor numérico da propriedade dureza. Alguns dos métodos mais utilizados são: Brinell, Vickers, Rockwell.

Os métodos de determinação de dureza são muito utlizados na indústria, devido à sua praticidade e simplicidade. Além disso, permitem inferir, com relativa precisão, outras propriedades do material, como resistência à tração, tenacidade e ductilidade.

4.2) TENACIDADE

Tenacidade é a capacidade que o material possui de absorver energia total (elástica e plástica) por unidade de volume até a ruptura (fratura). O material capaz de absorver uma quantidade elevada de energia nesse regime, é dito Tenaz. É o oposto do material frágil, onde se tem a fratura com pequena absorção de energia.

4.3) USINABILIDADE

Usinabilidade é a facilidade com que o material pode ser cortado, torneado, fresado ou furado, sem prejuízo de suas propriedades mecânicas.

A usinabilidade é o indicador da capacidade dos materiais de se deixarem usinar (sofrer um processo de usinagem), e o seu conhecimento é importante na escolha dos materiais a serem utilizados na indústria.

4.4) DUCTILIDADE

Ductilidade é a capacidade dos materiais de se deformarem sem se romperem. Pode ser medida por meio do alongamento ou da estricção, ou seja a redução na área da seção transversal de um corpo de prova.

Quanto mais dúctil o aço, maior será a redução de área ou o alongamento antes da ruptura. A ductilidade tem grande importância nas estruturas metálicas, pois permite a redistribuição de tensões locais elevadas. As barras de aço sofrem grandes deformações antes de se romper, o que na prática constitui um aviso da presença de tensões elevadas, permitindo a adoção de medidas corrretivas anteriores à ocorrência das falhas.

Logo, a ductilidade é uma medida da extensão da deformação que ocorre até a fratura. É também a propriedade do metal poder ser estirado em fios finos, sendo a propriedade fundamental para a trefilagem e estiragem (fabricação de fios, arames e tubos).

4.5) RESILIÊNCIA

Resiliência é a capacidade de um material absorver energia mecânica em regime elástico (o que equivale a capacidade de resistir a energia mecânica absorvida) por unidade de volume e readquirir a forma original quando retirada a carga que provocou a deformação.

Quanto mais resiliente for o metal, menos frágil este será.

Assim, materiais de alta resiliência possuem alto limite de escoamento e baixo módulo de elasticidade.

Estes materiais são os ideais para uso em molas.

4.6) SOLDABILIDADE

A soldabilidade é um conceito amplo e depende de quem o utiliza. Sob o ponto de vista do operador de solda, um material possui boa soldabilidade quando é possível realizar a operação de soldagem utilizando-se parâmetros normais de regulagem de máquina, de material de adição e de rendimento. Sob o ponto-devista metalurgista, entretanto, o conceito de soldabilidade está relacionado à capacidade do material ser soldado sem que haja a formação de microestruturas prejudiciais às suas características e propriedades mecânicas. Um material com boa soldabilidade, deve se apresentar, após a soldagem, sem concentração excessiva de tensões internas e com boas propriedades mecânicas de tenacidade e ductilidade.

4.7) CONFORMABILIDADE

Conformabilidade é a facilidade com que o material pode ser dobrado, prensado, estampado e forjado, sem prejuízos à sua integridade física, sob vários aspectos: metalúrgicos, mecânicos, visuais e dimensionais.

4.8) DURABILIDADE (RESISTÊNCIA À CORROSÃO)

Durabilidade é a capacidade de um material suportar a ação de agentes corrosivos (oxidantes) quando em serviço, sem que haja prejuízo de suas características e funcionalidades mecânicas, dimensionais e visuais. Entre estes agentes citamos: gases, ácidos, etc.

4.9) RESISTÊNCIA

Entende-se por resistência de um material sua estabilidade contra deformações e desintegração física.

A deformação plástica depende diretamente do movimento das discordâncias internas na estrutura do material. Quanto maior a facilidade de movimento, menos resistente é o material. Para aumentar a resistência, procura-se restringir o movimento das discordâncias. De uma forma geral, os mecanismos básicos para isso são : redução do tamanho de grão; solução sólida; deformação a frio (encruamento, trabalho a frio, "strain hardening", "cold working").

4.9.1) RESISTÊNCIA A FADIGA

A solicitação cíclica de um carregamento por um determinado período de tempo, pode levar o material à falha mecânica em níveis de tensões inferiores aos nominalmente previstos. Resistência à fadiga é a capacidade de um material suportar a estes carregamento cíclicos com um mínimo de redução na resitência nominal por um maior número de ciclos.

4.9.2) RESISTÊNCIA MECÂNICA

Tensão que se opõe à deformação mecânica dos materiais.

4.9.3) MECANISMOS DE ENDURECIMENTO

Em virtude da resistência adequada ser uma exigência primária da maioria dos materiais, são utilizados vários métodos para aumentar a resistência dos metais, polímeros e cerâmicos. A resistência mecânica depende basicamente da microestrutura do material, e o endurecimento nada mais é do que a obtenção de microestruturas adequadas. O principal fator de influência é a composição química, que aliada a um tratamento térmico e mecânico adequados cria mecanismos de endurecimento no material.

4.9.4) ENDURECIMENTO POR PRECIPITAÇÃO

Embora tanto o endurecimento do aço como o endurecimento por precipitação envolvam habitualmente dois tratamentos térmicos, os dois tipos de endurecimento são substancialmente diferentes.

O primeiro tratamento térmico para o endurecimento por precipitação, o tratamento de solubilização, deixa a liga relativamente macia. Neste tratamento o material é aquecido até uma temperatura elevada para a dissolução de um ou mais elementos de liga, sendo posteriormente temperado, para que estes elementos se mantenham em solução sólida.

4.10) TENSÃO DE RUPTURA

Tensão de ruptura é a máxima carga axial observada no teste de tração dividida pela área original da seção transversal.

4.11) ELASTICIDADE

Uma peça de aço, sob efeito de tensões de tração ou de compressão sofre deformações, que podem ser elásticas ou plásticas. Tal comportamento deve-se à natureza cristalina dos metais, pela presença de planos de escorregamento ou de menor resistência mecânica no interior do reticulado.

Elasticidade de um material é a sua capacidade de voltar à forma original em ciclo de carregamento e descarregamento. A deformação elástica é reversível, ou seja, desaparece quando a tensão é removida.

4.11.1) MÓDULO DE ELASTICIDADE

Módulo de elasticidade é a relação da tensão pela deformação na direção da carga aplicada, sendo a máxima tensão que o material suporta sem sofrer deformação permanente.

4.12) MALEABILIDADE

Propriedade que permite a conformação de uma liga metálica por deformação. Um material maleável é facilmente laminado, dobrado, conformado e forjado.

4.13) ENCRUAMENTO / MÓDULO DE ENCRUAMENTO

Encruamento é a elevação da tensão de escoamento na fase de deformação plástica, ou seja, é o fenômeno que ocorre no metal com aumento da dureza devido à deformação plástica (só ocorre a frio). Pode ser traduzido por modificações das propriedades mecânicas do material.

O módulo de encruamento é a inclinação da curva tensão x deformação na região do encruamento.

4.13.1) ENVELHECIMENTO DINÂMICO

Envelhecimento dinâmico é o aumento do encruamento do material que ocorre em determinadas faixas de temperatura nas quais os elementos intersticiais presentes na composição química têm mobilidade suficiente na rede cristalina para acompanhar o movimento das discordâncias, dificultando a continuação de sua movimentação.

4.14) ALONGAMENTO

Alongamento é o aumento do comprimento de um material submetido ao ensaio de tração.

4.15) PLASTICIDADE DOS METAIS

Capacidade de um material de se deformar plasticamente, isto é, de maneira permanente. Existem dois tipos de deformação : a elástica e a plástica. Na deformação elástica, o material retorna suas dimensões e formato originais após o fim do carregamento; na deformação plástica o material assume novas dimensões. Os metais são materiais cujas propriedades favorecem a deformação plástica

quando sumbetidos à tensões e solicitações adequadas.

A plasticidade permite a conformação dos metais no estado sólido, por intermédio de operações metalúrgicas como : forjamento, laminação, estiramento, extrusão, estampagem, etc.

4.16) GALVANIZAÇÃO

A galvanização é um dos processos mais efetivos e econômicos empregados para proteger o aço contra a corrosão. A proteção do aço pelo revestimento de zinco, chamada de galvanização, se desenvolve através de dois mecanismos: proteção por barreira exercida pela camada de revestimento e proteção galvânica ou sacrificial, que ocorre na exposição simultânea do par aço-zinco.

Logo, a Corrosão Galvânica é a corrosão característica que se dá quando dois metais ou duas ligas metálicas distintas estão em contato mútuo em um meio corrosivo onde o metal anodo é corroído.

4.16.1) GALVANIZAÇÃO ELETROLÍTICA

Aplicação de recobrimento de zinco por eletro-deposição. Técnica que permite um recobrimento mais uniforme do que a imersão à quente e não influi nas propriedades mecânicas do material; recomendado para aplicações onde resistência à corrosão e aderência de tinta são mais importantes.

4.16.2) GALVANIZAÇÃO POR IMERSÃO À QUENTE

Aplicação de recobrimento de zinco por imersão da peça em banho de zinco fundido.

4.17) PROPRIEDADES FÍSICAS DOS METAIS

4.17.1) COR DOS METAIS

Alguns metais tem cor característica. É costume falar-se correntemente de cor ouro ou de cor branco de prata. Outros tem cor branca mais ou menos brilhante e mais ou menos cinzenta ou azulada.

4.17.2) DENSIDADE DOS METAIS

Do ponto de vista densidade, os metais usuais podem ser divididos em quatro grupos: metais leves (alumínio e magnésio), metais pouco pesados (zinco, estanho, ferro, cobre, níquel), metais pesados (prata, chumbo, mercúrio), metais muito pesados (ouro, platina).

4.17.3) MUDANÇAS DE ESTADO DOS METAIS

Todos os metais, exceto o mercúrio, são sólidos à temperatura ambiente e fundem a temperaturas muito diversas.

4.17.4) CONDUTIBILIDADE TÉRMICA DOS METAIS

Os metais, de um modo geral, são excelentes condutores de calor. A Condutibilidade, entretanto, pode variar consideravelmente de um para o outro. Por exemplo, uma lâmina de cobre e outra de ferro, de iguais dimensões, mergulhadas e agitadas em água fervendo. A lâmina de cobre aquece-se muito mais rapidamente que a outra de ferro.

A prata é o melhor condutor de calor, podendo ser substituída pelo cobre ou alumínio nas aplicações onde se exige boa condutibilidade térmica.

4.17.5) CONDUTIBILIDADE ELÉTRICA DOS METAIS

À capacidade dos materiais transmitirem ou conduzirem uma corrente elétrica, dá-se o nome de condutibilidade elétrica. Os materiais podem ser de 3 tipos, em relação a esta propriedade: condutores (metais são os melhores condutores elétricos), isolantes (ou dielétricos) e semicondutores. O oposto da condutibilidade elétrica é a resistividade elétrica. Este conceito é importante, porque a resistividade é uma constante que depende do material e relaciona a grandeza Resistência elétrica, com o produto l (comprimento do material) dividido por a (área da seção transversal da amostra). Esta relação é útil no dimensionamento da fiação elétrica de um determinado projeto.

4.17.6) DILATAÇÃO DOS METAIS

Ver Capítulo 19.

4.18) CORROSÃO E OXIDAÇÃO / PROPRIEDADES QUÍMICAS DOS ME-TAIS

A corrosão é o fenômeno de deterioração (desgaste) e perda de material de um metal ou liga metálica devido a modificações químicas e eletrônicas que ocorrem por reações com agentes químicos presentes no meio ambiente, natural ou industrial. O ar, a água, os sais e os ácidos, são os principais agentes químicos susceptíveis de atacar os metais e alterar as suas propriedades mecânicas. Designa-se sob o nome de corrosão este ataque químico ou eletroquímico do meio, aliado ou não a esforços mecânicos, a uma velocidade lenta.

O ferro e suas ligas são os materiais de construção mecânica mais importantes e também os mais sujeitos e mais sensíveis à ação de um meio corrosivo. O termo oxidação é utilizado porque um dos principais mecanismos de corrosão existentes está relacionado à ação do oxigênio presente na água ou no ar atmosférico. Grande parte dos metais se encontra na natureza associado ao oxigênio, ou seja, na forma de óxidos. Os processos de tratamento e redução de minérios baseiamse, fundamentalmente, na utilização de energia (térmica, química ou eletroquímica) para promover a separação entre o oxigênio e o metal. Portanto, na ausência de medidas de proteção, a tendência natural é a de que os átomos metálicos voltem a se associar ao oxigênio, adquirindo novamente a sua configuração de mais baixa energia. Por isso ocorre a oxidação.

4.18.1) CORROSÃO PELO SOLO

O comportamento do solo como meio corrosivo em uma planta industrial é muito importante de ser estudado e depende de muitas variáveis, como: aeração, umidade, ph, presença de micro-organismos, condições climáticas, heterogeneidades, presença de bactérias e fertilizantes, presença de despejos industriais, melhor ou pior qualidade do revestimento, contato bimetálico devido à malha de aterramento elétrico de cobre e correntes de fuga. Essa grande quantidade de variáveis faz com que o solo seja considerado um dos meios corrosivos mais complexos que existem, sendo praticamente impossível de se determinar com exatidão sua ação agressiva para os materiais metálicos nele enterrados, normalmente o aço e o ferro fundido, muito comuns em plantas industriais. A agressividade do solo e os problemas de corrosão, podem, entretanto, ser diagnosticados com boa precisão, mediante a determinação e análise de algumas variáveis, entre elas, a resistividade elétrica do solo e o seu ph.

4.18.1.1) PROTEÇÃO CATÓDICA

Uma vez diagnosticada a ocorrência de corrosão em tubulações enterradas e tanques de armazenamento de plantas industriais, recomenda-se sempre, qualquer que seja o tipo de corrosão (pelo solo, galvânica, por correntes de fuga ou todas ao mesmo tempo), a instalação de um sistema de proteção catódica, única solução capaz de eliminar o problema, com baixo custo.

O sistema de proteção catódica largamente utilizado em plantas industriais, por corrente impressa, consiste na instalação de um ou mais retificadores e anodos inertes de titânio ativado distribuídos dentro da planta e enterrados na profundidade de até 3 metros. Os potenciais tubo/solo e tanque/solo, nessas condições, são mantidos com valores iguais ou mais negativos que -0,85 (Cu/CuSo4) e a corrosão é totalmente eliminada.

4.18.1.2) CAREPAS

Carepa é a película de óxido de ferro que se forma na superfície do aço laminado a quente, sendo removida com sprays de água em alta pressão ou outros métodos.

Logo, Carepa é a esfoliação superficial formada por resíduos oxidados.

4.18.2) CORROSÃO SOB TENSÃO

Forma de corrosão provocada pela existência de tensões trativas em determinados pontos da peça metálica. Manifesta-se pelo aparecimento de trincas intergranulares ou transgranulares perpendiculares à direção das tensões

4.18.3) CORROSÃO ALVEOLAR

Forma de corrosão, também chamada de "corrosão por pites",que consiste na formação de pequenas cavidades (alvéolos ou pites) localizadas na peça metálica que podem chegar a perfurar toda a espessura da peça, com pouca ou nehuma perda de espessura do material

Corrosão alveolar é aquela muito localizada e que provoca o desenvolvimento de pites na superfície metálica.

4.18.4) CORROSÃO CATÓDICA

Corrosão catódica é aquela em que o metal atacado funciona como o catodo de uma pilha eletroquímica.

4.18.5) CORROSÃO ELETROQUÍMICA

Corrosão eletroquímica é aquela que resulta da formação de pilhas eletroquímicas constituídas pelo metal e por uma solução.

4.18.6) CORROSÃO GRAFÍTICA

Corrosão grafítica é aquela que ataca ferros com alto teor de grafita e que provoca a oxidação dos grãos metálicos, deixando resíduo grafítico.

4.18.7) CORROSÃO INTERGRANULAR

Forma de corrosão responsável pelo aparecimento de trincas ao longo dos contornos de grãos da estrutura metalúrgica do material.

Corrosão intergranular é aquela que ocorre nas fronteiras dos grãos de um metal ou de uma liga, sem afetar o interior dos grãos cristalinos.

4.18.8) CORROSÃO POR AERAÇÃO DIFERENCIAL

Corrosão por aeração diferencial é aquela que ataca uma região metálica que está em contato com um meio onde a concentração de oxigênio é menor que a concentração nas regiões vizinhas.

4.18.9) CORROSÃO SOB CONTATO

Corrosão localizada que acontece quando há pequena retenção de líquido corrosivo em cavidades ou espaços confinados na peça metálica

4.18.10) CORROSÃO UNIFORME

Forma de corrosão que se manifesta aproximadamentepor igual em toda superfície da peça em contato com o meio corrosivo causando uma perda mais ou menos constante de espessura

4.18.11) OXIDAÇÃO DOS METAIS

As propriedades químicas relacionam-se com a resistência que os metais oferecem ao ataque pelo meio ambiente (corrosão) ou pelo efeito da temperatura (oxidação). Logo, a resistência à corrosão e 'a oxidação são importantes características dos metais.

4.18.12) PITE

Pequena depressão na superfície do metal. É resultado de corrosão

4.19) DESGASTE DOS METAIS

O desgaste entre duas peças ou componentes que apresentam movimento relativo constitui uma das maiores fontes de deterioração da vida útil de máquinas e dispositivos industriais. O desgaste é um processo que dá origem a machucaduras e diminuição das superfícies que se movimentam, resultando em resíduos que podem eventualmente produzir efeitos secundários diversos.

O desgaste dos metais é um fenômeno superficial caracterizado pela deterioração mecânica progressiva das superfícies de contato e pelo arrancamento de partículas por atrito. Este desgaste constitui um dos fatores mais sérios de destruição dos metais, visto que todas as peças de máquinas que se movimentam estão sujeitas a este tipo de fenômeno.

Existe três características de desgaste que depende da natureza das superfícies em contato: atrito - desgaste metálico (metal contra metal), abrasão (metal contra não metal) e erosão (metal contra líquidos e vapores).

4.19.1) ATRITO

Desgaste ocasionado pelo contato de metal contra metal.

4.19.2) ABRASÃO

Desgaste ocasionado pelo contato de metal contra não metal.

4.19.3) EROSÃO

Desgaste ocasionado pelo contato de metal contra fluidos em movimento.

4.20) FADIGA

A fadiga é a tendência à ruptura do material em um carregamento inferior ao limite nominal de resistência à tração, após este material ter permanecido sob a ação de ciclos repetidos de tensões.

E um processo progressivo e localizado, que ocorre num ponto ou em vários pontos, e que pode culminar em fendas ou numa fratura completa após um número suficiente de variações de carga (ciclos).

A falha por fadiga é do tipo frágil, com muito pouca deformação plástica.

O estudo da fadiga é muito importante na indústria mecânica porque 90% das rupturas das peças em serviço ocorrem devido à fadiga.

4.20.1) SOLICITAÇÕES DE FADIGA

Solicitações de fadiga são esforços que se alternam entre compressão e tração e causam a ruptura do material em tensões inferiores à tensão de escoamento.

4.21) FLUÊNCIA

Fenômeno pelo qual os metais e ligas tendem a sofrer deformações plásticas, quando submetidos por longos períodos a tensões constantes, porém inferiores ao limite de resistência normal do material. Normalmente ocorre a altas temperaturas

Logo, é uma deformação plástica provocada por tensões inferiores à tensão de escoamento normal, ativada pela temperatura (são comuns de ocorrência à temperaturas elevadas), e que se manifesta com o passar do tempo.

Esta deformação produz fissuras no material e pode levar a ruptura.

Quando utilizadas à temperatura ambiente, a deformação das ligas metálicas é muito pequena, a não ser que a carga adquira uma tal intensidade que aproxime o material da ruptura. Entretanto, à medida que a temperatura se eleva, ocorre uma deformação progressiva do material, mesmo mantida a carga constante.

Ex. de equipamentos cujos componentes estão sujeitos a falhar por fluência : turbinas a jato, geradores a vapor.

4.22) FRATURA

Fratura é a falha de um material pela separação induzida por tensão em uma ou mais partes. E causada por processos tais como a corrosão, desgaste excessivo ou deformação plástica excessiva.

No ensaio de tração, o estágio final é a separação da amostra (fratura).

O processo de fratura é normalmente súbito e catastrófico, podendo gerar grandes acidentes. A fratura pode assumir dois modos : dúctil e frágil, envolvendo duas etapas: formação de trincas e propagação.

Existem diferentes tipos não-excludentes de classificação de fratura: dútil, frágil,

por fadiga, intergranular, transgranular,...

4.22.1) FRATURA FRÁGIL

Na fratura frágil o material se deforma pouco antes de fraturar. O processo de propagação de trinca pode ser muito veloz, gerando situações catastróficas e uma deformação plástica muito pequena do metal a ela adjacente. A partir de um certo ponto, a trinca é dita instável porque se propagará mesmo sem aumento da tensão aplicada no material.

Uma ruptura completamente frágil, por clivagem, apresenta facetas planas que refletem a luz.

4.22.2) FRATURA DÚCTIL

Na fratura dúctil o material se deforma substancialmente antes de fraturar. O processo se desenvolve de forma relativamente lenta à medida que a trinca se propaga. Este tipo de trinca é denominado estável porque ela para de se propagar a menos que haja um aumento da tensão aplicada no material.

A fratura dúctil é aquela que se propaga como resultado de intensa deformação plástica do metal localizado junto à ponta da trinca. Uma fratura completamente dúctil apresenta uma superfície irregular fosca.

4.22.3) ESTRICÇÃO

A partir do limite de resistência, começa a ocorrer uma estricção (redução da área transversal, empescoçamento) no corpo de prova. A tensão se concentra nesta região, levando à fratura.

4.23) FISSURA

Fissura é o rompimento interno da estrutura cristalina que não aflora na superfície do material. Também é chamada de trinca interna. São descontinuidades que ocorrem na solda ou metal de base quando a tensão localizada excede ao limite de ruptura local do material. Tendem a se propagar devido ao efeito de concentração de tensões no extremo das mesmas. Assim, a fissura tende a aflorar na superfície da peça quando passa a ser uma trinca.

4.24) TRINCA

Trinca é o rompimento da estrutura cristalina que aflora na superfície do material. Também é redundantemente chamada de trinca superficial. São descontinuidades que ocorrem na solda ou metal de base quando a tensão localizada excede ao limite de ruptura local do material. Tendem a se propagar devido ao efeito de concentração de tensões no extremo das mesmas. Assim, a trinca tende a transformar-se em uma fratura.

4.25) RUPTURA

Ruptura é o colapso de uma peça no final do processo de deformação plástica.

4.26) DEFORMAÇÃO

Deformação é a mudança dimensional que se verifica no material em função da carga aplicada. A Deformação decorre da tensão aplicada.

Quando se aplica um esforço mecânico num metal, no sentido de produzir sua deformação, esta ocorre em duas fases: deformação elástica e deformação plástica.

4.26.1) DEFORMAÇÃO ELÁSTICA

Deformação Elástica é a deformação reversível, sem deslocamentos permanentes de átomos ou moléculas. Após o esforço mecânico, o metal volta à forma e dimensões originais.

Logo, Deformação Elástica é o regime de deformação onde não ocorre mudança dimensional permanente, isto é, com o fim do carregamento, o material volta ao estado inicial.

4.26.2) DEFORMAÇÃO PLÁSTICA

A Deformação Plástica é o regime de deformação onde ocorre mudança dimensional permanente, depois que estão excedidos os limites de deformação elástica.

A Deformação Plástica dos metais efetiva-se por intermédio de dois processos fundamentais : deformação por escorregamento (resultante de esforços de çisalhamento) e deformação por maclação.

É a deformação permanente decorrente do deslocamentos de átomos ou molécu-

las para novas posições no reticulado.

Em contraste com a simplicidade da deformação elástica, a deformação plástica ocorre de vários modos distintos. No entanto, o resultado final é sempre a deformação permanente.

4.26.3) DEFORMAÇÃO A QUENTE E A FRIO

O esforço mecânico que leva à deformação, e que se traduz pela realização de um trabalho mecânico, pode ser levado a efeito em condições diferentes de temperatura, desde a temperatura ambiente até altas temperaturas, inferiores, entretanto, às temperaturas de fusão do metal.

A importância prática do trabalho a quente reside no fato de que ele constitui a primeira etapa do processo metalúrgico de conformação mecânica.

Na deformação a frio ("cold work") os materiais sofrem solicitações além do limite de elongação, a resistência à tração aumenta e a dilatação diminui. Os processos de deformação a frio só podem ser utilizados quando a resistência da peça não é muito elevada. Este tipo de deformação se dá a temperaturas muito abaixo da temperatura de fusão.

Referências Bibliográficas

Vicente Chiaverini : Tecnologia Mecânica Vol I Vicente Chiaverini : Tecnologia Mecânica Vol II Vicente Chiaverini : Tecnologia Mecânica Vol III

PROTEC - Projetista de Máquinas.

Lawrence H. Van Vlack: Princípio de Ciência e Tecnologia dos

Materiais

A. G. Guy: Ciência dos Materiais

N. Omote: Física

Ferdinand P. Beer/E. Russell Johnston Jr: Mecânica Vetorial P/

Engenheiros

SITES PESQUISADOS

www.infomet.com.br

www.abende.org.br

www.manter.com.br Manter - O portal da manutenção Carlos Alberto Thomaz Vieira Fazano

www.dcmm.puc-rio.br Prof. Sidnei Paciornik

Capítulo 5

Tratamentos Térmicos
Dos Aços / Tratamentos
Termoquímicos /
Isotérmicos Dos Aços /
Instrumentos p/
Análise Estrutural

5.1) TRATAMENTOS TÉRMICOS

Os processos de produção nem sempre fornecem os materiais de construção nas condições desejadas: as tensões que se originam nos processos de fundição, conformação mecânica e mesmo na usinagem criam sérios problemas de distorsões e empenamentos e as estruturas resultantes não são, frequentemente, as mais adequadas, afetando negativamente, as propriedades mecânicas dos materiais. Por esses motivos, há a necessidade de submeter as peças metálicas, a determinados tratamentos térmicos que objetivam minimizar ou eliminar os incovenientes. O Tratamento Térmico é uma operação ou conjunto de operações realizadas na peça (metal) no estado sólido que compreendem aquecimento, permanência em determinadas temperaturas e resfriamento, em condições controladas, realizados com a finalidade de dar ao metal determinadas características, melhorarando as propriedades mecânicas, sem alterar, contudo, a sua composição química, que permanece inalterável. Obtém uma vezes maior dureza e resistência mecânica, e outras maior plasticidade para facilitar a sua conformação.

Quando a peça é espessa as taxas de aquecimento e de resfriamento devem ser monitoradas para evitar tensões térmicas e residuais elevadas.

Efetuamos os seguintes Tratamentos Térmicos: Recozimento, Normalização, <u>Têmpera</u>, <u>Revenido</u>, Coalescimento, Maleabilização, Patenteamento, Perlitização, Austenitização.

5.1.1) RECOZIMENTO

Recozimento é o tratamento térmico composto de aquecimento controlado a uma determinada temperatura, permanência nessa temperatura durante um certo intervalo e resfriamento regulado (arrefecimento lento). Os objetivos principais do recozimento são os seguintes : remover tensões (devidas aos processos de fundição e conformação mecânica, a quente ou a frio), diminuir a dureza, melhorar a ductilidade, ajustar o tamanho de grãos, regularizar a estrutura bruta de fusão, obter estruturas favoráveis à maquinagem ou deformação a frio, eliminar os efeitos de quaisquer tratamento mecânico e térmico a que o material tenha sido anteriormente submetido, restituindo ao aço as características que foram alteradas, atenuar heterogeneidades ou, ainda, eliminar ou reduzir tensões internas.

5.1.2) NORMALIZAÇÃO

Normalização é o tratamento térmico composto de aquecimento acima da zona crítica com resfriamento uniforme ao ar até a temperatura ambiente. É um tratamento muito semelhante ao recozimento, pelo menos quanto aos seus objetivos. A diferença consiste no fato de que o resfriamento posterior é menos lento ao ar, por exemplo, o que dá como resultado uma estrutura mais fina do que a produzida no recozimento, e consequentemente propriedades mecânicas ligeiramente

superiores, além da eliminação de irregularidades estruturais provocadas por tratamentos mecânicos a quente e a eliminação de tensões residuais. Estas tensões, se não forem eliminadas, vão originar fraturas ou fissuras após a TÊMPERA. Pode dizer-se que, os bons resultados da TÊMPERA, dependem muito do pré-tratamento de Normalização antes de se Temperar, especialmente se as peças estiveram sujeitas a intensa maquinagem ou se têm uma configuração complicada.

Utiliza-se para peças que necessitem ser usinadas, com remoção de cavacos, para evitar-se o "empastamento" das ferramentas de usinagem. Aplica-se principalmente aos aços.

5.1.3) TÊMPERA

Têmpera é o tratamento térmico mais importante dos aços, principalmente os que são utilizados em construção mecânica. As condições de aquecimento são muito idênticas às que ocorrem no recozimento ou normalização. O resfriamento, entretanto, é muito rápido, empregando geralmente meios líquidos, onde as peças são mergulhadas depois do aquecimento. Resultam, nos aços temperados, modificações estruturais muito intensas que levam a um grande aumento da dureza, da resistência ao desgaste, da resistência à tração, ao mesmo tempo em que as propriedades relacionadas com a ductilidade sofrem uma apreciável diminuição e tensões internas são originadas em grande intensidade. Os incovenientes causados por estas tensões internas, associadas à excessiva dureza e quase total ausência de ductilidade do aço temperado, exigem um tratamento térmico corretivo posterior chamado revenido, melhorando assim a ductilidade e a tenacidade.

Têmpera + Revenimento = Beneficiamento

Neste tratamento térmico, pretende-se tirar proveito da dureza e alto limite de elasticidade das estruturas martensíticas. São três, as fases que constituem este tratamento térmico: o aquecimento, o estágio à temperatura de têmpera e o arrefecimento.

A têmpera é um tratamento bastante geral e pode ser aplicado a uma grande variedade de aços.

Logo, o tratamento térmico nos aços com a finalidade de aumentar a resistência, consiste habitualmente em duas operações. A primeira é a têmpera e a segunda é o revenido.

5.1.3.1) BENEFICIAMENTO

Tratamento térmico composto de têmpera seguida de revenimento, em temperatura adequada, destinado a obtenção de maior tenacidade combinada com certas propriedades de resistência. Utiliza-se para peças/ferramentas que necessitem de uma boa confirmação de rigidez e tenacidade.

5.1.3.2) ENSAIO JOMINY

Ensaio Jominy é o ensaio padronizado no qual o resfriamento rápido da amostra é feito em uma de suas extremidades (para determinar a temperabilidade = endurecibilidade).

Logo, este ensaio de laboratório determina a temperabilidade de um dado corpo de prova.

5.1.4) REVENIDO

O Revenido é um tratamento que tem por finalidade eliminar as tensões provocadas pelo arrefecimento da têmpera e dar às peças TEMPERADAS a melhor tenacidade possível, de acordo com a trabalho a que serão submetidas. Deve ser efetuado imediatamente a seguir à TÉMPERA, para não deixar as peças sob as tensões resultantes desse tratamento. A finalidade essencial é a distensão das peças, reduzindo-se as tensões internas provocadas pela martensíte. A duração do revenido, está diretamente ligada ao tipo de aço, e a expessura média das peças a tratar.

Logo, o Revenido é o tratamento térmico aplicado nos aços temperados, imediatamente após a têmpera, a temperaturas inferiores à da zona crítica, resultando em modificações da estrutura obtida na têmpera. A alteração estrutural que se verifica no aço temperado em consequência do revenido melhora a ductilidade, reduzindo os valores de dureza e resistência à tração, ao mesmo tempo em que as tensões internas resultantes da têmpera são aliviadas ou eliminadas.

Dependendo da temperatura em que se processa o revenido, a modificação estrutural é tão intensa que determinados aços adquirem as melhores condições de usinabilidade. O tratamento que produz esse efeito é chamado de coalescimento.

5.1.5) COALESCIMENTO

Coalescimento é o tratamento térmico de recozimento com a finalidade de se obterem os carbonetos sob forma esferoidal. Também denominado esferoidização. Utiliza-se para produtos que necessitem de dureza baixíssima para poderem ser deformadas plasticamente.

5.1.6) MALEABILIZAÇÃO

Maleabilização é o tratamento térmico aplicado ao ferro branco, em que o elemento carbono passa a grafita, na forma arredondada, ou é eliminado. Ambos os fenômenos podem ocorrer simultaneamente. O elemento carbono também pode estar presente em fase ou fases oriundas da transformação da austenita (como por exemplo a perlita).

5.1.7) PATENTEAMENTO

Patenteamento é o tratamento térmico de arames e tiras, empregado em aço de alto e médio carbono, caracterizado por aquecimento acima da zona crítica e por

resfriamento ao ar ou em banho de sal ou chumbo, com a finalidade de obter-se uma microestrutura adequada para as deformações subseqüentes.

5.1.8) PERLITIZAÇÃO

Perlitização é o tratamento térmico de transformação de austenita em perlita. É um termo largamente usado em tratamento de ferro fundidos. Utiliza-se para peças de ferro fundido que necessitem de maior dureza do que a obtida após a fundição.

5.1.9) SOLUBILIZAÇÃO

O primeiro tratamento térmico para o endurecimento por precipitação, o tratamento de solubilização, deixa a liga relativamente macia. Neste tratamento o material é aquecido até uma temperatura alta para a dissolução de um ou mais elementos de liga e é depois temperado, para que estes elementos se mantenham em solução sólida.

5.1.10) AUSTENITIZAÇÃO

Austenitização é o tratamento térmico para dissolução de carbono no ferro CFC, formando com isso a austenita.

5.2) TRATAMENTOS TERMOQUÍMICOS

Tratamentos Termoquímicos dos Aços são um conjunto de operações realizadas no estado sólido que compreendem modificações na composição química da superfície da peça, em condições de temperatura e meio adequados.

Este tipo de tratamento, consiste, além do aquecimento e arrefecimento tal como nos tratamentos térmicos, em modificar também a composição química duma película superficial da peça.

Efetuamos os seguintes Tratamentos Termoquímicos: Cementação, Carbonitretação, Cianetação, Nitretação, Boretação, Nitruração, Carbonitruração.

5.2.1) CEMENTAÇÃO

A cementação gasosa é um tratamento termoquímico e, consiste, em "carbonizar" a camada superficial da peça. Para isso ela é envolvida num "cemento", neste caso, gasoso, e aquecida durante um certo tempo a uma determinada temperatura. A temperatura permite a transferência dos átomos de carbono para a superfície da peça, que é processada por reações químicas. Dá-se ainda a difusão do carbono para o interior da peça, que consiste, portanto, numa migração dos átomos de carbono. A peça "carbonizada", na superfície, é temperada a partir da

temperatura prescrita, ficando a camada cementada com dureza elevada, enquanto que o núcleo, cuja composição se mantém, conserva a sua tenacidade e praticamente não sofre qualquer aumento de dureza. O teor em carbono diminui progressivamente da periferia para o interior da camada cementada.

Depois deste tratamento, não poderá haver qualquer operação de maquinagem, com exceção da Retificação, para que a camada superficial não seja retirada. A Cementação que efetuamos tem a qualidade da Atmosfera Controlada e produz uma carbonização bastante regular e de boa qualidade, profundidade e dureza. Logo, a Cementação é o tratamento termoquímico em que se promove enriquecimento superficial com carbono, por difusão. Utiliza-se para peças que necessitem de alta dureza superficial, alta resistência á fadiga de contato e submetidas a cargas superficiais elevadas.

5.2.2) CARBONITRETAÇÃO

Carbonitretação é o tratamento termoquímico em que se promove o enriquecimento superficial simultâneo com carbono e nitrogênio. Utiliza-se para peças que necessitem de alta dureza superficial, alta resistência à fadiga de contato e submetidas a cargas superficiais moderadas.

5.2.3) CIANETAÇÃO

Cianetação é a Carbonitretação realizada em meio líquido.

5.2.4) NITRETAÇÃO

Nitretação é o tratamento termoquímico em que se promove enriquecimento superficial com nitrogênio. Utiliza-se para peças que necessitam de alta resistência à fadiga de contato, alta resistência ao atrito adesivo e submetidas a cargas superficiais baixas.

5.2.5) BORETAÇÃO

Boretação é o tratamento termoquímico em que se promove enriquecimento superficial com boro. Utiliza-se para peças que necessitam de alta resistência à abrasão.

5.2.6) NITRURAÇÃO

A Nitruração consiste na introdução de azoto, sob a forma de nitretos de ferro, numa película superficial do aço, obtendo-se grande dureza superficial. Aplica-se este processo quando se pretende conferir uma dureza máxima ou uma grande resistência ao desgaste. Em princípio, qualquer aço pode ser Nitrurado. No entanto, somente aqueles que contêm quantidades suficientes de elementos capazes de formar nitretos especiais (alumínio, crómio, molibdénio, tungsténio, vanádio),

obterão as durezas superificiais máximas. Os aços que possuem apenas uma percentagem mínima daqueles elementos, apresentarão, após a Nitruração, somente um pequeno aumento de dureza superficial, sendo esta nitruração chamada de Nitruração Macia. Num grande número de casos, a Nitruração aumenta consideravelmente a duração das ferramentas ou dos elementos de construção. A Nitruração melhora a resistência ao desgaste, diminuindo o perigo de "gripagem" nas superfícies de deslizamento. A Nitruração que efetuamos é Gasosa, sendo um processo que pode demorar de 20 a 60 horas. As peças saem terminadas, devendo ter-se em conta que a camada nitrurada é muito frágil e fina não devendo ser exposta nem a choques nem a grandes esforços locais de compressão. Depois da Nitruração não é necessário qualquer outro tratamento.

5.2.7) CARBONITRURAÇÃO

A Carbonitruração é um tratamento que combina a CEMENTAÇÃO e a NITRURAÇÃO, permitindo a obtenção de camadas superficiais muito duras, com uma expessura de cerca de 0,1 mm, o que é muitas vezes importante em peças de pequena expessura. A Carbonitruração pode ser efetuada em qualquer aço. O processo que utilizamos é o Gasoso e este tipo de tratamento é sobretudo aconselhado para aços de pequena liga, não sendo necessários quaisquer tratamentos térmicos posteriores.

5.3) TRATAMENTO ISOTÉRMICO

O Tratamento Térmico é uma operação ou conjunto de operações realizadas na peça no estado sólido que compreendem aquecimento, permanência em determinadas temperaturas e resfriamento, em condições controladas, realizados com a finalidade de dar ao material determinadas características, com alterações nas suas propriedades.

Quando a temperatura permanece constante durante um certo patamar, então o tratamento térmico é chamado de isotérmico.

5.3.1) AUSTÊMPERA

Austêmpera é o tratamento isotérmico composto de aquecimento até a temperatura de austenitização, permanência nesta temperatura até completa equalização, resfriamento rápido até a faixa de formação da bainita, permanência nesta temperatura até completa transformação. Utiliza-se para peças que necessitam de alta tenacidade (efeito-mola).

5.3.2) MARTÊMPERA

Martêmpera é o tratamento isotérmico composto de austenitização seguida de resfriamento brusco até temperatura ligeiramente acima da faixa de formação de martensita, visando a equalizar a temperatura do material e ao resfriamento ade-

quado até a temperatura ambiente. Utiliza-se para peças propensas a sofrerem empenamentos e que necessitam das mesmas propriedades alcançáveis pelo beneficiamento.

5.4) INSTRUMENTOS PARA ANÁLISE ESTRUTURAL

5.4.1) MICROSCÓPICO

O Microscópico é utilizado para verificar a estrutura metalográfica dos materiais e controlar a qualidade dos tratamentos térmicos efetuados.

5.4.2) ESPECTRÔMETRO

O Espectrômetro é utilizado para efetuar a análise química da ligas, garantindo sua composição especificada pelas normas DIN, ASTM, SAE, ABNT, entre outras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Vicente Chiaverini : Tecnologia Mecânica Vol I Vicente Chiaverini : Tecnologia Mecânica Vol II Vicente Chiaverini : Tecnologia Mecânica Vol III

SITES PESQUISADOS

www.jcaruso.hpg.ig.com.br homepage.onimet.pt/865mbj/ttermicos.html

www.infomet.com.br

CAPÍTULO

6

Ensaios Mecânicos Destrutivos / Ensaios Mecânicos Não Destrutivos

6.1) ENSAIOS MECÂNICOS - DESTRUTIVOS

Teste padronizado para medir propriedades do material. Os ensaios mais comuns são de dureza, de impacto e de tração. São ensaios destrutivos, isto é, onde há inutilização da amostra.

A determinação das propriedades mecânicas de um material é feita por intermédio dos ensaios mecânicos. Estes visam não só medir as propriedades propriamente ditas, mas também comparar estas propriedades em diversos materiais, constatar a influência das condições de fabricação, tratamento e utilização dos materiais e, finalmente, determinar qual o material que mais se recomenda para uso sob determinadas condições e se o material escolhido irá satisfazer as condições exigidas quando realmente aplicado na estrutura ou na máquina inteira, submetidos às solicitações de funcionamento e outras provocadas por fatores externos.

Em vista dos diferentes processos de acabamento, é muito importante conseguir dados sobre as propriedades de fundição, forjabilidade, deformação a frio, manufaturabilidade, temperabilidade, chumbagem e soldagem.

Os ensaios mais importantes interessam pela resistência aos diferentes tipos de solicitações, como tração, compressão, flexão, torção e ainda pela resistência permanente, como também pela dureza, elasticidade e tenacidade.

6.1.1) ENSAIO DE DUREZA

A dureza de um metal é avaliada pela resistência que ele opõe à penetração por outro corpo mais duro. A determinação da dureza tem grande interesse prático, podendo informar sobre a probabilidade da resistência do metal ao desgaste. Este ensaio é uma operação muito rápida e não destrutivo que, nos dá uma indicação aproximada, mas suficiente em muitos casos, da resistência à tração do metal. Trata-se do ensaio mecânico mais importante para peças brutas e acabadas. A dureza pode ser determinada pelos ensaios a seguir.

6.1.1.1) ENSAIO DE DUREZA: MÉTODO BRINELL

Ensaio de dureza que consiste em comprimir uma esfera de aço contra o material em ensaio, medir o diâmetro da impressão resultante, que é uma calota esférica e confrontá-la com uma tabela de dureza.

6.1.1.2) ENSAIO DE DUREZA: MÉTODO VICKERS

Este ensaio é semelhante ao Brinell e apresenta maior precisão. O penetrador é uma pirâmide de diamante comprimida com força arbitrária contra a superfície do material. É utilizado para medir durezas muito elevadas.

6.1.1.3) ENSAIO DE DUREZA: MÉTODO ROCKWELL

Este ensaio é baseado na diferença h de profundidade de uma pré-carga de 10 kg e a carga principal de um cone de diamante ou uma esfera de aço comprimida na

superfície a ser ensaida. A dureza Rockwell é deduzida pela profundidade da penetração. O Ensaio Rockwell possui diferentes escalas (desde a escala A até a H), obtidas através da combinação entre as cargas aplicadas e o tipo de penetrador. Cada escala é indicada para ensaiar materiais com um determinado valor de dureza, o que garante uma maior precisão para o ensaio.

6.1.2) ENSAIO DE TRAÇÃO

Um dos métodos mais importantes de medida de propriedades dos metais, podendo ser determinados as características mais importantes do material, relacionados com a resistência mecânica e com a ductilidade. É o ensaio de resistência mais utilizado.

A determinação das características elásticas permite ao projetista conhecer as condições de resistência do material sem que sofra deformação permanente, e a determinação das características na faixa de plasticidade permite conhecer até que carga o material pode suportar, em condições excepcionais.

O ensaio é efetuado sobre uma barra metálica chamada corpo de prova, de forma e dimensões bem determinadas e normalizadas. Este corpo de prova é constituído por um corpo de seção circular ou retangular, prolongado nas extremidades por duas cabeças para permitir a sua fixação nas maxilas (garras) da máquina de tração. Uma das extremidades é mantida fixa enquanto à outra se aplica um esforço de tração progressivo, coincidindo com o eixo do corpo de prova até a sua ruptura. Verificam-se três fases no fenômeno : período de deformação elástica, período de deformação plástica, estricção (período onde a seção do meio do corpo de prova alonga-se e por fim se parte). Mede-se o valor da força e do elongamento a cada instante, e gera-se uma curva tensão-deformação.

6.1.2.1) CORPO DE PROVA

Corpo de prova é uma amostra de forma e dimensões determinadas de um material cujas propriedades se quer medir pelo ensaio mecânico. Este corpo de prova é constituído por um corpo de seção circular ou retangular, prolongado nas extremidades por duas cabeças para permitir a sua fixação nas maxilas da máquina de tração

6.1.2.2) ELONGAÇÃO (ALONGAMENTO)

No ensaio de tração, é o aumento no comprimento do corpo de prova após a ruptura em relação ao comprimento inicial.

6.1.2.3) EMPESCOÇAMENTO

Redução da espessura de um material ou corpo de prova devido à aplicação de tensões trativas.

6.1.2.4) ELASTICIDADE

Tensão máxima permitida dentro do regime de deformação elástica.

6.1.3) ENSAIO DE IMPACTO

O Ensaio de Impacto permite a determinação da tenacidade do material, ou seja, a quantidade de energia que o material pode suportar antes de romper-se. Trata-se de um impacto de natureza dinâmica, uma vez que a solicitação é aplicada de maneira brusca e repentina.

Os principais ensaios de impacto utilizados na prática são o Charpy e o Izod. Em ambos os casos, prepara-se um corpo de prova com um entalhe em V. O Corpo de prova é submetido ao impacto de um martelo pendular que causa a sua ruptura. A energia gasta pelo pêndulo para romper o material faz com que, após o choque, ele continue a sua trajetória até uma altura inferior a altura inicial. Conhecendose esta diferença de altura, determina-se numericamente a energia, e consequentemente a tenacidade do material. A análise da superfície de fratura também permite que se determine a sua natureza – se frágil ou dúctil.

O ensaio de impacto permite, ainda, que se trace um parâmetro muito importante nos aços, que é a sua temperatura de transição dúctil-frágil. Este parâmetro - na verdade uma faixa de temperatura – indica a temperatura abaixo da qual o aço deixa de ter um comportamento dúctil e passa a se comportar de maneira frágil. O conhecimento deste pârametro é fundamental quando se deseja determinar o aço a ser utilizado em aplicações sujeitas a baixas temperatura.

6.1.4) ENSAIO DE COMPRESSÃO

Aplica-se o ensaio de compressão nos materiais que praticamente estão apenas submetidos a solicitações de compressão (metais para rolamentos, materiais frágeis como fundição cinzenta, pedras, concreto e a maioria dos materiais utilizados na construção). A tensão de compressão provoca um encurtamento (achatamento) da amostra.

6.1.5) ENSAIO DE FLEXÃO

O ensaio de flexão é aplicado em ferros fundidos, metal duro (produto da metalurgia do pó), mais raramente nos aços, madeira, concreto e elementos de construção. Na maioria dos casos é executado colocando a barra de amostra livremente apoiada nos suportes e uma carga no centro.

Com os materiais tenazes pode-se determinar apenas o limite de flexão (correspondente ao limite de fluência), porque eles podem ser dobrados em 180° sem quebrar. Com os materiais frágeis, entretanto, provoca-se uma ruptura e com ela chega-se à possibilidade de calcular a resistência à flexão em base ao momento máximo de flexão e o momento de resistência da seção transversal.

6.2) ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS -END

Os Ensaios Não Destrutivos - END são ensaios realizados em materiais (peça ou amostra), acabados ou semi acabados, para verificar a existência ou não de descontinuidades ou defeitos, através de princípios físicos definidos, sem alterar suas características físicas, químicas, mecânicas ou dimensionais e sem interferir em seu uso posterior.

Constituem uma das principais ferramentas do controle da qualidade de materiais e produtos, contribuindo para garantir a qualidade, reduzir os custos e aumentar a confiabilidade da inspecão.

São utilizados na fabricação, montagem, inspeção em serviço e manutenção, sendo largamente aplicados em soldas, fundidos, forjados, laminados, plásticos, concreto, entre outros, nos setores petróleo/petroquímico, nuclear, aeroespacial, siderúrgico, ferroviário, naval, eletromecânico e automotivo.

Os END incluem métodos capazes de proporcionar informações a respeito do teor de defeitos de um determinado produto, das características tecnológicas de um material, ou ainda, da monitoração da degradação em serviço de componentes, equipamentos e estruturas.

Os métodos mais usuais de END são: ensaio visual, líquido penetrante, partículas magnéticas, ultra-som, radiografia (Raios X e Gama), correntes parasitas, análise de vibrações, termografia, emissão acústica, estanqueidade e análise de deformações.

6.2.1) ULTRA-SOM

Detecta descontinuidades internas em materiais, baseando-se no fenômeno de reflexão de ondas acústicas quando encontram obstáculos à sua propagação, dentro do material.

Um pulso ultra-sônico é gerado e transmitido através de um transdutor especial, encostado ou acoplado ao material. Os pulsos ultra-sônicos refletidos por uma descontinuidade, ou pela superfície oposta da peça, são captados pelo transdutor, convertidos em sinais eletrônicos e mostrados na tela LCD ou em um tubo de raios catódicos (TRC) do aparelho.

Os ultra-sons são ondas acústicas com freqüências acima do limite audível. Normalmente, as freqüências ultra-sônicas situam-se na faixa de 0,5 a 25 Mhz.

Geralmente, as dimensões reais de um defeito interno podem ser estimadas com uma razoável precisão, fornecendo meios para que a peça ou componente em questão possa ser aceito, ou rejeitado, baseando-se em critérios de aceitação da norma aplicável. Utiliza-se ultra-som também para medir espessura e determinar corrosão com extrema facilidade e precisão.

As aplicações deste ensaio são inúmeras: soldas, laminados, forjados, fundidos, ferrosos e não ferrosos, ligas metálicas, vidro, borracha, materiais compostos. Industria de base (usinas siderúrgicas) e de transformação (mecânicas pesadas), industria automobilística, transporte marítimo, ferroviário, rodoviário, aéreo e aeroespacial utilizam este ensaio com frequência.

Modernamente o ultra-som é utilizado na manutenção industrial, na detecção preventiva de vazamentos de líquidos ou gases, falhas operacionais em sistemas elétricos (efeito corona), vibrações em mancais e rolamentos, etc. O ensaio ultra-sônico é, sem sombra de dúvidas, o método não destrutivo mais utilizado e o que apresenta o maior crescimento, para a detecção de descontinuidades internas nos materiais.

6.2.2) LÍQUIDO PENETRANTE

O ensaio por Líquidos Penetrantes é considerado um dos melhores métodos de teste para a detecção de descontinuidades superficiais de materiais isentos de porosidade tais como: metais ferrosos e não ferrosos, alumínio, ligas metálicas, cerâmicas, vidros, certos tipos de plásticos ou materiais organo-sintéticos. Líquidos penetrantes também são utilizados para a detecção de vazamentos em tubos, tanques, soldas e componentes.

O líquido penetrante é aplicado com pincel, pistola, ou com lata de aerossol ou mesmo imersão sobre a superfície a ser ensaiada, que então age por um tempo de penetração. Efetua-se a remoção deste penetrante da superfície por meio de lavagem com água ou remoção com solventes. A aplicação de um revelador (talco) irá mostrar a localização das descontinuidades superficiais com precisão e grande simplicidade embora suas dimensões sejam ligeiramente ampliadas.

Este método está baseado no fenômeno da capilaridade que é o poder de penetração de um líquido em áreas extremamente pequenas devido a sua baixa tensão superficial. O poder de penetração é uma característica bastante importante uma vez que a sensibilidade do ensaio é enormemente dependente do mesmo.

Descontinuidades em materiais fundidos tais como gota fria, trincas de têmpera ou revenimento, descontinuidades de fabricação ou de processo tais como trincas, costuras, dupla laminação, sobreposição de material ou ainda trincas provocadas pela usinagem, ou fadiga do material ou mesmo corrosão sob tensão, podem ser facilmente detectadas pelo método de Líquido Penetrante.

6.2.3) RADIOGRAFIA, RADIOSCOPIA E GAMAGRAFIA

O método está baseado na mudança de atenuação da radiação eletromagnética (Raios-X ou Gama), causada pela presença de descontinuidades internas, quando a radiação passar pelo material e deixar sua imagem gravada em um filme, sensor radiográfico ou em um intensificador de imagem.

A radiografia foi o primeiro método de ensaio não destrutivo introduzido na indústria para descobrir e quantificar defeitos internos em materiais. Seu enorme campo de aplicação inclui o ensaio em soldas de chapas para tanques, navios, oleodutos, plataformas ofshore; uma vasta aplicação em peças fundidas principalmente para as de segurança na industria automobilística como porta-eixos, carcaças de direção, rodas de alumínio, airbags, assim como blocos de motores e de cambio; produtos moldados, forjados, materiais compostos, plásticos, componentes para engenharia aeroespacial, etc... são outros exemplos.

Raio-X Industrial abrange hoje varias técnicas:

- Radiografia: é a técnica convencional via filme radiográfico, com gerador de Raio-X por ampola de metal cerâmica. Um filme mostra a imagem de uma posição de teste e suas respectivas descontinuidades internas.
- Gamagrafía: mesma técnica tendo como fonte de radiação um componente radioativo, chamado de "isótopo radioativo" que pode ser o Irídio, Cobalto ou modernamente o Selênio.
- Radioscopia: a peça é manipulada a distancia dentro de uma cabine a prova de radiação, proporcionando uma imagem instantânea de toda peça em movimento, portanto tridimensional, através de um intensificador de imagem acoplado a um monitor de TV. Imagens da radioscopia agrupadas digitalmente de modo tridimensional em um software, possibilita um efeito de cortes mostrando as descontinuidades em três dimensões o que nada mais é do que uma tomografia industrial.

A radiografia também passou a ser realizada em processos dinâmicos (tempo real), como no movimento de projétil ainda dentro do canhão, fluxo metálico durante o vazamento na fundição, queima dos combustíveis dentro dos mísseis, operações de soldagem, etc.

6.2.4) PARTÍCULAS MAGNÉTICAS

O ensaio por partículas magnéticas é usado para detectar descontinuidades superficiais e sub superficiais em materiais ferromagnéticos. São detectados defeitos tais como: trincas, junta fria, inclusões, gota fria, dupla laminação, falta de penetração, dobramentos, segregações, etc.

O método de ensaio está baseado na geração de um campo magnético que percorre toda a superfície do material ferromagnético. As linhas magnéticas do fluxo induzido no material desviam-se de sua trajetória ao encontrar uma descontinuidade superficial ou sub superficial, criando assim uma região com polaridade magnética, altamente atrativa à partículas magnéticas. No momento em que se provoca esta magnetização na peça, aplicam-se as partículas magnéticas sobre a peça. Estas partículas serão atraídas à localidade da superfície que contiver uma descontinuidade, formando assim uma clara indicação de defeito. Alguns exemplos típicos de aplicações são fundidos de aço ferrítico, forjados, laminados, extrudados, soldas, peças que sofreram usinagem ou tratamento térmico (porcas e parafusos), trincas por retífica e muitas outras aplicações em materiais ferrosos.

Para que as descontinuidades sejam detectadas é importante que elas estejam de tal forma que sejam "interceptadas" ou "cruzadas" pelas linhas do fluxo magnético induzido; conseqüentemente, a peça deverá ser magnetizada em pelo menos duas direções defasadas de 90°. Para isto utilizamos os conhecidos yokes, máquinas portáteis com contatos manuais ou equipamentos de magnetização estacionários para ensaios seriados ou padronizados.

O uso de leitores óticos representa um importante desenvolvimento na interpretação automática dos resultados.

6.2.5) ENSAIO VISUAL

A inspeção por meio do Ensaio Visual é uma das mais antigas atividades nos setores industriais, e é o primeiro ensaio não destrutivo aplicado em qualquer tipo de peça ou componente, e está freqüentemente associado a outros ensaios de materiais.

Utilizando uma avançada tecnologia, hoje a inspeção visual é um importante recurso na verificação de alterações dimensionais, padrão de acabamento superficial e na observação de descontinuidades superficiais visuais em materiais e produtos em geral, tais como trincas, corrosão, deformação, alinhamento, cavidades, porosidade, montagem de sistemas mecânicos e muitos outros.

A inspeção de peças ou componentes que não permitem o acesso direto interno para sua verificação (dentro de blocos de motores, turbinas, bombas, tubulações, etc), utilizam-se de fibras óticas conectadas a espelhos ou microcâmeras de TV com alta resolução, alem de sistemas de iluminação, fazendo a imagem aparecer em oculares ou em um monitore de TV. São soluções simples e eficientes, conhecidas como técnica de inspeção visual remota.

Na aviação, o ensaio visual é a principal ferramenta para inspeção de componentes para verificação da sua condição de operação e manutenção. Não existe nenhum processo industrial em que a inspeção visual não esteja presente. Simplicidade de realização e baixo custo operacional são as características deste método, mas que mesmo assim requer uma técnica apurada, obedece a sólidos requisitos básicos que devem ser conhecidos e corretamente aplicados.

6.2.6) EMISSÃO ACÚSTICA

O princípio do método é baseado na detecção de ondas acústicas emitidas por um material em função de uma força ou deformação aplicada nele. Caso este material tenha uma trinca, descontinuidade ou defeito, a sua propagação irá provocar ondas acústicas detectadas pelo sistema.

Os resultados do ensaio por emissão acústica não são convencionais. Na realidade este método não deve ser utilizado para determinar o tipo ou tamanho das descontinuidades em uma estrutura, mas sim, para se registrar a evolução das descontinuidades durante a aplicação de tensões para as quais a estrutura estará sujeita, desde que as cargas sejam suficientes para gerar deformações localizadas, crescimento do defeito, destacamento de escória, fricção, ou outros fenômenos físicos.

Aplicamos a emissão acústica quando queremos analisar ou estudar o comportamento dinâmico de defeitos em peças ou em estruturas metálicas complexas, assim como registrar sua localização. O ensaio por emissão acústica permite a localização da falha, captados por sensores instalados na estrutura ou no equipamento a ser monitorado.

E o caso da monitoração de cilindros contendo gás sob pressão para abastecimento, do teste hidrostático e pneumático em vasos de pressão, teste de fadiga, controle de processos de soldagem, e ainda da caracterização de materiais.

6.2.7) ESTANQUEIDADE

A necessidade de uma perfeita estanqueidade em tanques ou tubulações contendo substâncias tóxicas que façam parte de instalações de alto risco (área química, nuclear, aeroespacial, etc.), proporcionou utilização de novos métodos capazes de detectar possíveis vazamentos de gás ou líquidos, a fim de obter uma efetiva garantia de segurança e proteção ambiental.

Os métodos aplicados no ensaio de estanqueidade são: medir Pressão ou Vácuo com alta precisão, método da Bolha, método da Variação de Pressão, detecção de vazamento por meio de Fluido Frigorígeno ou de aplicação de gás Hélio com o respectivo aparelho detector e, modernamente, a localização de vazamentos de gases e líquidos por ultra-som.

Uma das ameaças mais comuns ao meio ambiente alem de provocar acidentes, seja na área industrial, doméstica ou pública são os vazamentos de produtos perigosos, que quando armazenados em tanques ou recipientes com falhas estruturais, produzem vazamentos de líquidos ou gases inflamáveis (industria petrolífera), ácidos ou produtos corrosivos (industria química), no setor de transportes (rodoviário, ferroviário e por tubulações), e tantos outros.

Portanto, como medida preventiva, no sentido de evitar tais ocorrências, o Ensaio de Estanqueidade tem sido largamente empregado em testes de componentes pressurizados ou despressurizados onde existe o risco de escape ou penetração de produtos, comprometendo o sistema de contenção, assumindo desta maneira, uma importância muito grande quando se trata da proteção ao meio ambiente, onde a flora e fauna e ainda pessoas ou populações podem ser atingidas seriamente.

6.2.8) CORRENTES PARASITAS

O campo magnético gerado por uma sonda ou bobina alimentada por corrente alternada produz correntes induzidas (correntes parasitas) na peça sendo ensaiada. O fluxo destas correntes depende das características do metal. Praticamente as "bobinas" de teste tem a forma de canetas ou sensores que passadas por sobre o material detectam trincas ou descontinuidades superficiais. Ou, ainda, podem ter a forma circular, oval ou quadrada por onde passa o material. Neste caso detectam-se descontinuidades ou ainda as características físico-químicas da amostra.

A presença de descontinuidades superficiais e sub-superficiais (trincas, dobras ou inclusões), assim como mudanças nas características físico-químicas ou da estrutura do material (composição química, granulação, dureza, profundidade de camada endurecida, tempera, etc.) alteram o fluxo das correntes parasitas, possibilitando a sua detecção.

O ensaio por correntes parasitas se aplica em metais tanto ferromagnéticos como não ferromagnéticos, em produtos siderúrgicos (tubos, barras e arames), em autopeças (parafusos, eixos, comandos, barras de direção, terminais, discos e panelas de freio, entre outros). O método se aplica também para detectar trincas de fadiga e

corrosão em componentes e estruturas aeronáuticas e em tubos instalados em trocadores de calor, caldeiras e similares.

É um método limpo e rápido de ensaios não destrutivos, mas requer tecnologia e prática na realização e interpretação dos resultados. Tem baixo custo operacional e possibilita automatização a altas velocidades de inspeção.

6.2.9) TERMOGRAFIA

A inspeção termográfica (Termografia) é uma técnica não destrutiva que utiliza os raios infravermelhos, para medir temperaturas ou observar padrões diferenciais de distribuição de temperatura, com o objetivo de propiciar informações relativas à condição operacional de um componente, equipamento ou processo. Em qualquer dos sistemas de manutenção considerados, a termografia se apresenta como uma técnica de inspeção extremamente útil, uma vez que permite: realizar medições sem contato físico com a instalação (segurança); verificar equipamentos em pleno funcionamento (sem interferência na produção); e inspecionar grandes superfícies em pouco tempo (alto rendimento).

Os aplicativos desenvolvidos para a posterior análise das informações termográficas obtidas, como a classificação de componentes elétricos defeituosos, avaliação da espessura de revestimentos e o cálculo de trocas térmicas, permitem que esses dados sejam empregados em análises preditivas. Aplicações de termografia: Manutenção preditiva dos sistemas elétricos de empresas geradoras, distribuidoras e transmissoras de energia elétrica; Monitoramento de sistemas mecânicos como rolamentos e mancais; Vazamentos de vapor em plantas industriais; Análise de isolamentos térmicos e refratários; Monitoramentos de processos produtivos do vidro e de papel; Acompanhamento de performance de placas e circuitos eletrônicos; Pesquisas científicas de trocas térmicas, entre outras possibilidades.

Na indústria automobilística é utilizada no desenvolvimento e estudo do comportamento de pneumáticos, desembaçador do pára-brisa traseiro, no turbo, nos freios, no sistema de refrigeração, etc. Na siderurgia tem aplicação no levantamento do perfil térmico dos fundidos durante a solidificação, na inspeção de revestimentos refratários dos fornos. A indústria química emprega a termografia para a otimização do processo e no controle dos reatores e torres de refrigeração, a engenharia civil inclui a avaliação do isolamento térmico de edifícios e determina detalhes construtivos das construções como, vazamentos, etc.

6.2.10) ANALISE DE VIBRAÇÕES

O ensaio para vibrações mecânicas, em muitas fábricas, é um método indispensável na detecção prematura de anomalias de operação em virtude de problemas, tais como falta de balanceamento das partes rotativas, desalinhamento de juntas e rolamentos, excentricidade, interferência, erosão localizada, abrasão, ressonância, folgas, etc..

Um sensor piezoelétrico é acoplado ao mancal ou chassis da máquina ou componente em questão. Este sensor, através de um aparelho indica a quantidade e direção da vibração detectada. Bom conhecimento teórico e pratico do operador, são essenciais ao sucesso do ensaio.

O método tem se provado particularmente útil na monitoração de operação mecânica de máquinas rotativas (ventiladores, compressores, bombas, turbinas, etc.), na detecção e reconhecimento da deterioração de rolamentos, no estudo de mau funcionamento típicos em maquinaria com regime cíclico de trabalho, laminadores, prensas, etc., e na análise de vibrações dos processos de trincamento, notadamente em turbinas e outras máquinas rotativas ou vibratórias.

Este método também permite uma grande confiabilidade na operação de instalações e na interrupção de uma máquina em tempo hábil, para substituição de peças desgastadas.

Na usinagem mecânica com ferramental sofisticado, a medição das vibrações é essencial para a melhoria da qualidade final do produto. O método é aplicado na engenharia civil para o estudo do comportamento das estruturas sujeitas a carregamento provocados por um tráfego de alta velocidade.

Ensaio de Análise de Vibrações é um método muito valioso, pois a identificação das falhas no monitoramento de máquinas e motores é feito por medições eletrônicas das vibrações, não percebidas por nossos ouvidos, eliminando assim a subjetividade do técnico.

6.2.11) O ENSAIO METALOGRÁFICO NÃO DESTRUTIVO

O ensaio metalográfico consiste, basicamente, na preparação de uma amostra isenta de deformações mecano-plásticas por meio de uma seqüência de estágios, como corte, lixamento, polimento e ataque, de forma que os microconstituintes do material possam, então, ser observados e interpretados ao microscópio.

Assim, o ensaio metalográfico não destrutivo, analogamente a outras técnicas específicas, dentre as quais a gamagrafia, ultra-sonografia, radiografia, etc., é, atualmente, um auxiliar indispensável à moderna Manutenção industrial, permitindo um controle "in situ", de maneira rápida e eficiente, da avaliação da microestrutura do material, da detecção de trincas, bem como de áreas de tensões e deformações.

O ensaio metalográfico não destrutivo tem uma vasta gama de aplicações.

Desta forma, em caráter orientativo, indicam-se a seguir aquelas mais usadas na moderna inspeção e Manutenção industrial : Avaliação da microestrutura, Determinação de trincas, Trincas de fluência.

A metalografia pode ser uma técnica de ensaio sobremaneira importante na moderna inspeção e Manutenção preventiva industrial, não somente pela sua rapidez e economia, mas, principalmente, pela precisão dos resultados obtidos.

(Carlos Alberto Thomaz Vieira Fazano)

6.3) ABENDE

Associação Brasileira de Ensaios Não Destrutivos.

SITES PESQUISADOS

www.infomet.com.br www.abende.org.br www.manter.com.br Carlos Alberto Thomaz Vieira Fazano

Capítulo 7

Processos Metalúrgicos / Máquinas Operatrizes

7.1) FUNDIÇÃO

O processo de conformação por fundição consiste em vazar (despejar) metal líquido num molde contendo uma cavidade na geometria desejada para a peça final.

Logo, a transformação dos metais e ligas metálicas em peças de uso industrial tem como ponto de partida o metal líquido ou fundido, que é derramado no interior de uma forma (molde) preenchendo todo o espaço, cuja cavidade é conformada de acordo com a peça que se deseja produzir. O metal endurece no interior do molde e assim assume a forma desejada.

Alguns fenômenos podem ocorrer durante a solidificação do metal líquido no interior dos moldes, tais como, a cristalização, a contração de volume, concentração de impurezas e desprendimento de gases.

Os processos podem ser classificados pelo tipo de molde e modelo e/ou pela força ou pressão usada par preencher o molde com o metal líquido. O processo de fundição permite obter, de modo econômico, peças de geometria complexa, sua principal vantagem em relação a outros processos. Na maioria dos casos, a fundição é o processo inicial, porque, além de permitir a obtenção de peças com formas praticamente definitivas, possibilita a fabricação dos chamados lingotes, os quais serão posteriormente submetidos a processos de conformação mecânica e transformados em formas definitivas. Em muitos casos, as peças são usinadas antes de estarem em condições de utilização.

O processo de fundição aplica-se a vários tipos de metais, tais como aços, ferros fundidos, aluminio, cobre, zinco, magnesio e respectivas ligas. Porém existem também desvantagens. Os aços fundidos, por exemplo, podem apresentar elevadas tensões residuais, microporosidade, zonamento e variações de tamanho de grão. Tais fatores resultam em menor resistência e ductilidade, quando comparados aos aços obtidos por conformação a quente.

7.1.1) FUNDIÇÃO CONTÍNUA

O processo de fundição contínua consiste em fundir e conformar o produto final numa única operação, eliminando tempos intermediários de esfriamento em moldes, garantindo controle e constância de propriedades físicas e geométricas de cada produto.

7.1.2) PROCESSOS TÍPICOS

Existem muitas variantes no processo de fundição (grau de automação, produtividade, precisão dimensional, acabamento superficial), entretanto destaca-se a influência do tipo de molde nas propriedades físicas do material resultante. A taxa de extração de calor através do molde, determina o tamanho final de grão, e portanto a característica de resistência mecânica da peça.

Por este motivo os processos de fundição são muitas vezes classificados de acordo com o tipo de molde utilizado.

Os processos típicos podem ser classificados em quatro grupos básicos:

- a) Areia Verde (molde é descartável);
- b) Molde Permanente (molde é metálico, bipartido);
- c) Injeção (molde é metálico, o metal líquido entra sob pressão);
- d) Cera Perdida (molde e modelo são descartáveis).

7.1.3) LINGOTES

Os metais líquidos são vazados em moldes para obtenção de peças ou lingotes. O lingote passa posteriormente por processos de deformação plástica visando a produção de chapas, barras, perfis, etc...

Logo, o lingote é um grande bloco fundido que será subseqüentemente destinado a operações de laminação ou forjamento.

7.2) USINAGEM

A usinagem é definida como "um processo de fabricação que promove a retirada de material da peça por cisalhamento". A porção de material retirada é denominada por cavaco.

As peças metálicas fabricadas pelos processos metalúrgicos convencionais como forjamento, fundição etc - geralmente apresentam superfícies mais ou menos grosseiras e que, portanto, exigem um determinado acabamento. Os objetivos do processo de usinagem podem ser assim resumidos:

- Acabamento de superfícies de peças fundidas ou conformadas mecanicamente:
- Obtenção de peculiaridades (saliências, reentrâncias, furos passantes, furos rosqueados);
- Fabricação seriada de peças, a um custo mais baixo;
- Fabricação de peças, de qualquer forma, a partir de um bloco de material metálico.

As operações de usinagem podem ser assim classificadas : torneamento, aplainamento, furação, mandrilamento, fresamento, serramento, brochamento, roscamento, entre outros.

7.2.1) CAVACO

Cavaco é o material removido do tarugo durante o processo de usinagem, pela ação da ferramenta de corte, cujo objetivo é obter uma peça com forma e dimensões definidas.

Dependo das condições de corte e características do material usinado pode-se considerar duas características específicas para os cavacos: tipos e formas. Quanto ao tipo eles podem ser: contínuo, parcialmente contínuo, segmentado ou descontínuo. Quanto à forma, podem ser: em hélices, espirais, em fita, entre outras. Em todas as formas, o cavaco pode ser longo, curto ou emaranhado.

7.2.2) MOVIMENTO DE CORTE

Movimento principal produzido manualmente ou pela máquina, forçando o material da peça sobre a ferramenta de corte.

7.2.3) MOVIMENTO DE AVANÇO

Movimento que, juntamente com o movimento de corte, produz uma remoção repetida ou contínua do cavaco, durante várias revoluções ou cursos.

7.2.4) GRANDEZAS DE CORTE

Grandezas de corte devem ser ajustadas na máquina direta ou indiretamente para retirada de cavaco : velocidade de corte, avanço, profundidade de corte.

7.2.5) MATERIAIS DE CORTE / FLUIDO DE CORTE

Material de corte, também chamado de material da ferramenta, é o material com o qual a parte ativa da ferramenta de corte é confeccionada, isto é, sua aresta de corte. Estes materiais que constituem as ferramentas de corte são os responsáveis pelo seu desempenho e conferem-lhes características físicas e propriedades mecânicas.

O material de corte deve ter quatro características principais : alta dureza e tenacidade; alta resistência à flexão e ao impacto; alta resistência à abrasão; resistência a temperaturas elevadas.

"Fluidos de corte são aqueles líquidos e gases aplicados na ferramenta e no material que está sendo usinado, a fim de facilitar a operação de corte." Fonte: Mark 's Standard Handbook for Mechanical Engineers, 8th Edition.

Frequentemente são chamados de lubrificantes ou refrigerantes em virtude das suas principais funções na usinagem: reduzir o atrito entre a ferramenta e a superfície em corte (lubrificação) e diminuir a temperatura na região de corte. (refrigeração).

Recentemente, por questões principalmente relacionadas ao meio ambiente e à saúde do pessoal envolvido no chão-de-fábrica, tem-se observado a tendência de redução na utilização do fluido de corte. Isso se deve, também a fatores econômicos envolvidos em relação à aquisição, manutenção e descarte dos fluidos de corte. Aliado a isso, tem-se o fato de grandes inovações tecnológicas associadas aos materiais para ferramentas de corte e às máquinas operatrizes. Com isso, surgiram as correntes mundiais de usinagem a seco (dry cutting) e também a utilização de fluidos pulverizados em vazões inferiores a 200 ml/h, método denominado por MQF (mínima quantidade de fluido). De qulaquer forma, essas correntes mostram a existência de inúmeras situações práticas em que o fluido de corte pode ser eliminado e noutras em que ele ainda é essencial ao processo. Seja, para garantir a qualidade da superfície usinada, em termos de rugosidade, para

promover a limpeza da peça, retirando o cavaco, para refrigerar a peça e manter as tolerâncias dimensionais ou para proteger a máquina ferramenta quanto a oxidação, no Brasil eles ainda são amplamente utilizados.

Quanto às ferramentas de corte, os principais materiais usados são: aço carbono, aço rápido (HSS – High Speed Steel), metal duro, cermet, cerâmica, nitreto cúbico de bono policristalino (PCBN – Polycrystalne Cubic Boron Nitride) e diamante sintético (PCD – Polycrystaline Compact Diamond).

7.2.5.1) METAL DURO

O metal duro consiste de carbonetos metálicos de tungstênio, titânio, tântalo ou molibdênio e o cobalto como aglomerante. Ele é fabricado pela metalurgia do pó, que consiste em etapas de misturas de pós, prensagem e sinterização. Como produto final, tem-se o metal duro na forma de insertos ou pastilhas. Em alguns casos recebem tratamento adicional como revestimentos (TiN, TiC, TiCN, WC/C, Al₂O₃, entre outros, na forma de simples ou múltiplas camadas) e afiação por meio do processo de retificação.

O metal duro apresenta elevada dureza, contudo, sua tenacidade é inferior à do aço rápido (HSS). A temperatura de corte do metal duro pode chegar à 1000° C.

7.2.5.2) AÇO RÁPIDO (HSS | HIGH SPEED STEEL)

Ferramentas de aço rápido podem ser feitas com muitos tipos de aços, utilizandose ligas de tungstênio, cromo, molibdênio, vanadio e cobalto.

Estas combinações de elementos de ligas asseguram a resistência e a dureza neces-

sárias para operações em altas temperaturas.

O HSS resiste a temperaturas de até 550° C. Mesmo com a evolução dos materiais para ferramentas, o HSS ainda é utilizado para confecção de ferramentas para furação, brochamento e fresamento, uma vez que seu custo é relativamente baixo. Recentemente a sua fabricação foi otmizada e também pode ser fabricado por meio da metalurgia do pó. Nesse caso eles recebem a denominação de HSS-PM (High Speed Stell – Powder Metallurgy). Assim como no metal duro, o HSS também pode receber camadas de recobrimentos, por meio de processos de deposição física de vapor (PVD – Physical Vapour Deposition) e os mais utilizados são: TiN, TiCN e TiAlN. Com isso o HSS ganhou uma sobrevida no mercado.

7.2.5.3) MATERIAIS CERÂMICOS

Os materiais cerâmicos para corte consistem, basicamente, de óxido de alumínio, caracterizando-se pelo seu alto teor de dureza. A resistência ao desgaste excede à das ligas de metal duro; contudo, sua tenacidade é baixa.

Atualmente as ferramentas cerâmicas são usadas em operações de corte contínuo (torneamento, mandrilamento e furação) e descontínuo, no caso do fresamento. Para isso, a tecnologia de fabricação de cerâmicas evoluiu e à alumina (Al₂O₃) foram adicionados outros elementos, com objetivos de melhorar a tencacidade e a resistência ao desgaste. Com isso, surgiram novas classes de cerâmicas no mercado: cerâmica branca (Al₂O₃ + ZrO₂), cerâmica mista ou preta (Al₂O₃ + TiC) e whisker (Al₂O₃ + SiC), que são as denominadas cerâmicas óxidas. No mercado

existem outras classes de cerâmicas à base de nitreto de silício (Si₃N₄) e também a adição neste da alumina (Si₃N₄ + Al₂O₃), produzindo o produto comercialmente denominado por SIALON.

Devido à sua elevada dureza e resistência ao desgaste, bem como à sua boa estabilidade à eelvadas temperaturas, podemos atingir velocidades de corte extremamente altas. Estes materiais também são importantes devido à sua alta resistência ao calor (acima de 1800°C). Uma das razões pelas quais os materiais cerâmicos não podem ser utilizados universalmente como o metal duro é o seu baixo fator de tenacidade. Não devemos usinar alumínio com materiais cerâmicos, pois pode ocorrer uma reação química entre materiais da peça e da ferramenta e acelerar o desgaste da ferramenta de corte. Exemplos de operações com cerâmicas: fresamento do plano de apoio do cabeçote, no bloco do motor, em ferro fundido cinzento, em velocidades de corte superiores a 1000 m/min, sem a utilização de fluidos de corte (a seco); torneamento de discos de freio, em ferro fundido cinzento, sem fluido de corte, em velocidades de corte superiores a 50 HRC, entre outros.

7.2.5.4) DIAMANTE (PCD – Polycrystaline Compact Diamond)

Os diamantes sintéticos são utilizados para acabamento fino, em que são requeridas tolerâncias muito apertadas e alta qualidade na superfície usinada. Este é um caso particular para torneamentos interno e externo e fresamento. Os diamantes são extremamentes duros, mas também extremamente frágeis (baixa tenacidade). Os materiais não-ferrosos, principalmente o alumínio e o magnésio e suas ligas, materiais plásticos e madeiras, são as principais aplicações para ferramentas de diamante sintético. Os materiais ferrosos não devem ser usinados com diamante, uma vez que os átomos de carbono podem dispersar-se no aço, provocando o rápido desgaste da ferramenta. Exemplos de aplicações do PCD na indústria: indústria moveleira, em operações de superacabamento no torneamento em velocidades de corte extremamente elevadas (até superiores a 5.000 m/min); fresamento de cabeçotes motores e carcaças de caixas de câmbio, em ligas de alumínio, em velocidades de corte superiores a 3.500 m/min.

7.2.5.5) NITRETO CÚBICO DE BORO POLICRISTALINO - PCBN

Comparado às cerâmicas, o PCBN tem maior dureza e resistência ao desgaste. Mas sua resistência química era um fator limitador. Por essa razão, quando este material é usado em operações de corte em que a estabilidade química é um critério primordial, recomenda-se uma classe de PCBN contendo um pouco de cerâmica. O problema de elevada afinidade química ocorre principalmente na usinagem de aços de baixa dureza e nesse caso, o desgaste da ferramenta é pronunciado, promovido por mecanismos de desgaste, principalmente a difusão.

A sua dureza é a segunda maior, após o diamante, e pelo menos duas vezes maior que a dos outros materiais de corte. A adição de elementos metálicos e/ou cerâmicos à sua microestrutura, melhorou a estabilidade química para a maioriadas aplicações industriais. Atualmente, tem-se disponível no mercado, diversos tipos de PCBN, agrupados em duas classes: o PCBN-H, com percentual

de CBN acima de 90% em peso e o restante com reforço metálico à base, principalmente de cobalto e o alumínio e o PCBN-L, com cerca de 50% de CBN e o restante com reforços metálicos cerâmicos, à base de titânio. As novas formulações proporcionaram boa relação entre dureza a quente, tenacidade e estabilidade química a esses materiais. Com isso, atualmente ele é utilizado nos processos de torneamento, fresamento e mandrilamento de ferro fundido e aços endurecidos (com dureza superior a 45 HRC) em velocidades de corte superiores a 1000 m/min e 150 m/min, respectivamente.

7.2.6) INSERTOS

Insertos são pastilhas de formas variadas, confeccionadas nos materiais descritos anteriormente. Dessa forma, tem-se o suporte porta-ferramentas, fabricado em aço baixa liga, sobre o qual é fixado o inserto, por meio de grampos ou parafusos. Para o caso de ferramentas de PCBN e PCD, normalmente esse material está na forma de uma plaqueta de espessura em torno de 0,5 a 0,8 mm, brasados sobre uma base de metal duro ou de aço de média liga, montando assim, o inserto. Para o caso de brocas, elas podem ser integralmente fabricadas no próprio material (HSS, metal duro ou cerâmica), ou ainda na forma de pontas indexadas, que são aparafusadas na extremidade de uma barra de aço de média liga. Essa solução, de fabricação de insertos, permite que o suporte porta-ferramentas possa ser aproveitado por um período extenso, necessitando apenas de algumas investigações periódicas quanto ao paralelismo (ferramentas em barra) e balanceamento (principalmente nas ferramentas rotativas utilizadas no fresamento e no mandrilamento).

7.3) MÁQUINAS OPERATRIZES

As máquinas operatrizes de usinagem têm por objetivo fundamental transformar fisicamente um corpo, seja no sentido geométrico (forma), seja no sentido dimensional (medida). Com o auxílio de um instrumental adequado, aplicado racionalmente a uma determinada máquina operatriz, é possível reproduzir um grande número de vezes um mesmo ciclo de transformação em idênticas peças.

7.3.1) TORNOS

Os tornos são máquinas operatrizes que permitem a transformação de um sólido indefinido, fazendo-o girar em volta de seu eixo e arrancando-lhe perifericamente material através de sua ferramenta de corte, transformando-o em uma peça bem definida, tanto na forma quanto nas dimensões.

Nos tornos a peça gira em torno do eixo principal de rotação, executando o movimento principal, enquanto a ferramenta de corte se desloca também ao longo do eixo de rotação ou em sentido transversal (plano). Na maioria dos casos o eixo de rotação é horizontal, mas pode ser também vertical.

Logo, torneamento é o processo mecânico de usinagem destinado à obtenção de superfícies de revolução com auxílio de uma ou mais ferramentas monocortantes. No torneamento, a matéria prima (tarugo) tem inicialmente a forma cílíndrica. A forma final é cônica ou cilíndrica.

As principais operações executáveis através de torneamento são: torneamento externo, torneamento interno, faceamento, sangramento, recartilhamento, rosqueamento e polimento.

7.3.1.1) TORNOS CNC

Os tornos automáticos, muito utilizados na fabricação de grandes séries de peças, são comandados por meio de cames, excêntricos e fim de curso. O seu alto tempo de preparação e ajuste, para início de nova série de peças, faz com que não seja viável para médios e pequenos lotes, daí o surgimento das máquinas CNC (Comando Numérico Computadorizado).

Ver Cap - Automação Industrial.

7.3.1.2) EQUIPAMENTOS E ACESSÓRIOS DOS TORNOS

7.3.1.2.1) PONTO ROTATIVO

Utilizado nas operações de torneamento que requerem uma fixação entre pontas no torno.

7.3.1.2.2) PLACA UNIVERSAL

Equipamento muito comum nos trabalhos de torneamento. Possui 3 castanhas que efetuam o aperto da peça simultaneamente e uma consequente centragem. Pode efetuar fixação em diâmetros internos e externos.

7.3.1.2.3) PLACA DE ARRASTE

Usada no torneamento de peças fixadas entre pontos, onde se pretende manter uma maior concentricidade no comprimento total torneado.

7.3.1.2.4) PLACA DE QUATRO CASTANHAS

Utilizada na fixação de peças de perfis irregulares, porque suas castanhas de aperto podem ser posicionadas separadamente, oferecendo condições de centragem da região que se pretende usinar.

7.3.1.2.5) PLACA PLANA

Utilizada na fixação de peças irregulares com auxílio de dispositivos. Logo, a placa plana amplia as possibilidades de fixação de peças de formato irregular que necessitam operações de torneamento.

7.3.1.2.6) LUNETA FIXA

Esse acessório tem grande utilidade quando pretendemos tornear eixos longos de pequenos diâmetros, pois atua como mancal, evitando que a peça saia de centro ou vibre com a ação da ferramenta.

7.3.1.2.7) LUNETA MÓVEL

É utilizada em eixos de pequenos diâmetros, sujeitos a flexões e vibrações na usinagem. Serve também como mancal e deve ser montada sempre junto da ferramenta, para evitar vibrações e flexões, pois anula as forças de penetração da ferramenta.

7.3.1.2.8) MANDRIL

- Mandril pinça : esse acessório de fixação é amplamente utilizado quando se pretende tornear eixos de diâmetros pequenos, por oferecer grande precisão na concentricidade. Oferece rápidas trocas de peças e é comumente encontrado em tornos automáticos.
- Mandril expansivo : utilizado na fixação de peças em que se pretende tornear totalmente o diâmetro externo, visando manter uma uniformidade na superfície.

7.3.1.3) SUBSISTEMAS DA MÁQUINA FERRAMENTA

Atualmente as maquinas ferramentas apresentam 5 subsistemas básicos, mudando um pouco de máquina para máquina porém mantendo suas características.

7.3.1.3.1) SUBSISTEMA DE SUPORTE

É responsável pela sustenção de todos os orgãos da máquina. Ele é constituído pelos seguintes componentes: Apoios, barramento e guias. No caso do torno, a finalidade das guias é manter o alinhamento do movimento do cabeçote móvel e do carro longitudinal.

7.3.1.3.2) SUBSISTEMA DE FIXAÇÃO DA PEÇA

É responsável pela fixação, na máquina, da peça a ser usinada. É constituído pelo cabeçote móvel e placa.

7.3.1.3.3) SUBSISTEMA DE FIXAÇÃO E MOVIMENTO DA FERRAMENTA

Tem a função de fixar a ferramenta e realizar a sua movimentação em diferentes direções. No caso do torno, é composto pelo carro longitudinal, carro transversal, carro porta-ferramentas, torre de fixação das ferramentas, fuso e vara.

7.3.1.3.4) SUBSISTEMA DE AVANÇO

Tem a finalidade de proporcionar o movimento automático da ferramenta e suas variações de velocidade. Seus principais componentes são as engrenagens da grade e as engrenagens no próprio variador de avanço.

7.3.1.3.5) SUBSISTEMA DE ACIONAMENTO PRINCIPAL

A função deste subsistema é proporcionar o giro da peça com diferentes velocidades. Como principais constituintes temos o motor de acionamento, polias, correias, eixos e engrenagens para transmissão de movimentos.

7.3.2) FURADEIRAS

Furadeiras são máquinas operatrizes que tem como função principal executar furos nos mais diversos tipos de materiais. Para tanto o motor da furadeira aplica uma alta velocidade de rotação a uma ou várias brocas (ferramenta cortante) que serão responsáveis pela remoção de material desejada. Para as diferentes condições de perfuração requeridas, foram criados diferentes modelos de furadeiras; devem ser avaliados os seguintes aspectos: forma da peça; dimensões da peça; número de furos a serem abertos; quantidade de peças a serem produzidas; diversidade no diâmetro dos furos de uma mesma peça; grau de precisão requerido. Na furação, uma ferramenta (broca) de dois gumes executa uma cavidade cilíndrica na peça. O movimento da ferramenta é uma combinação de rotação e deslocamento retilíneo (ao longo do eixo do furo). A broca é montada numa haste e começa a ser centrada por suas guias em uma máscara de furação. Após iniciar a penetração a broca se autocentra no furo.

Uma variante da furação é o alargamento de furos, onde uma ferramenta similar à broca, porém com múltiplos gumes, remove material de um furo, aumentando seu diâmetro, ao mesmo tempo conferindo-lhe um alto grau de acabamento. Este

é um processo típico de acabamento.

As Furadeiras podem ser classificadas assim : furadeiras portáteis, furadeiras sensitivas, furadeiras de coluna, furadeira de árvores múltiplas, furadeiras radiais, furadeiras múltiplas de cabeçote único, furadeiras múltiplas de múltiplos cabeçotes, furadeira de comando numérico.

7.3.2.1) FURADEIRAS PORTÁTEIS

A força de avanço vem do operador que força a furadeira contra o material, enquanto a rotação vem de um motor da própria furadeira. As furadeiras caseiras classificam-se como portáteis.

É utilizada comumente em peças já montadas onde a posição do local a ser perfurado impede a utilização de furadeiras mais precisas.

7.3.2.2) FURADEIRAS SENSITIVAS

Utilizada para pequenas perfurações. O avanço do mandril se dá por meio de uma alavanca que o operador faz avançar aos poucos, assim sentindo o avanço da broca dentro do material. Por isso leva o nome sensitiva.

7.3.2.3) FURADEIRAS DE COLUNA

As furadeiras de coluna se caracterizam por apresentarem uma coluna de união

entre a base e o cabeçote. Esse arranjo possibilita a furação de elementos com as formas mais diversificadas, singularmente e em série.

7.3.2.4) FURADEIRA DE ÁRVORES MÚLTIPLAS

Útil para trabalhos em uma peça que tem que passar por uma série de operações como, furar, contrapuncionar, mandrilar, alargar furos e rebaixar cônica e cilindricamente.

7.3.2.5) FURADEIRAS RADIAIS

O sistema de cabeçote móvel elimina a necessidade de reposicionamento da peça quando se deseja executar vários furos. Pode-se levar o cabeçote a qualquer ponto da bancada, diminuindo o tempo de produção. Recomendada para peças de grandes dimensões, a serem furadas em pontos afastados da periferia.

7.3.2.6) FURADEIRAS MÚLTIPLAS DE CABEÇOTE ÚNICO

Originaram-se da aplicação de cabeçotes de vários mandris a furadeiras de coluna. São mais úteis em peças a serem produzidas em série com necessidade de furação de muitos pontos em um ou vários planos

7.3.2.7) FURADEIRAS MÚLTIPLAS DE MÚLTIPLOS CABEÇOTES

Nessas furadeiras mais de um cabeçote ataca a peça a ser perfurada, eiminando a necessidade de reposicionar e virar a peça a cada vez que o plano de perfuração for alterado. São utilizadas para economizar tempo uma vez que o tempo total de perfuração fica condicionado ao furo mais profundo.

7.3.2.8) FURADEIRA DE COMANDO NUMÉRICO

Opera de acordo com um programa, permitindo uma maior precisão e velocidade.

7.3.3) PLAINAS

Na operação de aplainamento, o corte gera superfícies planas. O movimento da ferramenta de corte é de translação enquanto a peça permanece estática, ou viceversa.

Logo, Aplainar é um processo de fabricação com remoção de cavacos, com o qual se obtém superfícies planas ou perfiladas.

A operação realizada com a plaina, consiste em arrancar linearmente a limalha da superfície plana de um corpo, através de uma ferramenta monocortante. Na plaina, a mesa com a peça tem movimento retilíneo de vaivém. Depois de cada curso do trabalho, a ferramenta é deslocada em sentido transversal à direção do corte.

As possíveis operações de aplainamento são: aplainamento de rasgos, aplainamento de perfis, aplainamento de ranhuras em "t", aplainamento de superfície côncava, aplainamento de guias.

7.3.4) LIMADORAS

Nas limadoras, o corte do cavaco se produz mediante a ação de uma ferramenta monocortante, que se move linearmente com movimento alternativo de vaivém sobre a superfície plana de um corpo. Nas limadoras, o carro do pistão se movimenta com a ferramenta. Depois de cada curso do trabalho, a peça é deslocada em sentido transversal à direção do corte.

7.3.5) MANDRILADORA

A Mandriladora é uma máquina operatriz cuja operação é bem análoga à do torno, pelo fato de que a ferramenta arranca o cavaco segundo uma trajetória circular.

A Mandriladora horizontal, além dos trabalhos de mandrilamento, fresamento e roscamento, também podem efetuar furações.

A máquina pode efetuar a usinagem com uma ou mais ferramentas, executando operações diversas. Possui deslocamentos muito versáteis, segundo vários eixos, lineares e angulares.

7.3.6) BROCHADEIRA

A Brochadeira é uma máquina operatriz, cuja operação consiste em arrancar linearmente e progressivamente o cavaco da superfície de um corpo, mediante uma sucessão ordenada de fios de corte.

Logo, no brochamento a ferramenta multicortante executa movimento de translação, enquanto a peça permanece estática. A superfície usinada resultante em geral é curva. O grau de acabamento do brochamento é superior. O processo é caro devido ao custo da ferramenta. O brochamento pode ser interno ou externo.

7.3.7) FRESADORAS

As Fresadoras são máquinas que executam um trabalho, no qual a ferramenta (fresa) de arestas cortantes dispostas simetricamente em redor de um eixo, gira com movimento uniforme (movimento rotacional), arrancando o cavaco. A ferramenta possui uma ou mais arestas de corte. Logo, o movimento de corte é realizado pela ferramenta. O movimento de avanço pode ser promovido tanto pela ferramenta como pela peça. A característica específica do fresamento é que a direção do movimento de avanço é perpendicular ao eixo-árvore principal (eixo de rotação).

Logo, na operação de fresamento a ferramenta de corte possui várias arestas e executa movimento de giro, enquanto é pressionada contra a peça. A peça movimenta-se (alimentação) durante o processo. A superfície usinada resultante pode ter diferentes formas, planas e curvas.

7.3.8) RETIFICADORAS

Retificação é um processo de usinagem pelo qual se remove material da peça estabelecendo um contato entre a peça e uma ferramenta abrasiva chamada rebolo, que gira em alta velocidade em torno de seu próprio eixo além de poder executar movimento de translação. A peça a usinar também pode movimentarse. O processo é de alta precisão dimensional e proporciona grau de acabamento superior (polimento). Normalmente, a taxa de remoção de material da peça é pequena, porque a ferramenta (rebolo) arranca minúsculos cavacos na operação de corte. Esse processo também é capaz de retiurar grande quantidade de material no tempo (elevada taxa de remoção), mas para isso necessita-se de retificadoras de elevada potência e rigidez.

Com a retificação, obtém-se a correção das imperfeições das peças mecânicas que foram submetidas a processos de tratamentos térmicos, como por exemplo, a

têmpera.

7.4) PROCESSOS MANUAIS DE FABRICAÇÃO COM FERRAMENTAS

Embora os processos de fabricação tenham evoluído muito nos últimos tempos, e tendem a evoluir mais ainda em termos de precisão e automatização, não podemos abrir mão dos processos manuais, que não podem ser substituídos nos reparos de peças, nos ajustes, na fabricação de peças unitárias, etc.

7.4.1) CINZELAR

Esta operação objetiva separar e cortar uma quantidade de material, mediante a ação de uma ferramenta chamada cinzel.

O cinzel é uma ferramenta cortante, em forma de cunha, confeccionada em aço temperado. A aresta de corte é a parte mais importante do cinzel, não só porque é com ela que se realiza diretamente o trabalho, mas também porque se não for perfeitamente dimensionada e tratada termicamente, não apresentará um bom rendimento.

Tipos de cinzel : talhadeira, cinzel para acanalar, bedame, goivas ou vazadores. Emprego do cinzel : corte de material, formação de canais, formação de canais em mancais, vazamentos de furos.

7.4.2) LIMAR

É uma operação que tem por finalidade desgastar, raspar ou polir um material mediante a ação de uma lima. A lima é uma ferramenta de aço temperado, em cujas faces existem dentes cortantes, que podem ser fresados (obtidos por fresamento) ou picados (obtidos por conformação).

As limas podem ser classificadas quanto ao picado (lima bastarda, lima murça), à seção e ao comprimento. Estes diferentes tipos de picados determinam a rugosidade da superfície da peça de trabalho.

7.4.3) **SERRAR**

Essa operação, executada com uma serra ou serrote, consiste em cortar, abrir fenda e iniciar ou abrir rasgos num determinado material. A serra manual é uma

ferramenta composta de um arco de aço-carbono, onde deve ser montada uma lâmina de aço-rápido ou aço-carbono, dentada ou temperada.

As lâminas de serra podem possuir sinuosidade, ou dentes travados alternadamente, cuja finalidade é facilitar o movimento da serra e reduzir seu atrito com a peça.

7.4.4) RASQUETEAR

É um processo manual de acabamento, realizado com uma ferramenta chamada rasquete, que tem por finalidade diminuir a rugosidade superficial.

Este processo é aplicado em guias de carros de máquinas, barramentos e em mançais de deslizamento.

O rasqueteamento proporciona também uma melhor lubrificação, em virtude da manutenção da película de óleo na superfície de contato das peças, com resultados muitas vezes superior à retificação.

Os rasquetes são ferramentas de corte feitas de aço especial, com as quais se executa a operação de rasquetear.

7.4.5) **ROSCAR**

A rosca é uma saliência (filete) de seção uniforme, que se desenvolve com uma inclinação constante em torno de uma superfície cilíndrica.

Para confeccionar roscas internas utilizamos machos, que são ferramentas de corte construídas de aço especial, com rosca similar a um parafuso com três ou quatro ranhuras longitudinais.

Para executarmos rosqueamentos externos necessitamos de cossinetes.

Cossinetes são ferramentas de corte, construídas de aço especial, com rosca temperada e retificada, semelhantes a uma porca, com cortes radiais dispostos convenientemente em torno de um furo central. É utilizado para abrir roscas externas em peças cilíndricas, tais como parafusos, tubos, etc.

7.4.6) FURAR

Furar é um processo de usinagem com remoção de cavacos; possui movimento de corte circular e movimento de avanço na direção do eixo de giro.

Para isso, utilizam-se brocas que são ferramentas feitas geralmente de aço temperado ou aço rápido, com ou sem ponta de carbonetos.

7.4.7) ESCAREAR E REBAIXAR

Escarear é um processo de usinagem destinado a fazer um alargamento, em geral, cônico na entrada de um furo, para permitir a colocação da cabeça de um parafuso.

Quando este alargamento tem a forma cilíndrica chama-se rebaixamento.

7.4.8) ALARGAR

Alargar é um processo mecânico de usinagem destinado ao desbaste ou ao aca-

bamento de furos cilíndricos ou cônicos, com auxílio de ferramentas geralmente multicortantes. Para tanto, a ferramenta ou a peça gira, e a ferramenta ou a peça se desloca segundo uma trajetória retilínea.

Logo, o alargador é uma ferramenta que tem a finalidade de dar acabamento preciso em furos.

7.5) JUNÇÕES INDISSOLÚVEIS

7.5.1) REBITAGEM

Rebitagem é a união de peças metalicas utilizando rebites.

Logo, a Rebitagem é a operação de ligar chapas por meio de rebites. O rebite é um pino (cilindro de metal) com cabeça. Depois de introduzido num orifício que atravessa as chapas ou peças a unir, a extremidade oposta à cabeça é bem martelada, de modo que se forme outra cabeça, que o impede de sair do orifício.

7.6) JUNÇÕES FORÇADAS

Através de uma união forçada por contração consegue-se uma junção à prova de sacudidelas entre as peças. As forças de aderência são provocadas pela contração durante o esfriamento (ajuste de contração) ou pela dilatação (ajuste de dilatação). 7.6.1) CHUMBAGEM

Entendemos por chumbagem a junção de metais aquecidos, no estado sólido, por meio de materiais de adjunto metálicos em estado de fusão (solda). As peças deverão alcançar pelo menos a temperatura de trabalho no ponto de chumbagem. Esta é sempre maior que o ponto de fusão inferior (sólidos) da solda e pode se situar abaixo do ponto de fusão superior (líquidos).

7.6.2) PARAFUSAGEM

Parafusagem é a operação de ligar chapas por meio de parafuso e porca. Parafuso é um pino dotado de rosca e cabeça sulcada para ser apertado por meio de chave de fenda. Porca é uma pequena peça, em geral sextavada ou quadrada, munida de furo dotado de rosca interna que se atarraxa na extremidade do parafuso.

7.6.3) COLAGEM

Colagem é a operação de ligar peças por meio de uma substância ou preparado glutinoso orgânico.

7.6.4) BRASAGEM

Brasagem é a operação de união pela interposição na junta de um material de adição na fase líquida, cujo ponto de fusão é mais baixo do que o dos materiais a unir (materiais de base). Assim, os materiais de base não se fundem e a união ocorre por ancoramento mecânico, devido à contração do material de adição durante a sua solidificação.

Referências Bibliográficas

MACHADO, A.R. e SILVA, M.B., 2000, "Usinagem dos Metais", Apostila, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil.

SANTOS, S.C. e SALES, W.F., 2003, "Fundamentos da Usinagem dos Materiais", Apostila, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, PUC Minas, Belo Horizonte, MG, Brasil.

TRENT, E.M. and WRIGHT, P.K, 2000, "Metal Cutting", Butterworths, UK.

Processo de Usinagem : Centro Tecnológico

Mecatrônica (Betim-MG)

Apostila Soldagem : Universidade Santa Cecília Curso de Metalurgia Aplicado a Soldadura

Metalurgia: ABM

SITES PESQUISADOS

www.cimm.com.br

www.infomet.com.br

CAPÍTULO

Conformação Mecânica /
Esforços Mecânicos /
Resistência Dos Materiais

8.1) CONFORMAÇÃO MECÂNICA

Conformação mecânica é o nome genérico dos processos em que se aplica uma força externa sobre a matéria-prima, obrigando-a a adquirir a forma desejada por deformação plástica, ou seja, são todos os processos que exploram a deformabilidade plástica dos materiais. O volume e a massa do metal (matéria prima) se conservam nestes processos.

Os processos de conformação mecânica alteram a geometria do material através de forças aplicadas por ferramentas adequadas que podem variar desde pequenas

matrizes até grandes cilindros, como os empregados na laminação.

Em função da temperatura e do material utilizado a conformação mecânica pode ser classificada como trabalho a frio, a morno e a quente. Cada um destes trabalhos fornecerá características especiais ao material e à peca obtida.

Os processos de conformação mecânica, desenvolvidos para aplicações específicas, podem ser classificados com base em critérios tais como: o tipo de esforço que provoca a deformação do material, a variação relativa da espessura da peça,

o regime da operação de conformação, o propósito da deformação.

Basicamente, os processos de conformação mecânica para a produção de peças metálicas inclui um grande número que, entretanto, em função dos tipos de esforços aplicados, podem ser classificados em : forjamento, laminação, trefilação, extrusão, conformação de chapas (estampagem, embutimento, tracionamento, dobramento, corte).

8.1.1) FORJAMENTO - PROCESSO DE CONFORMAÇÃO MECÂNICA

Forjamento é o conjunto de operações de conformação mecânica efetuadas com esforço de compressão sobre um material dúctil, de tal modo que ele tende a assumir o contorno ou perfil da ferramenta de trabalho.

Na maioria das operações de forjamento emprega-se um ferramental constituído por um par de ferramentas de superfície plana ou côncava, denominadas matrizes ou estampos.

A maioria das operações de forjamento é executada a quente; contudo, uma grande variedade de peças pequenas, tais como parafusos, pinos, porcas, engrenagens,

pinhões, etc., são produzidas por forjamento a frio.

De um modo geral, todos os materiais conformáveis podem ser forjados. Os mais utilizados para a produção de peças forjadas são os aços (comuns e ligados, aços estruturais, aços para cementação e para beneficiamento, aços inoxidáveis ferríticos e austeníticos, aços ferramenta), ligas de alumínio, de cobre (especialmente os latões), de magnésio, de níquel (inclusive as chamadas superligas, como Waspaloy, Astraloy, Inconel, Udimet 700, etc., empregadas principalmente na indústria aeroespacial) e de titânio.

O material de partida é geralmente fundido ou, mais comumente, laminado - condição esta que é preferível, por apresentar uma microestrutura mais homogênea. Peças forjadas em matriz, com peso não superior a 2 ou 3 kg, são normalmente produzidas a partir de barras laminadas; as de maior peso são forjadas a partir

de tarugos ou palanquilhas, quase sempre também laminados, e cortados previamente no tamanho adequado. Peças delgadas, como chaves de boca, alicates, tesouras, tenazes, facas, instrumentos cirúrgicos, etc., podem ser forjadas a partir de recortes de chapas laminadas.

Os processos convencionais de forjamento são executados tipicamente em diversas etapas, começando com o corte do material, aquecimento, pré-conformação mediante operações de forjamento livre, forjamento em matriz (em uma ou mais etapas) e rebarbação.

Tipos de Forjamento:

- Forjamento em matriz aberta
- Forjamento em matriz fechada.

Equipamentos

Os equipamentos comumente empregados para o forjamento de peças incluem duas classes principais:

- (a) Martelos de forja, que deformam o metal através de rápidos golpes de impacto na superfície do mesmo; e
- (b) Prensas, que deformam o metal submetendo-o a uma compressão contínua com velocidade relativamente baixa.

8.1.1.1) FORJAMENTO EM MATRIZ ABERTA

No forjamento em matriz aberta o material é conformado entre matrizes planas ou de formato simples, que normalmente não se tocam

É usado geralmente para fabricar peças grandes, com forma relativamente simples (p. ex., eixos de navios e de turbinas, ganchos, correntes, âncoras, alavancas, excêntricos, ferramentas agrícolas, etc.) e em pequeno número; e também para pré-conformar peças que serão submetidas posteriormente a operações de forjamento mais complexas.

8.1.1.2) FORJAMENTO EM MATRIZ FECHADA

No forjamento em matriz fechada o material é conformado entre duas metades de matriz que possuem, gravadas em baixo-relevo, impressões com o formato que se deseja fornecer à peça.

A deformação ocorre sob alta pressão em uma cavidade fechada ou semifechada, permitindo assim obter-se peças com tolerâncias dimensionais menores do que no forjamento livre.

Nos casos em que a deformação ocorre dentro de uma cavidade totalmente fechada, sem zona de escape, é fundamental a precisão na quantidade fornecida de material: uma quantidade insuficiente implica falta de enchimento da cavidade e falha no volume da peça; um excesso de material causa sobrecarga no ferramental,

com probabilidade de danos ao mesmo e ao maquinário.

Dada a dificuldade de dimensionar a quantidade exata fornecida de material, é mais comum empregar um pequeno excesso. As matrizes são providas de uma zona oca especial para recolher o material excedente ao término do preenchimento da cavidade principal. O material excedente forma uma faixa estreita (rebarba) em torno da peça forjada. A rebarba exige uma operação posterior de corte (rebarbação) para remoção.

8.1.1.3) PRENSAGEM

A prensagem efetua-se por injeção a quente, onde um bloco de metal aquecido até a temperatura necessária é prensado pelo punção da prensa através da abertura da matriz para formar uma barra maciça ou oca. As prensas transmitem a energia de conformação a baixa velocidade; acionamento através do eixo, alavanca, alavanca articulada ou hidraúlica.

O trabalho de forja da prensa atua em profundidade : sua pressão sobre a peça acontece a uma velocidade muito mais baixa, e a peça dispõe de tempo para se deformar.

Utiliza-se as prensas nos trabalhos de forjamento de peças grandes e maiores; na prensagem mecânica entre moldes quando o material deve ser deslocado lateralmente sem uma excessiva pressão superficial. A prensa amassa o material em profundidade e pode produzir peças isentas de tensões internas.

8.1.1.4) MARTELAMENTO (MARTELO DE FORJA)

Os martelos deformam pelo impacto. Portanto, a maior pressão se verifica na superfície do macaco e da mesa, mas o efeito nas camadas mais profundas é escasso.

Utiliza-se o martelo na forja quando se exige uma pressão mais elevada e um efeito instantâneo do impacto, quer dizer, para o forjamento de peças de tamanho médio e pequeno com ressaltos muito acentuados, ou na estiragem; também para o forjamento entre moldes, quando se requer uma elevada compressão das superfícies.

8.1.1.4.1) PILÃO

Peça utilizada nos martelos de forja para imprimir golpes, por gravidade, força hidráulica, pneumática ou explosão.

8.1.2) LAMINAÇÃO - PROCESSO DE CONFORMAÇÃO MECÂNICA

Laminação é o processo de conformação mecânica que consiste em modificar a seção transversal de um metal na forma de barra, lingote, placa, fio, ou tira, etc., pela passagem entre dois cilindros girando em sentido oposto, com a mesma velocidade superficial e com geratriz retilínea (laminação de produtos planos) ou

contendo canais entalhados de forma mais ou menos complexa (laminação de produtos não planos), sendo que a distância entre os dois cilindros deve ser menor que a espessura inicial da peça metálica. O material desta forma é estirado tendo o seu comprimento aumentado.

É o processo de transformação mecânica de metais mais utilizado pois, apresenta alta produtividade e um controle dimensional do produto acabado que pode ser bastante preciso.

Na laminação o material é submetido a tensões compressivas elevadas, resultantes da ação de prensagem dos rolos e a tensões cisalhantes superficiais, resultantes do atrito entre os rolos e o material.

As forças de atrito são também responsáveis pelo ato de "puxar" o metal para dentro dos cilindros.

A redução ou desbaste inicial dos lingotes em blocos, tarugos ou placas é realizada normalmente por laminação a quente. Depois dessa fase segue-se uma nova etapa de laminação a quente para transformar o produto em chapas grossas, tiras a quente, vergalhões, barras, tubos, trilhos ou perfis estruturais. A laminação a frio que ocorre após a laminação de tiras a quente produz tiras a frio de excelente acabamento superficial, com boas propriedades mecânicas e controle dimensional do produto final bastante rigoroso. Logo, até a laminação final o material será submetido a várias passagens (fases) pelos cilindros.

Os produtos podem ser placas, chapas, barras de diferentes seções, trilhos, perfis diversos, anéis e tubos.

8.1.2.1) LAMINAÇÃO A QUENTE

Quando o aço é lingotado convencionalmente, a primeira operação de laminação ocorre em um laminador desbastador ("blooming", "slabbing mill"), que é usualmente um duo reversível cuja distância entre os rolos pode ser variada durante a operação. Na operação de desbaste utiliza-se também laminadores universais, o que permite um melhor esquadrinhamento do produto. Os produtos desta etapa são blocos ("blooms", seção quadrada) ou placas ("slab", seção retangular).

As placas são laminadas até chapas grossas (material mais espesso) ou tiras a quente. Na laminação de chapas grossas utilizam-se laminadores duos ou quádruos reversíveis, sendo este último o mais utilizado. Na laminação de tiras, comumente utilizam laminadores duos ou quádruos reversíveis numa etapa preparadora e um trem contínuo de laminadores quádruos. O material, após a laminação é então, bobinado a quente, decapado e oleado indo a seguir para o mercado ou para a laminação a frio.

Deve-se observar que, com o lingotamento contínuo, produzem-se placas e tarugos diretamente da máquina de lingotar, evitando-se uma série de operações de laminação, em especial a laminação desbastadora.

8.1.2.2) LAMINAÇÃO A FRIO

A laminação a frio é empregada para produzir folhas e tiras com acabamento superficial e com tolerâncias dimensionais superiores quando comparadas com

as tiras produzidas por laminação a quente. Além disso, o encruamento resultante da redução a frio pode ser aproveitado para dar maior resistência ao produto final. Os materiais de partida para a produção de tiras de aço laminadas a frio são as bobinas a quente decapadas. A laminação a frio de metais não ferrosos pode ser realizada a partir de tiras a quente ou, como no caso de certas ligas de cobre, diretamente de peças fundidas.

Trens de laminadores quádruos de alta velocidade com três a cinco cadeiras são utilizados para a laminação a frio do aço, alumínio e ligas de cobre. Normalmente esses trens de laminação são concebidos para terem tração avante e a ré.

A redução total atingida por laminação a frio geralmente varia de 50 a 90%. Quando se estabelece o grau de redução em cada passe ou em cada cadeira de laminação, deseja-se uma distribuição tão uniforme quanto possível nos diversos passes sem haver uma queda acentuada em relação à redução máxima em cada passe. Normalmente, a porcentagem de redução menor é feita no último passe para permitir um melhor controle do aplainamento, bitola e acabamento superficial.

8.1.2.3) LAMINAÇÃO DE BARRAS E PERFIS

Barras de seção circular e hexagonal e perfis estruturais como vigas em I, calhas e trilhos são produzidos em grande quantidade por laminação a quente com cilindros ranhurados

A laminação de barras e perfis difere da laminação de planos, pois a seção transversal do metal é reduzida em duas direções. Entretanto, em cada passe o metal é normalmente comprimido somente em uma direção. No passe subseqüente o material é girado de 90°. Uma vez que o metal se expande muito mais na laminação a quente de barras do que na laminação a frio de folhas, o cálculo da tolerância necessária para a expansão é um problema importante no planejamento dos passes para barras e perfis. Um método típico para reduzir um tarugo quadrado numa barra é alternando-se passes através de ranhuras ovais e quadradas. O planejamento dos passes para perfis estruturais é muito mais complexo e requer bastante experiência.

A maioria dos laminadores de barras é equipada com guias para conduzir o tarugo para as ranhuras e repetidores para inverter a direção da barra e conduzila para o próximo passe. Os laminadores desse tipo podem ser normalmente duos ou trios. A instalação comum para a produção de barras consiste em uma cadeira de desbaste, uma cadeira formadora e uma cadeira de acabamento.

8.1.2.4) LAMINADORES

Um laminador consiste basicamente de cilindros (ou rolos), mancais, uma carcaça chamada de gaiola ou quadro para fixar estas partes e um motor para fornecer potência aos cilindros e controlar a velocidade de rotação. As forças envolvidas na laminação podem facilmente atingir milhares de toneladas, portanto é necessária uma construção bastante rígida, além de motores muito potentes para fornecer a potência necessária.

Utilizam-se variadas disposições de cilindros na laminação, o mais simples é constituído por dois cilindros de eixo horizontais, colocados verticalmente um sobre o outro. Este equipamento é chamado de laminador duo e pode ser reversível ou não. Nos duos não reversíveis o sentido do giro dos cilindros não pode ser invertido e o material só pode ser laminado em um sentido. Nos reversíveis a inversão da rotação dos cilindros permite que a laminação ocorra nos dois sentidos de passagem entre os rolos. No laminador trio os cilindros sempre giram no mesmo sentido. Porém, o material pode ser laminado nos dois sentidos, passando-o alternadamente entre o cilindro superior e o intermediário e entre o intermediário e o inferior.

A medida que se laminam materiais cada vez mais finos, há interesse em utilizar cilindros de trabalho de pequeno diâmetro. Estes cilindros podem fletir, e devem ser apoiados por cilindros de encosto. Este tipo de laminador denomina-se quádruo, podendo ser reversível ou não. Quando os cilindros de trabalho são muito finos, podem fletir tanto na direção vertical quanto na horizontal e devem ser apoiados em ambas as direções; um laminador que permite estes apoios é o Sendzimir.

Um outro laminador muito utilizado é o universal, que dispõe de dois pares de cilindros de trabalho, com eixos verticais e horizontais. Existem outros tipos de laminadores mais especializados, como o planetário, passo peregrino, Mannesmann, de bolas, etc.

8.1.2.5) FIO-MÁQUINA

Produto laminado a quente, não plano, cuja seção transversal é constante e constitui figura geométrica simples. Geralmente é fornecido em rolos.

8.1.2.6) FOLHA

Produto laminado a frio, plano, com espessura igual ou inferior a 0,3 mm e com largura superior a 500mm, produzidos com tolerâncias dimensionais mais restritas que do que as de chapa fina.

8.1.3) TREFILAÇÃO - PROCESSO DE CONFORMAÇÃO MECÂNICA

Trefilação é um processo de conformação mecânica por tração através de uma matriz (trefila), utilizada na produção de fios. Na trefilação, o material (barra, fio ou tubo) – na maioria dos casos já pré-laminado ou um metal não ferroso – é puxado através de uma ferramenta (fieira, ou trefila) com forma de canal convergente, tendo redução da sua seção transversal .

Na trefilação de arames laminado, fornecido em bobinas, primeiramente passase o arame por um tratamento de ácido para eliminar as escamas de laminação; finalmente é afiado numa máquina de apontar ou em cilindro calibrados. Depois estirado através da aparelhagem, quando o diâmetro do arame diminui em porcentagens variadas de acordo com o tipo do aço. Um dos usos mais corriqueiros da trefilação é a produção de arames de aço.

Vantagens:

- O material pode ser estirado e reduzido em secção transversal mais do que com qualquer outro processo;
- A precisão dimensional obtenível é maior do que em qualquer outro processo, exceto a laminação a frio, que não é aplicável às bitolas comuns de arames;
- A superfície produzida é uniformemente limpa e polida;
- O processo influi nas propriedades mecânicas do material, permitindo, em combinação com um tratamento térmico adequado, a obtenção de uma gama variada de propriedades com a mesma composição química.

Pode-se classificar os equipamentos para trefilação em dois grupos básicos:

- bancadas de trefilação utilizadas para produção de componentes não bobináveis como barras e tubos;
- trefiladoras de tambor utilizada para produção de componentes bobináveis, ou seja, arames.

Os elementos das máquinas de trefilação dependem das características de cada máquina. Existem entretanto componentes básicos que ususalmente sempre estão presentes nas trefiladoras. Eles são: carretel alimentador; porta-fieira; garra ou mordaça para puxar a primeira porção do arame; tambor para enrolar o arame trefilado; sistema de acionamento do tambor.

8.1.3.1) FIEIRAS

As fieiras são as ferramentas utilizadas para puxar o arame, sendo de vários diâmetros. É o dispositivo básico da trefilação e compõe todos os equipamentos trefiladores.

Geometria da fieira: é dividida em quatro zonas: de entrada, de redução, (guia) de calibração, de saída.

8.1.3.2) PRODUÇÃO DE ARAMES DE AÇO

Um dos usos mais frequentes da trefilação é a produção de arames de aço. A trefilação propriamente dita é precedida por várias etapas preparatórias que eliminam todas as impurezas superficiais, por meios físicos e químicos.

As principais características deste processo são:

- Matéria-prima: fio-máquina (vergalhão laminado a quente)
- Descarepação: Mecânica (descascamento): dobramento e escovamento;

Química (decapagem): com HCl ou H,SO4 diluídos.

- Lavagem: em água corrente
- Recobrimento: comumente por imersão em leite de cal Ca(OH)₂ a 100°C a fim de neutralizar resíduos de ácido, proteger a superfície do arame, e servir de suporte para o lubrificante de trefilação.
- Secagem (em estufa) : Também remove H₂ dissolvido na superfície do material.
- Trefilação : Primeiros passes a seco. Eventualmente, recobrimento com Cu ou Sn e trefilação a úmido.

Depois da trefilação os arames são submetidos a tratamentos térmicos para alívio de tensões e/ou obtenção de propriedades mecânicas desejadas.

8.1.4) EXTRUSÃO - PROCESSO DE CONFORMAÇÃO MECÂNICA

Extrusão é a operação de conformação em que a peça é "empurrada" contra a matriz conformadora, com redução da sua seção transversal. A parte ainda não extrudada fica contida num recipiente ou cilindro (container); o produto pode ser uma barra, perfil ou tubo.

Logo, a extrusão é um processo de conformação mecânica onde o material assume sua forma final atravessando um orifício (matriz) contra o qual é comprimido. Nesta conformação a frio, fabrica-se luvas e tubos e também corpos maciços e ocos das mais variadas formas.

8.1.5) CONFORMAÇÃO DE CHAPAS - PROCESSO DE CONFORMAÇÃO MECÂNICA

Conformação de chapas é o processo de transformação mecânica que consiste em conformar um disco plano ("blank") à forma de uma matriz, pela aplicação de esforços transmitidos através de um punção.

Na operação ocorrem : alongamento e contração das dimensões de todos os elementos de volume, em três dimensões. A chapa , originalmente plana, adquire uma nova forma geométrica.

A conformação de chapas metálicas finas pode ser classificada através do tipo de operação empregada. Assim pode-se ter: estampagem profunda, corte em prensa, estiramento, dobramento, embutimento, etc.

8.1.5.1) ESTIRAMENTO

É a operação de conformação de chapas que consiste na aplicação de forças de tração, de modo a esticar o material sobre uma ferramenta ou bloco (matriz). Neste processo, o gradiente de tensões é pequeno, o que garante a quase total eliminação do efeito mola. No estiramento o material é puxado através de um orifício redondo ou perfilado. O processo pode ser executado a quente e a frio e,

na maioria dos casos o material é alongado (aumento do comprimento) enquanto sua seção transversal diminui e se transforma.

O equipamento de estiramento consiste basicamente de um pistão hidráulico (usualmente vertical), que movimenta o punção. Duas garras prendem as extremidades da chapa. As garras podem ser móveis permitindo que a força de tração esteja sempre em linha com as bordas da chapa. Garras fixas devem ser usadas somente para conformação de peças com grandes raios de curvatura, evitando-se com isto o risco de ruptura da chapa na região das garras.

O estiramento é uma das etapas de operações complexas de estampagem de chapas finas. Na conformação de peças como partes de automóveis ou de eletrodomésticos, é comum haver componentes de estiramento.

8.1.5.1.1) ESTRICÇÃO NO ESTIRAMENTO

A estricção é a redução das dimensões da seção transversal, provocada pelas cargas de tração do processo. No estiramento deve ser evitada estricção localizada, comumente conhecida por empescoçamento.

O limite de conformação no estiramento pode ser estabelecido pelo fenômeno da estricção.

8.1.5.2) ESTAMPAGEM

A Estampagem é um processo de conformação de chapas, realizado geralmente a frio, que compreende um conjunto de operações, por intermédio das quais uma chapa plana é submetida a transformações de modo a adquirir uma nova forma geométrica, plana ou oca.

É o processo utilizado para fazer com que uma chapa plana ("blank") adquira a forma de uma matriz (fêmea), imposta pela ação de um punção (macho). O processo é empregado na fabricação de peças de uso diário (pára-lamas, portas de carros, banheiras, rodas, etc.).

Basicamente, a estampagem compreende as seguintes operações : corte, dobramento e encurvamento, estampagem profunda, prensagem.

A estampa pode ser plena ou compacta, quando o material é levado à fluência (prensagem entre moldes, como acabamento de peças já prensadas); ou prensagem côncava de peças em chapas (placas).

Para melhorar o rendimento do processo, é importante que se tenha boa lubrificação. Com isto reduzem-se os esforços de conformação e o desgaste do ferramental.

8.1.5.2.1) ESTAMPABILIDADE DOS MATERIAIS METÁLICOS

Estampabilidade é a capacidade que a chapa metálica tem de adquirir à forma de uma matriz, pelo processo de estampagem sem se romper ou apresentar qualquer outro tipo de defeito de superfície ou de forma.

A avaliação da estampabilidade de uma chapa metálica depende de muitos testes, tais como: ensaios simulativos (tipo Erichsen, Olsen, Fukui, etc.), ensaios de

tração (obtendo-se o limite de escoamento e de resistência, a razão elástica, o alongamento total até a fratura, o coeficiente de encruamento, os coeficientes de anisotropia normal e planar), ensaios de dureza, medida da rugosidade do material, metalografia, etc.

Ainda assim, a análise é incompleta, pois nas operações reais de estampagem ocorre uma combinação complexa de tipos de conformação. A estampabilidade torna-se função não somente das propriedades do material, mas também das condições de deformação e dos estados de tensão e de deformação presentes.

8.1.5.3) DOBRAMENTO

Nesta operação, a tira metálica é submetida a esforços aplicados em duas direções opostas para provocar a flexão e a deformação plástica, mudando a forma de uma superfície plana para duas superfícies concorrentes, em ângulo, com raio de concordância em sua junção.

Para a operação de dobramento existe um raio de dobramento abaixo do qual o metal trinca na superfície externa. É o raio mínimo de dobramento, expresso geralmente em múltiplos da espessura da chapa.

Um raio de dobramento de 3t indica que o metal pode ser dobrado formando um raio de três vezes a espessura da chapa sem que haja o aparecimento de trincas. Alguns metais muito dúcteis apresentam raio mínimo de dobramento igual a zero. Isto significa que as peças podem ser achatadas sobre si mesmas, mas geralmente não se utiliza este procedimento para evitar danos no punção ou na matriz.

8.1.5.3.1) **EFEITO MOLA**

A operação de dobramento exige que se considere a recuperação elástica do material (efeito mola), para que se tenham as dimensões exatas na peça dobrada. A recuperação elástica da peça será tanto maior quanto maior for o limite de escoamento, menor o módulo de elasticidade e maior a deformação plástica. Estabelecidos estes parâmetros, a deformação aumenta com a razão entre as dimensões laterais da chapa e sua espessura.

O efeito mola ocorre em todos os processos de conformação, mas no dobramento é mais facilmente detectado e estudado.

8.1.5.4) CORTE DE CHAPAS

Destina-se à obtenção de formas geométricas, a partir de chapas submetidas à ação de pressão exercida por um punção ou uma lâmina de corte. Quando o punção ou a lâmina inicia a penetração na chapa, o esforço de compressão converte-se em esforço cisalhante (esforço cortante) provocando a separação brusca de uma porção da chapa. No processo, a chapa é deformada plasticamente e levada até a ruptura nas superfícies em contato com as lâminas.

A aresta de corte apresenta em geral três regiões: uma rugosa (correspondente à superfície da trinca da fratura), uma lisa (formada pelo atrito da peça com as

paredes da matriz) e uma região arredondada (formada pela deformação plástica inicial). A qualidade das arestas cortadas não é a mesma das usinadas, entretanto quando as lâminas são mantidas afiadas e ajustadas é possível obter arestas aceitáveis para uma grande faixa de aplicações.

A qualidade das bordas cortadas geralmente melhora com a redução da espessura da chapa.

No corte por matriz e punção ("piercing" ou "blanking") não existe uma regra geral para selecionar o valor da folga, pois são vários os parâmetros de influência. A folga pode ser estabelecida com base em atributos, como: aspecto superficial do corte, imprecisões, operações posteriores e aspectos funcionais. Se não houver nenhum atributo específico desejado para superfície do "blank", a folga é selecionada em função da força mínima de corte.

Dependendo do tipo de corte, são definidos diversos grupos de operações da prensa,conforme abaixo:

- A operação de corte é usada para preparar o material para posterior estampagem ("blank"). A parte desejada é cortada (removida) da chapa original.
- A fabricação de furos em prensa ("piercing ou punching") caracteriza uma operação de corte em que o metal removido é descartado.
- A fabricação de entalhes ("notching") nas bordas de uma chapa pode ser feita em prensa através do puncionamento destas regiões.
- O corte por guilhotina é uma operação que não retira material da chapa metálica.
- A rebarbação ("trimming") é uma operação que consiste em aparar o material em excesso (rebarbas) da borda de uma peça conformada. A remoção de rebarbas de forjamento em matriz fechada é uma operação deste tipo.
- Existe um processo relativamente recente de corte fino de "blanks" (fine blanking), que se caracteriza pelo emprego de folgas muito pequenas (0,0002 pol.), com prensas e jogo de matrizes muito rígidos (para evitar dobramento da chapa). Com este equipamento é possível produzir "blanks" com superfícies de corte quase isentas de defeitos. As peças produzidas podem ser empregadas como engrenagens, cames, etc., sem que seja necessária a usinagem das bordas cortadas.

8.1.5.5) ANISOTROPIA

Durante os processos de conformação de chapas, grãos cristalinos individuais são alongados na direção da maior deformação de tração. O alongamento é conseqüência do processo de escorregamento do material durante a deformação. Nos materiais policristalinos os grãos tendem a girar para alguma orientação limite devido a um confinamento mútuo entre grãos. Este mecanismo faz com que os planos atômicos e direções cristalinas dos materiais com orientação aleatória (materiais isotrópicos) adquiram uma textura (orientação preferencial). Os materiais conformados se tornam anisotrópicos.

A distribuição de orientações tem, portanto um ou mais máximos. Se estes máximos são bem definidos são chamados de orientações preferenciais, que irão ocasionar variações das propriedades mecânicas com a direção, ou seja, anisotropia. Um modo de avaliar o grau de anisotropia das chapas quando deformadas plasticamente é através do coeficiente de anisotropia.

A anisotropia cristalográfica tem menor influência sobre operações de estiramento. Inicialmente, esta propriedade foi considerada indesejável em materiais destinados a operações de estampagem, devido à chance de formação de orelhas. Contudo, é de grande importância no que se refere à estampagem profunda, uma vez que nesta operação não se deseja a diminuição significativa da espessura do material.

8.1.6) TRABALHO A FRIO

O trabalho a frio é acompanhado do encruamento (inglês "strain hardening") do metal, que é ocasionado pela interação das discordâncias entre si e com outras barreiras – tais como contornos de grão – que impedem o seu movimento através da rede cristalina. A deformação plástica produz também um aumento no número de discordâncias, as quais, em virtude de sua interação, resultam num elevado estado de tensão interna na rede cristalina. A estrutura característica do estado encruado examinada ao microscópio eletrônico, apresenta dentro de cada grão, regiões pobres em discordâncias, cercadas por um emaranhado altamente denso de discordâncias nos planos de deslizamento.

Tudo isto resulta macroscopicamente num aumento de resistência e dureza e num decréscimo da ductilidade do material. Num ensaio de tração, isso se traduz no aumento da tensão de escoamento, e do limite de resistência, bem como no decréscimo do alongamento total (alongamento na fratura).

8.1.7) TRABALHO A QUENTE

O trabalho a quente é a etapa inicial na conformação mecânica da maioria dos metais e ligas. Este trabalho não só requer menos energia para deformar o metal e proporciona maior habilidade para o escoamento plástico sem o surgimento de trincas como também ajuda a diminuir as heterogeneidades da estrutura dos lingotes fundidos devido as rápidas taxas de difusão presentes às temperaturas de trabalho a quente. As bolhas de gás e porosidades são eliminadas pelo caldeamento destas cavidades e a estrutura colunar dos grãos grosseiros da peça fundida é quebrada e refinada em grãos equiaxiais recristalizados de menor tamanho. As variações estruturais devido ao trabalho a quente proporcionam um aumento na ductilidade e na tenacidade, comparado ao estado fundido.

Geralmente, a estrutura e propriedades dos metais trabalhados a quente não são tão uniformes ao longo da seção reta como nos metais trabalhados a frio e recozidos, já que a deformação é sempre maior nas camadas superficiais. O metal possuirá grãos recristalizados de menor tamanho nesta região. Como o interior do produto estará submetido a temperaturas mais elevadas por um período de

tempo maior durante o resfriamento do que as superfícies externas, pode ocorrer crescimento de grão no interior de peças de grandes dimensões, que resfriam vagarosamente a partir da temperatura de trabalho.

VANTAGENS:

- menor energia requerida para deformar o metal, já que a tensão de escoamento decresce com o aumento da temperatura;

- aumento da capacidade do material para escoar sem se romper

(ductilidade);

- homogeneização química das estruturas brutas de fusão (eliminação de segregações) em virtude da rápida difusão atômica interna;

- eliminação de bolhas e poros por caldeamento;

- eliminação e refino da granulação grosseira e colunar do material fundido, proporcionado grãos menores, recristalizados e equiaxiais;

- aumento da tenacidade e ductilidade do material trabalhado em relação

DESVANTAGENS:

-necessidade de equipamentos especiais (fornos, manipuladores, etc.) e

gasto de energia para aquecimento das peças;

- -reações do metal com a atmosfera do forno, levando as perdas de material por oxidação e outros problemas relacionados (p.ex., no caso dos aços, ocorre também descarbonetação superficial; metais reativos como o titânio ficam severamente fragilizados pelo oxigênio e tem de ser trabalhados em atmosfera inerte ou protegidos do ar por uma barreira adequada);
- -formação de óxidos, prejudiciais para o acabamento superficial;

-desgaste das ferramentas é maior e a lubrificação é difícil;

-necessidade de grandes tolerâncias dimensionais por causa de expansão e

contração térmicas;

-estrutura e propriedades do produto resultam menos uniformes do que em caso de TF seguido de recozimento, pois a deformação sempre maior nas camadas superficiais produz nas mesmas uma granulação recristalizada mais fina, enquanto que as camadas centrais, menos deformadas e sujeitas a um resfriamento mais lento, apresentam crescimento de grãos.

8.1.8) TRABALHO A MORNO

Os processos de deformação a morno objetivam aliar as vantagens das conformações a quente e a frio. Dos processos de conformação a morno um dos mais difundidos e com maiores aplicações industriais é o forjamento. O trabalho a morno consiste na conformação de peças numa faixa de temperaturas onde ocorre o processo de recuperação, portanto, o grau de endurecimento por deformação é consideravelmente menor do que no trabalho a frio.

Existe alguma controvérsia sobre a faixa de temperaturas empregada na conformação a morno dos aços mas, certamente se torna importante entre 500 e 800° C. A temperatura inferior de conformação é limitada em aproximadamente 500°C devido a possibilidade de ocorrência da "fragilidade azul" em temperaturas mais

baixas. Esta fragilização aumenta a tensão de escoamento e diminui a ductilidade. Ela ocorre em temperaturas em torno de 200 a 400 °C.

Com relação ao trabalho a quente o processo a morno apresenta melhor acabamento superficial e precisão dimensional devido à diminuição da oxidação e da dilatação - contração do material e da matriz.

A maior desvantagem da conformação a morno com relação ao processo a quente é o aumento do limite de escoamento que ocorre com o abaixamento da temperatura de deformação. O aumento da carga de conformação implicará na necessidade de se empregar prensas mais potentes e ferramentas mais resistentes. Os tarugos para a conformação, por sua vez, podem requerer decapagem para remoção de carepa e utilização de lubrificantes durante o processo.

Em relação ao trabalho a frio o processo a morno apresenta redução dos esforços de deformação, o que permite a conformação mais fácil de peças com formas complexas, principalmente em materiais com alta resistência. A conformação a morno melhora ainda a ductilidade do material e elimina a necessidade de recozimentos intermediários que consomem muita energia e tempo.

8.2) TIPOS DE SOLICITAÇÕES

Os esforços mecânicos aos quais estão sujeitas as estruturas são os mais variados. Eles podem ser aplicados lenta e gradualmente e neste caso a natureza do esforço é estática, como tração, compressão, torção, dobramento, etc.

Eles podem ser aplicados de modo repentino, como o choque. Sua natureza é dinâmica.

Finalmente, eles podem ser repetidos, quando a carga varia repetidamente, seja em valor, seja em direção, como na fadiga.

8.2.1) TENSÃO

Quando um corpo elástico é submetido a forças externas, isto provoca forças em todas as seções planas do corpo; a porção que atua sobre a unidade de superfície da seção transversal ainda não deformada se chama tensão.

Uma tensão é produzida quando uma barra prismática é submetida a uma força que atua em direção ao seu eixo, numa seção transversal qualquer e com distribuição uniforme.

Tensão : Força por unidade de área.

8.2.2) TENSÃO DE TRAÇÃO

Tensão de tração é a força por unidade de área que causa a expansão do material. Quando uma barra liberada produz duas forças que atuam em direção ao eixo da barra, quer dizer em direção perpendicular à seção transversal; a barra está sendo esticada, produzindo-se um alongamento.

8.2.3) TENSÃO DE COMPRESSÃO

Tensão de compressão é a força por unidade de área que causa a contração do material.

É a tensão inverso à tração, onde as partes do material adjacente ao plano de tensão tendem a comprimir-se uma contra a outra.

Quando uma barra é solicitada por duas forças que atuam em direção ao eixo da barra; está sendo comprimida produzindo-se um encurtamento.

8.2.4) TENSÃO DE CISALHAMENTO

Tensão onde as partes do material tendem a escorregar uma sobre a outra. Cisalhamento é o esforço que atua paralelamente ao plano segundo o qual os esforços de tração e compressão atuam perpendicularmente, ou seja, é um tipo de tensão resultante de esforços de tração ou compressão.

Logo, Tensão de Cisalhamento é quando duas forças grandes e opostas atuam sobre a barra em sentido perpendicular ao eixo da própria, com o intuito de deslocar em sentidos opostos as partes da barra que se encontram nesta seção transversal.

8.2.5) FLEXÃO

Uma barra é submetida a flexão quando uma força atua sobre o eixo da barra em sentido perpendicular, provocando assim uma curvatura. Na flexão pura, não se considera o efeito transversal.

8.2.6) TORÇÃO

Quando duas forças atuam sobre a barra num plano perpendicular ao eixo da barra no intuito de torcer cada seção reta da barra respeito à outra.

8.2.7) FLAMBAGEM / CAMBAMENTO

Quando a barra comprida é proporcionalmente muito comprida respeito à sua seção transversal, ela se dobra sob a ação das duas forças.

8.2.8) TENSÕES RESIDUAIS

Tensões residuais são tensões remanescentes em uma peça quando todas as cargas externas são removidas. Quando essas tensões são causadas por gradientes de temperatura dentro da peça, são chamadas de tensões térmicas.

SITES PESQUISADOS

www.cimm.com.br www.infomet.com.br

Capítulo 9

SOLDAGEM

9.1) SOLDAGEM

Soldagem é o processo de união de materiais (particularmente para os metais) mais importante do ponto de vista industrial, sendo extensivamente utilizada na fabricação e recuperação de peças, equipamentos e estruturas. Existe um grande número de processos de soldagem diferentes, sendo necessária a seleção do processo (ou processos) adequado para uma dada aplicação.

" Soldagem é a operação que visa a união de duas ou mais peças , assegurando na junta, a continuidade das propriedades físicas e químicas".

9.1.1) PROCESSOS DE SOLDAGEM

Pode-se dividir os processos de soldagem em dois grandes grupos: por fusão e sob pressão.

POR FUSÃO: Energia é aplicada para produzir calor capaz de fundir o material de base. Diz-se neste caso que a solubilização ocorre na fase líquida que caracteriza o processo de soldagem por fusão.

Os principais processos de soldagem por fusão são :

- Soldagem à chama (fonte de calor : química): Oxi-acetilênica, Oxi-GLP, Oxi-hídrida.
- A fusão origina-se do calor gerado pela queima de um gás, com o material de adição introduzido separadamente. É atualmente o processo mais rudimentar de soldagem.
- Soldagem elétrica a arco elétrico (fonte de calor : elétrica): Eletrodo Revestido, Eletrodo Tubular, Fio Contínuo (MIG-MAG), Eletrodo Permanente (TIG).
- A fusão origina-se da ação direta e localizada de um arco voltaico.
- Em Banho de Escória.
- Aluminotérmica.
- Raio Laser.
- Feixe Eletrônico.

SOB PRESSÃO: Energia é aplicada para provocar uma tensão no material de base, capaz de produzir a solubilização na fase sólida, caracterizando a soldagem por pressão. Uma pressão sobre as partes a unir é exercida após o aquecimento para garantir o total interfaceamento entre as partes pela conformação de suas rugosidades. De forma similar, as fontes de energia podem ser diversas, caracterizando subdivisões da soldagem por pressão:

- Por resistência (ponto, ressalto, roletes e topo);
- Por Faiscamento;
- Por Indução;
- Por Atrito:
- Por Ultra Som.

9.1.1.1) SOLDAGEM A ARCO ELÉTRICO COM ELETRODO REVESTIDO (SMAW)

O processo de soldagem por arco elétrico com eletrodo revestido consiste, basicamente, na abertura e manutenção de um arco elétrico entre o eletrodo revestido e a peça a ser soldada, sendo um processo de soldagem por fusão. O calor necessário para a soldagem provém da energia liberada pelo arco formado entre a peca a ser soldada e o referido eletrodo. O arco então, funde simultaneamente o eletrodo e a peca. O metal fundido do eletrodo é transferido para a peca, formando uma poça fundida que é protegida da atmosfera (O2 e N2) pelos gases de combustão do revestimento do eletrodo. Ainda, o metal depositado e as gotas do metal fundido que são ejetadas, recebem uma proteção adicional através do banho de escória. A possibilidade de inúmeras formulações para o revestimento explica a principal característica deste processo, que é sua grande versatilidade em termos de ligas soldáveis, operacionalidade e características mecânicas e metalúrgicas do metal depositado. O custo relativamente baixo e a simplicidade do equipamento necessário, comparados com outros processos, bem como a possibilidade de uso em locais de difícil acesso ou abertos, sujeitos à ação de ventos, são outras características importantes.

Quando comparada com outros processos, particularmente com a soldagem MIG/MAG ou com a soldagem a arco submerso, a soldagem com eletrodos revestidos apresenta como principal limitação uma baixa produtividade, tanto em termos de taxa de deposição (entre 1,5 e 5 kg/h para eletrodos de aço carbono), como em termos do fator de operação, geralmente inferior a 25%. Outras limitações são a necessidade de um treinamento específico, que é demorado e oneroso, particularmente para certas aplicações de maior responsabilidade, necessidade de cuidados especiais de secagem para os eletrodos, principalmente com os do tipo básico (baixo Hidrogênio), e o grande volume de gases e fumos gerados no processo, que são prejudiciais à saúde, particularmente em ambientes fechados.

9.1.1.1.1) ELETRODOS REVESTIDOS

Na soldadura a arco, o calor é fornecido por um arco elétrico que salta entre uma vareta de metal de adição chamada eletrodo e a peça a soldar.

Os eletrodos são terminais de um circuito elétrico de soldagem constituído de uma vareta metálica revestida por uma massa especial. A vareta metálica se consome no arco elétrico, assim fornecendo material de adição para a junta a soldar. O revestimento, por sua vez, produz gases e escória que protegem o material de adição contra a absorção de oxigênio e nitrogênio do ar, alem de atuar na estabilidade do arco e na composição química do material de adição.

9.1.1.1.2) ARCO ELÉTRICO

O arco elétrico pode ser definido como um feixe de descarga elétrica formada entre dois pólos e mantidas pela formação de um meio condutor gasoso chamado plasma. Há neste fenômeno a geração de energia térmica suficiente para ser usado em soldagem, através da fusão localizada das peças a serem unidas.

A expressão soldagem a arco elétrico se aplica a um grande número de processos de soldagem que utilizam o arco elétrico como fonte de calor; nestes processos a junção dos materiais sendo soldados pode requerer ou não o uso de pressão ou de material de adição.

ABERTURA E FUNCIONAMENTO DO ARCO ELÉTRICO: Um arco elétrico é formado quando 2 condutores de corrente elétrica (dois eletrodos) são aproximados para fazer o contato elétrico e depois separados. Isto aumenta a resistência ao fluxo de corrente e faz com que as extremidades dos eletrodos sejam levados a altas temperaturas, bem como o pequeno espaço de ar entre eles. Os elétrons vindo do eletrodo negativo (catôdo) colidem com as moléculas e átomos do ar, desmembrando-os em íons e elétrons livres e tornando a fresta de ar um condutor de corrente devido à ionização. Isto mantém a corrente através do espaço de ar e sustenta o arco; na prática para acender o arco, o soldador esfrega a extremidade do eletrodo na peça a soldar e depois o afasta ligeiramente. No instante de contato, a corrente passa no circuito e continua a circular quando o eletrodo é afastado, formando um arco, devido ter ocorrido a ionização do ar, isto é, o ar ter se tornado condutor de corrente.

9.1.1.1.3) PROTEÇÃO DO ARCO

O metal de solda líquido é muito reativo com o oxigênio da atmosfera. Daí a necessidade de proteção do metal líquido (da poça ou do eletrodo) contra a absorção de oxigênio e nitrogênio da atmosfera nas altas temperaturas do arco elétrico. Esta proteção pode ser por líquido, por gás ou ambos. O líquido ou o gás são gerados pelo eletrodo. O gás pode ser adicionado ao processo a partir de uma fonte externa.

9.1.1.1.4) GÁS DE PROTEÇÃO

Gás gerado pelo eletrodo ou adicionado ao processo com a função de proteger a poça de fusão e o material de adição contra a absorção de oxigênio e nitrogênio da atmosfera, que oxidam e contém defeitos na solda.

9.1.1.2) SOLDAGEM A ARCO SUBMERSO (SAW)

ARCO SUBMERSO é um processo de soldagem por fusão, no qual a energia necessária é fornecida por um arco (ou arcos) elétrico(s) formado entre a ponta de um eletrodo contínuo de arame sólido ou tubular e a peça a ser soldada sob uma camada de fluxo. Durante a soldagem, o calor produzido pelo arco elétrico funde uma parte do fluxo, o material de adição (arame) e o metal de base, formando a poça de fusão.

O arco está submerso em uma camada de fluxo granular que se funde parcialmente, formando uma escória líquida, que sobe à superfície da poça metálica fundida.

A escória também protege o metal de solda recém-solidificado, pois este é ainda, devido a sua alta temperatura, muito reativo com o Nitrogênio e o Oxigênio da atmosfera tendo a facilidade de formar óxidos e nitretos que alterariam as propriedades das juntas soldadas. Em seguida essa escória solidifica-se sobre o cordão de solda, evitando um resfriamento demasiado rápido.

Como o arco elétrico fica completamente coberto pelo fluxo, este não é visível, e a solda se desenvolve sem faíscas, luminosidades ou respingos, que caracterizam

os demais processos de soldagem de arco aberto.

O fluxo, na forma granular, além das funções de proteção de metal depositado e estabilizar o arco elétrico, funciona como um isolante térmico, garantindo uma excelente concentração de calor que irá caracterizar a alta penetração que pode ser obtida com o processo.

O que faz também o arco submerso ter alta penetração é o alto valor de corrente que se pode empregar devido ao maior diâmetro do arame e à boa proteção do fluxo, relativamente aos outros processos.

O equipamento para este processo consta basicamente das seguintes unidades: a) fonte de energia; b) unidade de controle; c) conjunto de alimentação do arame; d) pistola de soldagem; e) alimentador de fluxo; f) aspirador de fluxo. As unidades

b,c,d,e constituem o elemento conhecido como cabeçote de soldagem.

No processo automático, o cabeçote pode mover-se ao longo da peça a ser soldada ou ser estacionário, sendo que nesse caso é a peça que se desloca sob o arco. Quando o processo é semi-automático, o alimentador de fluxo e a pistola de soldagem constituem um conjunto separado que é conduzido pelo operador ao longo da junta.

O processo de soldagem a arco submerso é empregado em larga escala na indústria devido à alta taxa de deposição, a sua facilidade de operação e versatilidade. Foi o primeiro processo de soldagem a obter sucesso na automação, conferindo a este rapidez, economia e repetibilidade de resultados.

De um modo geral pode-se dizer que as principais vantagens deste processo são: este processo permite obter um grande rendimento térmico; alcança-se uma elevada produção específica de material de adição, que em conseqüência propicia uma grande velocidade de soldagem; consegue-se alcançar uma grande penetração com este tipo de processo, o que diminui a necessidade de abertura de chanfro; possibilita ao operador dispensar o uso de protetores visuais; permite obter maior rendimento de deposição que a maioria dos outros processos.

As desvantagens ou limitações deste processo são: a soldagem pode se realizar somente nos limites da posição plana (ou em filete horizontal desde que haja um suporte adequado para o fluxo); é praticamente impossível soldar juntas de difícil acesso; há necessidade de remoção de escória a cada passe de soldagem; a superfície do chanfro deve ser regular e a ajustagem da junta bastante uniforme.

9.1.1.3) SOLDAGEM TIG (Tungsten Inert Gas) – GTAW

TIG é a sigla usada para indicar o processo de soldagem com eletrodo permanente de tungstênio e arco elétrico, usando como proteção um gás inerte, como Argônio ou Hélio. É um processo de soldagem por fusão a arco elétrico que

utiliza o calor gerado pelo arco formado entre o eletrodo de Tungstênio não consumível e a peça que se deseja soldar.

Neste processo o metal de adição (varetas para solda TIG) são adicionados manualmente. A característica principal do processo é possuir um arco elétrico bastante estável e de baixa energia, o que facilita a soldagem de chapas muito finas e com excelente acabamento. O processo pode ser antógeno (sem metal de adição).

O processo TIG é largamente utilizado para a soldagem de aços inoxidáveis, devido ao fato do processo oferecer baixo potencial de corrosão.

A proteção da poça de fusão é conseguida com a adição de um gás inerte ou mistura de gases inertes sobre ela, sendo que o gás também tem função ionizante, facilitando a ignição e manutenção do arco elétrico e ainda auxiliar a resfriar o eletrodo.

Os gases de proteção para soldagem TIG normalmente utilizados são: argônio puro ou argônio + 5 % hidrogênio; adições de hélio poderão ser adicionadas ao argônio para favorecer a penetração durante a soldagem.

O arco elétrico é ignitado por um gerador de faísca (gerador de alta freqüência) entre o eletrodo e a peça.

A soldagem TIG é bastante adequada para espessuras finas, pois possibilita o perfeito controle da fonte de calor. É muito comum, também utilizar o TIG para o passe de raiz na soldagem de peças espessas e de grande responsabilidade.

9.1.1.4) SOLDAGEM MIG/MAG (GMAW)

A soldagem a arco com eletrodos sólidos com proteção gasosa, é conhecida pelas denominações de:

- MIG (Metal Inert Gas), quando a proteção gasosa utilizada for constituída de um gás inerte, ou seja um gás normalmente monoatômico como Argônio ou Hélio, e que não tem nenhuma atividade física com a poça de fusão;
- MAG (Metal Active Gas), quando a proteção gasosa é feita com um gás dito ativo, ou seja, um gás que interage com a poça de fusão, normalmente CO2 - dióxido de Carbono;
- GMAW, (abreviatura do inglês Gás Metal Arc Welding) que é a designação que engloba os dois processos acima citados.

Nestes processos de soldagem, o arco elétrico é estabelecido entre o eletrodo consumível (arame) e a peça a ser soldada. A corrente de solda é alimentada via bico de contato na tocha. A tocha é normalmente conectada ao polo positivo da fonte de corrente contínua.

O eletrodo (arame) é alimentado continuamente pelo cabeçote de alimentação dando alta produtividade ao processo; então funde-se no arco e é transferido para a poça de fusão em forma de gotas.

A proteção do metal de adição e da peça a ser soldada é feita através de um fluxo de gás inerte ou parcialmente reativo. Estes gases normalmente são: argônio ou mistura de argônio, CO₂ oxigênio e hélio.

Os dois processos diferem entre si unicamente pelo gás que utilizam, um vez que o equipamento utilizado é exatamente o mesmo.

O processo MAG é utilizado somente na soldagem de materiais ferrosos, enquanto o processo MIG pode ser usado tanto na soldagem de materiais ferrosos quanto não ferrosos como Alumínio, Cobre, Magnésio, Titânio, Níquel e suas ligas.

Uma das características básicas deste processo, em relação ao processo de soldagem manual com eletrodo revestido, é sua alta produtividade, que é motivada, além da continuidade do arame, pela alta densidade de corrente que o processo pode ser utilizado.

De um modo geral pode-se dizer que as principais vantagens da soldagem MIG/MAG são: alta taxa de deposição, alto fator de trabalho do soldador, grande versatilidade de espessuras aplicáveis, inexistência de fluxos de soldagem, ausência de remoção de escória e exigência de menor habilidade do soldador, quando comparado com a soldagem com eletrodos revestidos.

A principal limitação da soldagem MIG/MAG é sua maior sensibilidade à variação dos parâmetros elétricos de operação de soldagem, que influenciam diretamente na qualidade do cordão de solda depositado. Além disso deve ser ressaltado o alto custo do equipamento, a grande emissão de radiação ultra violeta, maior necessidade de manutenção em comparação com os equipamentos para soldagem de eletrodos revestidos e menor variedade de consumíveis.

9.1.1.5) SOLDAGEM POR OXI-GÁS (SOLDA A GÁS)

A soldagem por oxi-gás é um processo de soldagem por fusão, no qual a união entre os metais é conseguida através da aplicação do calor gerado por uma ou mais chamas (sempre que se realiza uma reação química entre gases com aparecimento de luz e calor, a zona em que se processa esta reação é denominada chama), resultantes da combustão de um gás, com ou sem o auxílio de pressão, podendo ou não haver metal de adição. Este gás passa por um dispositivo cuja função é dosa-lo na proporção exata para a combustão e leva-los até a extremidade onde ocorre a chama. Este dispositivo, chamado maçarico, deve ainda possibilitar que se produza diferentes tipos de misturas necessários para se obter os diferentes tipos de chama, de acordo com o tipo de chama necessária para a soldagem dos diferentes materiais.

As superfícies dos chanfros dos metais de base e o material de adição quando presente, fundirão em conjunto formando uma poça de fusão única, que após o resfriamento se comportará como um único material.

O sistema é simples, consistindo dos cilindros dos gases comprimidos, reguladores de pressão, manômetros, mangueiras, válvulas de retenção e uma tocha de soldagem, com bico adequado; podem ser conseguidas diferentes atmosferas pela variação da quantidade relativa de comburentes e combustível.

Há uma grande variedade de gases disponíveis para a soldagem a gás, sendo que normalmente o Acetileno é o preferido, tanto pelo custo, como pela temperatura de chama; entretanto outros gases combustíveis são também utilizados, tais como o Butano, Propano, Metano, Etileno, gás de rua, Hidrogênio e ainda as misturas produzidas pelas industrias de gases.

O metal de adição é uma vareta, normalmente especificada para cada caso de soldagem e de um modo geral, para a soldagem de ferros fundidos e metais não ferrosos utiliza-se um fluxo de soldagem, também chamado de fundente, que tem a finalidade de manter a limpeza do metal base na área da solda, bem com ajudar na remoção de filmes de óxidos que se formam na superfície.

A soldagem pelo processo oxi-gás oferece várias vantagens: o equipamento é barato e versátil, é ótima para chapas finas, é realizada com pequenos ciclos térmicos, não usa energia elétrica e solda em todas as posições. Em compensação o processo apresenta inúmeras desvantagens tais como: chamas pouco concentradas, o que acarreta grandes zonas termicamente afetadas pelo calor, é necessária grande habilidade do soldador, não é econômica para chapas espessas, tem baixa taxa de deposição, manuseia gases perigosos e o uso de fluxo acaba gerando produtos corrosivos no metal.

9.1.1.6) ARAME TUBULAR

O processo de soldagem por Arame Tubular é definido como sendo um processo de soldagem por fusão, onde o calor necessário a ligação das partes é fornecido por um arco elétrico estabelecido entre a peça e um Arame alimentado continuamente. É um processo semelhante ao processo MIG/MAG, diferindo deste pelo fato de possuir um Arame no formato tubular, que possui no seu interior um fluxo composto por materiais inorgânicos e metálicos que possuem várias funções, entre as quais a melhoria das características do arco elétrico, a transferência do metal de solda a proteção do banho de fusão e em alguns casos a adição de elementos de liga, além de atuar como formador de escória. Este processo possui basicamente duas variantes:

- Arame Tubular com proteção gasosa;
- Arame Tubular autoprotegido.

9.1.1.7) SOLDAGEM DE PINOS (STUD WELDING / SW)

A Soldagem de pinos em inglês é designado por stud welding, trata-se de um processo de soldagem a arco elétrico que une pinos ou peças semelhantes por aquecimento e fusão do metal base e parte da ponta do pino, seguido de imediata pressão, para melhor união e solidificação.

Energia elétrica e força são transmitidas através de um porta-pinos num dispositivo de elevação, e protegidos por uma cerâmica, que tem como função a proteção contra os respingos, contaminação atmosférica, e conter o metal líquido

O arco elétrico é obtido através da operação de toque e retração de pino. Depois de um determinado tempo, onde o pino é submerso no banho de fusão. O anel de cerâmica concentra o arco voltaico, protege contra a atmosfera e limita o banho de fusão.

Durante a Soldagem, o anel de cerâmica e o pino são colocados manualmente no equipamento apropriado conhecido como pistola para Stud e o processo de solda é executado pelos comandos existentes.

O tempo de operação é da ordem dos milisegundos, é relativamente curto se comparado com os processos a arco convencionais, devido o ciclo de trabalho ser muito curto, temos uma ZTA (Zona Termicamente Afetada) muito estreita. Solda-se em ciclos de 10 pinos/min. Sistemas automáticos soldam até 20 pinos/min.

9.1.1.8) SOLDAGEM POR EXPLOSÃO

A soldagem por explosão é um processo de soldagem no estado sólido que é obtido a partir da deformação plástica superficial dos metais ocorrida após colisão de uma peça acelerada, lançada em alta velocidade, contra outra através da detonação calculada de um explosivo.

Esta colisão é muito violenta e libera um jato metálico formado a partir do impacto pontual entre as partes que serão soldadas. Este jato limpa a face do metal retirando sua película superficial, ele faz uma espécie de decapagem, liberando-as de óxidos e impurezas. Naquele instante as superfícies novas são fortemente comprimidas, uma a outra, pela ação dos explosivos.

Este processo nos oferece duas configurações básicas, sendo a primeira, com arranjo das placas em paralelo, produz um caldeamento constante, pois suas condições são alteradas ao longo da soldagem; enquanto a segunda, com arranjo utilizando um ângulo a pré-determinado entre as placas, produz um caldeamento não constante, pois suas condições são alteradas incessantemente até o término da soldagem.

Nas placas em paralelo o anglo a obtido na detonação é pequeno, então o fluxo do jato de metal é ininterrupto e a interface resultante é praticamente plana, por isto esta configuração é chamada de regime laminar.

Nas placas preparadas em ângulo pré-determinado, o fluxo do jato de metal líquido é interrompido a todo momento quando sofre uma mudança de direção e gira como um "rodamoinho", assim as ondas na interface vão sendo formadas ao longo do caldeamento nos pontos de colisão. Esta configuração é chamada de regime turbulento.

A alta velocidade do jato remove a película superficial da placa base e da placa superior que é levada ao ponto de contato, onde as ondas serão formadas como que rodamoinhos, a placa superior vai sendo lançada contra a placa base e a soldagem é obtida.

9.1.1.9) SOLDAGEM POR ULTRA-SOM

A Soldagem por ultra-som tem como objetivo unir peças por vibrações mecânicas na faixa ultra-sônica associada com pressão, a Soldagem é feita no estado sólido, sem fusão do material base.

O processo de Soldagem é realizado através de um transformador eletroacústico, o qual transforma uma corrente alternada em oscilações longitudinais mecânicas de freqüência de 22 KHz por exemplo; O componente denominado sonotrodo é o agente que promove as vibrações.

Durante a Soldagem as peças são fixadas na "bigorna". O sonotrodo transmite oscilações tangenciais para a peça. Se a força de pressão e a amplitude dos movimentos relativos entre as superfícies a soldar forem suficientemente fortes, então ocorre fluidificação. Os filmes de sujeira, água e óxido são rompidos. As superfícies, aquecidas e aplainadas, se aproximam e forças de ligação de superfície entram em ação. O aquecimento é limitado a uma camada muito fina.

Soldam-se chapas finas, folhas ou fios (espessura de 0,003 até 2 mm) de metais macios (alumínio, ouro), também em chapas mais mais espessas de aço e não-ferrosos, vidro ou mesmo cerâmica.

A solda por ultra-som, pode ser usada para unir os principais metais, destacamos os principais: Alumínio, Cobre, Ouro, Magnésio, Molibdênio, Níquel, Paládio, Platina, Prata, Tântalo, Estanho, Titânio, Tungstênio, Zircônio, além dos Aços.

9.1.1.10) ELETROESCÓRIA

O processo de soldagem eletroescória é um processo por fusão através de uma escória líquida a qual funde o metal de adição e as superfícies a serem soldadas. O processo de soldagem Eletroescória é usado onde se necessita grandes quantidades de material de solda depositado, como por exemplo para soldar seções transversais muitos espessas. O processo passa a ser viável economicamente em juntas de topo a partir de 19 mm de espessura e, para espessuras máximas praticamente não há limitações. Todos os cordões são executados na posição vertical ascendente ou aproximadamente a esta.

A poça de soldagem é circundada, pelos lados das bordas por suportes de cobre, resfriadas na parte interna com uma vazão constante de água, a qual chama-se de sapata de refrigeração.

Antes de iniciar o processo coloca-se no chanfro, fluxo para soldar. Depois inicia-se o processo de soldagem com um arco elétrico, entre o eletrodo (em fusão) e o lado inferior do chanfro. Este arco voltaico funde o fluxo. A condutibilidade elétrica da escória líquida, que resulta do processo, aumenta diretamente com a temperatura. Tão logo a condutibilidade do banho de escória tenha aumentado, a tal ponto que a escória conduza melhor do que a corrente elétrica do arco, este se apaga. Então a corrente elétrica corre do eletrodo, através da escória líquida e através da zona metálica fundida, até o metal base.

O aquecimento, devido às propriedades especiais de condutibilidade da escória, funde o metal adicionado e as faces do chanfro, devido a passagem da corrente elétrica pelo banho da escória aquecido. Este calor gerado pela corrente elétrica é o principio que serve como fonte de calor.

O guia do eletrodo e as sapatas se deslocam continuamente para cima, isto é, de modo que a superfície do metal líquido seja mantida sempre na altura média das sapatas de refrigeração. O metal solidificado é coberto lateralmente com uma camada fina de escória, e portanto deve ser substituída com a adição regular de fluxo, para que a profundidade do banho de escória seja mantida estável. Na maioria dos casos a profundidade mais favorável está entre 40 e 60 mm.

9.1.1.11) FEIXE DE ELÉTRONS

O feixe de elétrons é uma tecnologia utilizada para processamento de materiais, utilizando o calor gerado pelo impacto dos elétrons com o material a trabalhar. Devido às diferentes possibilidades de aplicar-se este calor sobre a peça (convergindo-o ou espalhando-o por mecanismos óticos) tem-se diferentes formas de utilizar o feixe eletrônico; como por exemplo:

- Soldagem
- Corte
- Tratamento superficial
- Micro-usinagem

Porém, é importante destacar que, os três últimos processos não competem técnica e economicamente com os existentes para as mesmas funções. Por enquanto, o feixe de elétrons é utilizado quase que unicamente em Soldagem.

Embora já se tenha o conhecimento da teoria do bombardeamento eletrônico há anos, a utilização do processo necessitou aguardar um maior desenvolvimento da área de vácuo, pois este é necessário para evitar a dispersão do feixe, e com isto, dar maior penetração à Soldagem, pois esta foi a primeira utilização do processo. O processo veio a desenvolver-se, juntamente com a técnica de vácuo, no início da época das construções nucleares (anos 50), quando se precisou soldar materiais reativos (Ti,Zr), e se teve problemas de oxidação. Como os elétrons podem ser projetados no vácuo, resolveu-se assim o problema, passando-se a fazer as Soldagens em câmaras de vácuo. Com isto, obteve-se Soldagens com:

- Zonas fundidas muito estreitas,
- Livres de oxidações devido a serem feitas em vácuo, e
- Zonas termicamente afetadas (ZTA) reduzidas em conseqüência da grande convergência do feixe. Esta grande convergência resultará em uma interação feixe/matéria diferente das interações que temos quando soldamos com os processos convencionais.

9.1.2) TERMINOLOGIA USADA EM SOLDAGEM

9.1.2.1) JUNTA

A junta é a região onde duas ou mais partes da peça são unidas pela operação de soldagem.

9.1.2.2) CHANFRO

Para se conseguir executar as soldas, na maioria das vezes é necessário preparar aberturas ou sulcos na superfície das peças que serão unidas – estas aberturas recebem o nome de chanfro. O chanfro é projetado em função da espessura da peça, do material, do processo de soldagem a ser adotado, das dimensões da peça e da facilidade de acesso à região de solda.

9.1.2.3) PENETRAÇÃO

Na solda de topo, penetração é a máxima profundidade alcançada pela fusão medida perpendicularmente 'a superfície do material de base na garganta da junta ou em uma face da mesma.

9.1.2.4) **REFORÇO**

Máxima altura alcançada pelo excesso de material de adição, medida a partir da superfície do material de base.

9.1.2.5) LARGURA

Máxima distância entre os pontos extremos alcançados pela fusão sobre a superfície do material de base.

9.1.2.6) ESPESSURA DA SOLDA

Há dois casos a considerar:

- a) para soldas de topo: é a profundidade do chanfro acrescida da penetração em garganta;
- b) para soldas de filete (em ângulo): é a altura a partir da raiz da solda do maior triângulo que pode ser inscrito na solda.

9.1.2.7) LADO OU PERNA DA SOLDA

Para solda de filete, os lados ou pernas da solda são as projeções da largura da solda sobre as faces originais dos materiais de base.

9.1.2.8) **GARGANTA**

Garganta é a separação entre os bordos do encosto das partes a unir por soldagem, sendo a menor distância entre os bordos a unir, medida quando os mesmos estão posicionados para a soldagem. É uma denominação normalmente empregada para solda de filete.

Para solda de filete, garganta teórica é a distância do início da raiz da junta perpendicular à hipotenusa do maior triângulo retângulo que pode ser inscrito dentro da seção reta da solda; garganta efetiva é a menor distância da raiz da solda até a sua face.

9.1.3) DESCONTINUIDADES / DEFEITOS NAS OPERAÇÕES DE SOLDAGEM

Pode-se definir descontinuidade como sendo uma interrupção das estruturas típicas de uma junta soldada, no que se refere à homogeneidade de características

físicas, mecânicas ou metalúrgicas. De acordo com as exigências de qualidade da junta soldada, uma descontinuidade pode ser considerada um defeito, exigindo ações corretivas. Abaixo temos algumas descontinuidades mais comuns encontradas nas operações de soldagem, e eventuais cuidados para evitar o surgimento das mesmas.

Esta terminologia é usada por técnicos em ensaios não destrutivos para identificar e caracterizar os diversos tipos de defeitos e imperfeições encontradas em juntas soldadas.

9.1.3.1) ABERTURA DE ARCO

É uma imperfeição local na superfície do metal de base resultante da abertura do arco elétrico.

9.1.3.2) ÂNGULO EXCESSIVO DE REFORÇO

É um angulo excessivo entre o plano da superfície do metal de base e o plano tangente ao reforço da solda, traçado a partir da margem da solda. É causado por excesso de material de solda no acabamento.

9.1.3.3) BOLHA

Cavidade de uma peça fundida, ou metal depositado por solda, causada pela retenção de gases durante a solidificação

9.1.3.4) CONCAVIDADE

Concavidade é uma reentrância na raiz da solda. Geralmente é causada por movimentação rápida do eletrodo.

Concavidade (assim com convexidade) excessiva em solda de filete é um defeito. Concavidade em raiz de solda em topo também o é, mas causado por diferentes causas.

9.1.3.5) DEFORMAÇÃO ANGULAR

Distorção angular da junta soldada em relação à configuração de projeto, exceto para junta soldada de topo (Ver embicamento).

9.1.3.6) DEPOSIÇÃO INSUFICIENTE

Insuficiência de metal na face da solda.

9.1.3.7) DESALINHAMENTO

Junta soldada de topo, cujas superfícies das peças, embora paralelas, apresentamse desalinhadas, excedendo à configuração de projeto.

9.1.3.8) EMBICAMENTO

É uma deformação angular de uma junta soldada de topo.

9.1.3.9) TRINCA

Trinca é uma descontinuidade bidimensional produzida pela ruptura local do material. São consideradas as descontinuidades mais graves em soldagem, concentrando tensões e favorecendo o início de fratura frágil na estrutura soldada. As trincas podem ser externas ou internas, podendo ainda se localizar na Zona Fundida, na ZTA ou mesmo no metal base. Suas causas mais freqüentes são altos valores de tensão residual, baixa temperatura da peça a ser soldada, formatos de cordão não apropriados, formação de eutéticos de baixo ponto de fusão, teor elevado de Carbono no metal base, metal de adição não compatível com o metal base, alto teor de Hidrogênio no metal depositado, resfriamento muito rápido da iunta soldada, etc.

Tipos de trincas:

- Trinca de cratera Trinca localizada na cratera do cordão de solda, podendo ser: longitudinal, transversal ou em estrela.
- Trinca de estrela Trinca irradiante de tamanho inferior à largura de um passe da solda considerada (Ver trinca irradiante).
- Trinca interlamelar Trinca em forma de degraus, situados em planos paralelos à direção de laminação, localizada no metal de base, próxima à zona fundida.
- Trinca irradiante Conjunto de trincas que partem de um mesmo ponto, podendo estar localizadas: na zona fundida; na zona termicamente alterada ou no metal de base.
- Trinca longitudinal Trinca com direção aproximadamente paralela ao eixo longitudinal do cordão de solda, podendo estar localizada: na zona fundida; na zona de ligação; na zona termicamente afetada ou no metal de base.
- Trinca na margem Trinca que se inicia na margem da solda, localizada geralmente na zona termicamente afetada.
- Trinca na raiz Trinca que se inicia na raiz da solda, podendo estar localizada: na zona fundida; ou na zona termicamente afetada.
- Trinca sob cordão Trinca localizada na zona termicamente afetada, não se estendendo à superfície da peça.
- Trinca transversal Trinca com direção aproximadamente perpendicular ao eixo longitudinal do cordão de solda, podendo estar localizada: na zona fundida; na zona termicamente afetada ou no metal de base.

9.1.3.10) PORO

Poro é um vazio arredondado, isolado e interno à solda. O poro é resultante da evolução de gases durante a solidificação da solda. As bolhas de gás podem ser

aprisionadas pelo metal solidificado, à medida que a poça de fusão é deslocada. Podem ocorrer de forma uniformemente distribuídos, em grupos, alinhados ou como porosidade vermiforme. As causas mais comuns de seu aparecimento são umidade ou contaminações de óleo, graxa, ferrugem, etc.. na região da junta; eletrodo, fluxo ou gás de proteção úmidos; corrente ou tensão de soldagem excessivas; correntes de ar durante a soldagem, etc.

9.1.3.11) REFORÇO EXCESSIVO

Excesso de metal da zona fundida, localizado na face da solda. É causado por excesso de material no acabamento.

9.1.3.12) **RESPINGOS**

Glóbulos de metal de adição transferidos durante a soldagem e aderidos à superfície do metal de base ou à zona fundida já solidificada.

9.1.3.13) SOBREPOSIÇÃO

Excesso de metal da zona fundida sobreposto ao metal de base na margem da solda, sem estar fundido ao mesmo. É geralmente causado por uma alta taxa de deposição.

9.1.3.14) INCLUSÃO DE ESCÓRIA

Material não metálico retido na zona fundida, podendo ser: alinhada, isolada ou agrupada.

9.1.3.15) INCLUSÃO METÁLICA

Metal estranho retido na zona fundida. Como exemplo deste tipo de descontinuidade temos a inclusão de Tungstênio freqüentemente vinculada à soldagem TIG.

9.1.3.16) MORDEDURA

Depressão sob a forma de entalhe, no metal de base acompanhando a margem da solda.

9.1.3.17) PENETRAÇÃO EXCESSIVA

Metal da zona fundida em excesso na raiz da solda.

9.1.3.18) **PERFURAÇÃO**

Furo na solda ou penetração excessiva localizada resultante da perfuração do banho de fusão durante a soldagem.

9.1.3.19) RACHADURA

Ver termo preferencial: trinca.

9.1.3.20) FALTA DE FUSÃO

É uma fusão incompleta entre a zona fundida e o metal de base, ou entre passes da zona fundida, podendo estar localizada: na zona de ligação, entre os passes ou na raiz da solda.

9.1.3.21) FALTA DE PENETRAÇÃO

Insuficiência de metal na raiz de solda. As causas mais comuns deste tipo de defeito são: manipulação incorreta do eletrodo, junta mal preparada (ângulo de chanfro ou abertura de raiz pequenos), corrente de soldagem insuficiente, velocidade de soldagem muito alta e diâmetro de eletrodo muito grande.

9.1.3.22) FISSURA

Ver termo preferencial: trinca.

9.1.3.23) RECHUPE DE CRATERA

Falta de metal resultante da contração da zona fundida, localizada na cratera do cordão de solda.

9.1.3.24) RECHUPE INTERDENDRÍTICO

Vazio alongado situado entre dendritas da zona fundida.

9.1.4) PROCESSOS DE CORTE

Invariavelmente, as operações de soldagem são precedidas pelas operações de corte. Por questões de economia de escala e características do processo de fabricação dos materiais metálicos, estes são produzidos em dimensões padronizadas, não sendo adequadas ao uso para todos os fins a que se destinam. Em função deste aspecto, tornam-se necessárias operações de corte das matérias primas. O corte pode ser efetuado de diversas formas:

- Mecanicamente: Corte por cisalhamento através de guilhotinas, tesouras, etc.; por arrancamento através de serras, usinagem mecânica, etc.
- Por fusão: Utilizando-se como fonte de calor um arco elétrico ex. arc air (goivagem), plasma.
- Reação química: Onde o corte se processa através de reações exotérmicas de oxidação do metal, como no corte oxi-combustível.

9.1.4.1) **OXICORTE**

O oxicorte é o processo de secionamento de metais pela combustão localizada e contínua devido a ação de um jato de Oxigênio, de elevada pureza, agindo sobre um ponto previamente aquecido por uma chama oxicombustível.

9.1.4.2) JATO D'ÁGUA

De uma maneira geral, quando se deseja secionar um material aplica-se energia a este, podendo ser energia térmica (Arc air, plasma, Laser etc.), química (corrosão por ácidos) ou mecânica (usinagem, cisalhamento etc.). O corte por jato d'água enquadra-se no grupo de energia mecânica, onde a força de impacto exercida por um jato de água de alta pressão na superfície de contato do material supera a tensão de compressão entre as moléculas, secionando o mesmo.

O diâmetro do orifício de saída da água é bastante reduzido, variando de cerca de 0,1mm a 0,6mm. A velocidade da água é da ordem de 520 a 920 m/s. Estes dois fatores combinados, transformam toda a energia potencial da água em energia cinética, fazendo com que a pressão exercida no bico de corte seja da ordem de 1500 a 4200 bar, causando um elevado desgaste do mesmo.

9.1.4.3) CORTE PLASMA

Usualmente o plasma é definido como sendo o quarto estado da matéria. Costuma-se pensar normalmente em três estados da matéria sendo eles o sólido, líquido e gasoso. Considerando o elemento mais conhecido, a água, existem três estados: o gelo, água e vapor. A diferença básica entre estes três estados é o nível de energia em que eles se encontram. Se adicionarmos energia sob forma de calor ao gelo, este transforma-se em água, que sendo submetida a mais calor, vaporizará, separando-se em dois gases Hidrogênio e Oxigênio sob forma de vapor .

Porém se adicionarmos mais energia, algumas de suas propriedades são modificadas substancialmente tais como a temperatura e características elétricas. Este processo é chamado de ionização, ou seja a criação de elétrons livres e íons entre os átomos do gás. Quando isto acontece, o gás torna-se um "plasma", sendo eletricamente condutor, pelo fato de os elétrons livres transmitirem a corrente elétrica. Alguns dos princípios aplicados à condução da corrente através de um condutor metálico também são aplicados ao plasma. Por exemplo, quando a secção de um condutor metálico submetido a uma corrente elétrica é reduzida, a resistência aumenta e torna-se necessário aumentar-se a tensão para se obter o mesmo número de elétrons atravessando esta secção, e conseqüentemente a temperatura do metal aumenta. O mesmo fato pode ser observado no gás plasma; quanto mais reduzida for a secção, tanto maior será a temperatura.

Durante a pesquisa e desenvolvimento do processo TIG, cientistas descobriram que ao reduzir consideravelmente o diâmetro do bocal direcionador de gás da tocha TIG, as propriedades do arco elétrico poderiam ser bastante alteradas. A redução do diâmetro do bocal constringia o arco elétrico, aumentando a veloci-

dade do gás e o seu calor por efeito Joule. A temperatura e a tensão do arco cresceram dramaticamente, e a força do gás ionizado removeu a poça de fusão em alta velocidade. Ao invés de soldar, o metal foi cortado pelo arco plasma.

O jato plasma moderadamente constringido (Æ do orifício do bocal = 4.8 mm), operado com o dobro da tensão produz um plasma muito mais quente que o arco correspondente ao TIG. Se a mesma corrente é forçada a passar através do orifício, com os mesmos parâmetros operacionais, a tensão e temperatura aumentam. Ao mesmo tempo uma maior energia cinética do gás sai do bocal, ejetando o metal fundido provocando assim o corte.

9.1.4.4) **GOIVAGEM**

Este processo também é chamado de goivagem a carvão, os eletrodos são considerados não consumíveis, mas desgastam-se com o uso.

O processo utiliza uma tocha especial que assemelha-se ao alicate do processo eletrodo revestido, adaptado com um orifício que direciona um jato de ar comprimido para a expulsão do metal líquido proveniente da poça de fusão formada pelo arco elétrico entre o eletrodo e a peça.

Atualmente é empregado para remoção da raíz de solda imperfeita, remoção de dispositivos auxiliares de montagem, remoção de soldas com defeitos, corte de metais, etc.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Processo de Usinagem: Centro Tecnológico Mecatrônica

(Betim-MG)

Apostila Soldagem : Universidade Santa Cecília Curso de Metalurgia Aplicado a Soldadura

Metalurgia : ABM Livro – FBTS

SITES PESQUISADOS

www.cimm.com.br www.infosolda.com.br www.infomet.com.br

CAPÍTULO

10

Elementos De Máquinas

10.1) INTRODUÇÃO

Componentes de máquinas são normalmente unidos ou montados por soldagem, brasagem ou com parafusos, porcas , rebites ou cola. Componentes elásticos como molas são úteis porque eles podem deslocar cargas enquanto absorvem energia. Equipamentos rotativos ou deslizantes são normalmente enclausurados em mancais que podem exigir óleo ou graxa para lubrificação. Rolamentos de rolos ou de esfera são usados para reduzir a fricção, além de outras funções.

Um componente existente em muitas máquinas é o eixo, comumente uma barra cílindrica que suporta partes rotativas ou transmite energia ou movimento por rotação.

Engrenagens e combinações de engrenagens em máquinas mudam a direção e / ou velocidade de rotação de eixos. A produção de máquinas complexas envolve extrema precisão de usinagem, medições, testes, controle de qualidade e inspeção.

10.2) MOTORES

É uma máquina destinada a converter qualquer forma de energia (térmica, elétrica, hidráulica, etc) em energia mecânica. No caso dos motores de combustão interna, há transformação de energia térmica (queima de combustível) em energia mecânica.

À classificação de cada motor depende de uma série de parâmetros e características, a saber :

- Valores eletromecânicos: potência, conjugado, tensão, polaridade, frequência e velocidade;
- Características de proteção elétrica e mecânica;
- Temperaturas limites e altitudes limites;
- Tipos de montagem : horizontal, vertical, com flange, sem flange.

10.2.1) MOTORES ELÉTRICOS

O motor elétrico é uma máquina destinada a converter a energia elétrica em energia mecânica. É o equipamento mais utilizado pelo homem na sua caminhada em busca do progresso, pois, praticamente todas as máquinas e muitos eventos conhecidos dependem dele.

O motor elétrico precisa ser identificado e tratado como uma máquina motriz, cujas características envolvem determinados cuidados, dentre os quais os de instalação e manutenção.

Devem ser instalados em locais que permitam fácil acesso para inspeção e manutenção. A fundação onde será colocado o motor deve ser plana e, se possível, isenta de vibrações.

O motor elétrico deve estar perfeitamente alinhado com a máquina acionada, especialmente nos casos de acoplamento direto. Um alinhamento incorreto pode causar defeito nos rolamentos, vibração e mesmo, ruptura do eixo.

A manutenção destes motores, adequadamente aplicados, resume-se numa inspeção periódica quanto aos níveis de isolamento, elevação da temperatura, desgaste, lubrificação dos rolamentos e eventuais exames no ventilador, quanto ao correto fluxo de ar. A frequência com que devem ser feitas as inspeções, depende do tipo do motor e das condições locais de aplicação.

10.2.2) MOTOR ELÉTRICO ASSINCRONO

O motor elétrico assíncrono é sem dúvida uma das máquinas mais utilizadas em todo o mundo. Esse tipo de motor é denominado assíncrono pois é do campo magnético do estator e depende da carga.

E composto de duas partes principais: o estator e o rotor.

O estator é a parte que fica afixada na carcaça composto por um núcleo de chapas magnéticas e enrolamento (bobinas) formando um sistema que será ligado à rede de alimentação.

O rotor é formado por um eixo, que transmite a potência para o equipamento acionado, um núcleo de chapas magnéticas e enrolamentos. Com relação ao enrolamento do rotor, este pode ser do tipo rotor em gaiola (gaiola de esquilo) e rotor de anéis (ou bobinado),

O principio de funcionamento do motor de indução ou assíncrono é o seguinte: o rotor fica submetido no campo girante produzido pelas correntes no estator. Nos condutores do rotor, cortados pelo fluxo do campo girante, são induzidas forças eletro-motrizes que dão origem a correntes. Essas correntes reagem sobre o campo girante provocando um conjugado que faz o rotor girar no mesmo sentido do campo.

Quando o motor funciona sem carga, o rotor gira com uma velocidade quase igual 'a síncrona mas a medida que a carga aumenta o rotor se atrasa em relação ao campo girante e correntes mais elevadas são induzidas para desenvolver o conjugado necessário.

10.3) REDUTORES

Redutores são conjuntos de engrenagens, multiplicadoras de força e normalmente redutoras de velocidade.

É utilizado ligado a um motor de alta rotação quando a rotação de projeto de um motor elétrico é baixa para uma dada potência, aumentando consideravelmente o seu tamanho e custo, reduzindo a rotação de acordo com a necessária, já que N1 Z1= N2.Z2, onde N é a rotação e Z é o número de dentes da engrenagem.

Os componentes de um redutor são: eixos, engrenagens, chavetas, retentores, anéis separadores, flanges, parafusos e porcas, arruelas, juntas e outros.

10.4) MANCAIS

Os mancais são elementos de máquinas que servem de apoio fixos aos elementos de máquinas dotados de movimentos giratórios (eixos). Compõe-se o mancal de

uma estrutura geralmente de ferro fundido e bipartida (base tampa), que encerra o casquilho, no interior do qual gira o eixo.

A maioria das máquinas e equipamentos possuem mancais. É sua função posicionar um elemento de máquina que gira em relação a outro.

Logo, os mancais são componentes de máquinas destinados a assegurar movimentação rotativas entre duas superfícies, com baixo nível de atrito.

São conjuntos destinados a suportar as solicitações de peso e rotação de eixos e árvores.

Tipos de mancais:

- Mancais Deslizantes : são todos os mancais cujo o trabalho se baseia no deslizamento dos elementos envolvidos;
- Mancais de Rolamentos : são todos os mancais cujo o trabalho se baseia no rolamento dos elementos envolvidos (mais utilizado nas indústrias mecânicas).

Independente das características do mancal, se é deslizante ou de rolamento, é extremamente importante conhecer na transmissão qual deve ser o mancal fixo e qual deve ser o mancal móvel.

Os mancais devem ser montados dentro de um alinhamento preciso, para não trabalhar em regime forçado e consequentemente não causar danos ao equipamento.

10.4.1) MANCAL FIXO

É o mancal que não permite qualquer movimento axial e radial no elemento girante (eixo), sendo considerado para efeito de dilatação o ponto zero ou ponto de referência, a partir do qual deve ser considerado todas as calibrações e compensações de folgas recomendadas à transmissão.

10.4.2) MANCAL MÓVEL

É o mancal ou mancais que devem permitir os deslocamentos axiais necessários às compensações exigidas pela transmissão (nunca esquecer as dilatações).

10.4.3) ESFORÇO RADIAL

O esforço radial é aplicado no sentido dos raios do eixo e pode ser nos planos horizontal e vertical.

10.4.4) ESFORÇO AXIAL

O esforço axial é aquele que é paralelo a linha de centro do eixo.

10.5) VARIADOR DE VELOCIDADE

De modo que se obtivesse uma aumento ou redução de rotação de modo contínuo e progressivo, o que não era possível com caixas de engrenagens, foram criados alguns dispositivos que, dentre outras, são bastante usados em máquinas operatrizes.

Um desses dispositivos é o variador de velocidade.

10.5.1) VARIADOR DE VELOCIDADE CONTÍNUO PIV

O dispositivo é formado por 2 pares de polias cônicas, que podem ser afastadas ou aproximadas por um sistema mecânico ou hidráulico. À medida que se abre uma polia a outra se fecha (ou se aproxima) mudando a relação. Na posição intermediária as duas polias terão o mesmo diâmetro, isto é, a correia ficará apoiada em um ponto que terá o mesmo diâmetro nas duas.

10.5.2) VARIADOR DE VELOCIDADE CONTÍNUO PK

O movimento de rotação é transmitido pelo cone que está acoplado ao eixo motor. O cone pode ser movimentado axialmente de modo que o seu contato com o anel de fricção se dá por uma série de diâmetros diferentes. Notar que essa variação de diâmetros é contínua.

10.6) ROLAMENTOS

São componentes de máquinas cuja finalidade maior é sustentar eixos e facilitar seus movimentos.

Quando esferas e rolos são colocados entre o eixo e o mancal, o eixo rolará sobre estas esferas e rolos. Diz-se então mancal de rolamento ou simplesmente, rolamento. Os corpos rolantes, como são chamados os rolos e esferas, irão então girar entre os anéis interno e externo. O mancal de rolamento é agora constituído de: um anel externo, corpos rolantes e um anel interno. As superfícies dos anéis em que os corpos rolantes trabalham são chamadas de pistas de rolamento, ou simplesmente pistas.

A gaiola retém os corpos rolantes no mesmo e separa-os de tal forma que eles não atritem uns contra os outros.

Os rolamentos são classificados em rolamentos de esferas ou rolamentos de rolos, dependendo do tipo de corpo rolante empregado para transmitir a carga.

O rolamento é atualmente um importante elemento de máquina na diminuição da fricção entre superfícies em atrito. Sua montagem ocorre normalmente entre o eixo e o cubo. Se entre um corpo a se mover e a sua superfície de rolamento forem colocados corpos rolantes, a fricção será pequena.

10.6.1) ROLAMENTO DE ESFERAS

O mancal de rolamento de esfera são constituídos por várias esferas de aço entre dois anéis, também de aço.

Como as esferas transmitem a carga através de uma pequena área de contato, as esferas não podem suportar cargas tão elevadas como os rolos. Por outro lado, o atrito de rolamento será menor num rolamento de esferas do que num rolamento de rolos. Isso implica em maiores limites de rotação e temperaturas mais baixas para os rolamentos de esferas, em comparação com os rolamentos de rolos. Geralmente pode-se dizer então que os rolamentos de esferas são usados quando houver cargas leves ou médias, e os rolamentos de rolos quando houver cargas médias ou pesadas.

10.6.2) ROLAMENTO DE ROLOS

Os mancais de rolamentos de roletes são usados quando o eixo fica sujeito a uma força lateral, que seria capaz de arrancar as esferas do rolamento anterior. Eles suportam melhor esse tipo de esforço, sendo usados para grandes esforços, suportando solicitações radiais elevadas.

10.6.3) ROLAMENTOS AUTOCOMPENSADORES

Os rolamentos autocompensadores de esferas ou de rolos são normalmente montados com buchas de fixação ou de desmontagem. A utilização dessas buchas permite que a usinagem do eixo não seja tão precisa além de permitir facilidade na montagem e desmontagem dos rolamentos. Fazem parte da montagem: a porca de trava ou de fixação, a arruela de trava, o rolamento e a bucha de fixação.

10.7) ACOPLAMENTO

Acoplamentos são equipamentos que tem por finalidade unir dois eixos, absorver choques, acomodar desalinhamentos e transmitir torque.

Logo, os acoplamentos de eixos servem para interligar equipamentos rotativos em máquinas industriais ou automotivas, sendo empregados para transmitir movimento de rotação de uma árvore motriz para uma árvore movida.

São constituídos fundamentalmente de duas partes, geralmente dois discos, e peças que realizam a união entre ambas.

O processo mais elementar é o de acoplamento rígido, que consiste em dois discos ou flanges ligados aos respectivos eixos por chavetas, e entre si por meio de parafusos que unem suas faces externas. O acoplamento flexível também é muito usado.

10.8) PINOS

O pino tem como finalidade alinhar ou fixar os elementos de máquinas.

10.8.1) CONTRAPINO

Pequena cavilha de ferro de duas pernas, que se atravessa na ponta de um eixo ou parafuso para manter no lugar porcas e arruelas.

10.9) PARAFUSOS

Parafuso e Porca são fabricados em ferro, aço ou em outros metais e servem para a união de peças.

O parafuso é um elemento mecânico de união que realiza, geralmente, uniões com fechamento de força. Segundo as normas, os parafusos se diferenciam pela rosca, forma da cabeça, pescoço e a forma de acionamento.

A cabeça do parafuso serve para que se possa fixá-lo no seu local e, ao mesmo tempo, auxilia a fixão dos componentes. Do outro lado dos componentes, pode-se ter uma porca que completa a sua fixação; outras vezes, uma rosca no próprio componente serve para completar a fixação.

Poderíamos, pois, dividir os parafusos em vários tipos, porém os mais comuns são dois: um que serve para fixar um componente em outro; e o que fixa dois ou mais componentes entre si. Neste útimo caso, utiliza-se uma porca como elemento auxiliar.

10.9.1) PARAFUSO ESTICADOR

Dispositivo utilizado no tensionamento do cabo de aço.

10.10) PORCA

Porcas são as partes complementares dos parafusos. Os dois, trabalhando juntos, fixam os componentes desejados. Algumas vezes, antes da porca, é colocada outra pequena peça, a arruela.

A porca, um dos elementos de união mecânica, é fabricada em vários formatos segundo a aplicação. Para a resistência da união, através de parafuso e porca, é necessário que a porca tenha uma altura suficiente para resistir aos esforços e às montagens e desmontagens sem espanar.

Algumas vezes, com o objetivo de evitar que a porca escape do parafuso, utilizam-se duas porcas sobre o mesmo parafuso. A segunda, chamada contraporca, é apertada firmemente contra a primeira, evitando que ela escape.

10.11) TRAVA E ARRUELA

As arruelas são pequenos anéis que se colocam entre a porca e o parafuso, ou por baixo da cabeça do parafuso. Tem como finalidade proteger a face da peça, impedindo o contato direto da porca, aumentando a superfície de apoio da porca ou da cabeça do parafuso. O material mais brando da arruela protege a superfície da peça no local de aperto.

As uniões roscadas são submetidas a vibrações e podem soltar-se por essa razão. Para evitar isso, colocam-se travas e arruelas nas porcas ou parafusos.

Existem dois tipos básicos de arruelas: as arruelas chatas e as arruelas de pressão. As arruelas chatas são usadas quando se deseja que o componente a ser fixado não entre em contato com a porca (ao prender um cabinho elétrico). Já as arruelas de

pressão são utilizadas para evitar que a porca escape do parafuso, com a trepidação. Ela atua como uma espécie de freio, sendo útil nos conjuntos parafuso-porca que ligam órgãos de máquinas sujeitos a vibrações ou a choques.

10.12) ANEL ELÁSTICO

O anel elástico é usado em eixos ou furos contra deslocações axiais e se divide em três categorias : anel de segurança, arruela de segurança e anel de arame elástico.

10.13) CHAVETAS

Chavetas são elementos que permitem a interligação e a consequente transmissão do movimento de torção, de árvores de transmissão a acoplamentos, polias, engrenagens ou a outro qualquer componente de um equipamento. A união por chaveta é um tipo de união desmontável.

É feito um entalhe no eixo e outro na peça a ser fixada a ele, por exemplo, uma engrenagem. Alinham-se os dois entalhes e, entre eles, é calçada uma pequena peça metálica, que é a chaveta. Assim, a engrenagem e o eixo ficam firmemente presos e giram juntos.

Um tipo comum de chaveta é a chaveta paralela que possui as faces laterais paralelas.

10.14) JUNTAS

Juntas são os elementos de vedação entre ligações flangeadas, como é o caso das tubulações ou bipartições aparafusadas.

O material da junta fica submetido à compressão, exercida pelos parafusos que mantem as partes apertadas e ao esforço de cisalhamento provocado pela pressão interna do fluido que está sendo contido.

O material das juntas deve ser deformável e elástico de modo a compensar as irregularidades das superfícies. Os materiais mais utilizados são: metálicos (ferrosos e não ferrosos), elastoméricos (borrachas e seus compostos), amianto, plasticos, papelão hidráulico dentre outros.

Logo, a estanqueidade nos conjuntos mecânicos é alcançada através de juntas que são montadas entre as partes do conjunto. As finalidades principais das juntas são : evitar a entrada da sujeira, evitar saída de substâncias gasosas ou líquidos do conjunto, evitar que substâncias líquidas ou gasosas passem de uma a outra câmara do conjunto. Normalmente é usada em eixos, árvores, camisas, cilindros, cabeçotes e câmaras de óleo.

10.15) ENGRENAGENS / RODAS DENTADAS

As engrenagens são elementos de máquinas que transmitem movimento por meio de dentes que se engrenam sucessivamente.

De duas engrenagens que trabalham em conjunto ou que se engrenam, aquela

com menor número de dentes denomina-se pinhão e aquela com maior número de dentes chama-se coroa.

Logo, são conjuntos, um par, no mínimo, de rodas dentadas, destinadas à transmissão de movimento (de um eixo para outro) e potência.

Cada roda dentada se encaixa na outra roda. Quando uma gira (a motora), obriga a outra (a acionada) a girar também.

Com as rodas dentadas podem-se realizar também diferentes relações de transmissão e modificar os sentidos de rotação.

Tipos de pares de rodas dentadas: par de rodas cilíndricas com dentado reto, com dentado oblíquo, par de rodas helicoidais, par de rodas internas, par de rodas dentadas cônicas, roda e cremalheira, engrenamento sem-fim.

É interessante observar um fato importante, com relação às engrenagens e polias. As polias giram sempre no mesmo sentido, porque são ligadas pela mesma correia. Já às engrenagens podem girar em sentido contrário.

Quando se quiser, numa montagem de engrenagens, que dois eixos girem no mesmo sentido, será necessário que se use uma engrenagem intermediária.

10.16) MOLAS

Denomina-se mola qualquer elemento de máquina capaz de sofrer notáveis deformações elásticas. Múltiplas são as formas que apresentam as molas, como múltiplas são as suas finalidades: destinam-se a absorver energia, a manter peças em contato, a provocar deslocamentos, amortecer choques, medir forças, etc.

10.17) CABOS DE AÇO

Os cabos de aço consistem de fios metálicos e pernas de cabos, enrolados em volta de uma alma, que é geralmente feita de cânhamo, algodão ou outro tipo de fibra, impregnada de lubrificante durante a fabricação.

O objetivo da alma é agir como um reservatório de óleo quando o cabo está em uso e fazer com que o mesmo seja flexível, ajudando a preservar o seu formato. O grupamento dos fios em torno da alma chama-se perna e o cabo é composto de várias pernas.

EX : Cabo de aço $6 \times 19 = \text{cabo com } 6 \text{ pernas de } 19 \text{ fios cada.}$

Os cabos de aço são utilizados para finalidades diversas tais como : cabos aéreos, pontes, guindastes, elevadores de estrutura e serviços marítimos.

10.17.1) CABOS DE ANCORAGEM

Cabos de aço destinados à fixação de equipamentos, torres e outros à estrutura.

10.17.2) CABOS DE SUSPENSÃO

Cabo de aço destinado à elevação (içamento) de materiais e equipamentos.

10.17.3) CABOS DE TRAÇÃO

Cabos de aço destinados à movimentação de pesos.

10.18) POLIAS

São discos metálicos ou de material plástico, com um local especial na sua parte externa, onde se pode alojar uma correia. As polias trabalham sempre aos pares ou em conjunto de três.

Uma das polias é motora, ou seja, é fixa num eixo de acionamento. Por meio de uma correia, essa polia aciona outra, a qual por isso recebe o nome de acionada (movida). Desta maneira consegue-se transmitir o movimento de um eixo para outro.

10.19) ROSCAS

A fabricação de roscas segue uma padronização de acordo com as normas do sistema métrico e é feita com ferramentas especiais.

Encontramos roscas em polegadas e em milímetros.

As roscas são conhecidas pelo seu tamanho (diâmetro da rosca), pelo número de filetes em cada centímetro ou polegada, e pela grossura do filete (rosca fina ou grossa).

10.20) CUPILHA

São usadas com as porcas do tipo castelo ou sextavada com ranhuras. O parafuso possui um furo, através do qual se introduz a cupilha. Após atravessar o parafuso, abrem-se as duas pontas da cupilha e a porca fica impedida de se movimentar.

10.21) ANÉIS DE TRAVA

Possuem a finalidade de impedir o movimento de um eixo para os lados. Podem ser anéis externos ou internos. Para montar um anel externo, é preciso usar um alicate que o abra. Os anéis internos possuem, nas suas extremidades, duas pequenas saliências, com as quais se pode fechar o anel, para que ele entre na sua ranhura.

10.22) EIXOS ENTALHADOS

É bastante usado também num sistema pelo qual dois eixos se fixam entre si e que consiste em escavar vários entalhes nos dois, de maneira que, ao colocar-se um dentro do outro eles fiquem firmemente presos.

10.23) REBITES

São usados quando se pretende que as duas partes a serem fixadas, em geral, duas chapas de aço, fiquem presas entre si de uma maneira mais ou menos permanente. Os rebites possuem formato de um pino cilíndrico, com uma cabeça. São introduzidos no orifício que servirá para a fixação dos componentes, sendo a parte inferior martelada, de maneira a se abrir e fixar firmemente os componentes.

10.24) CORRENTES

A corrente é formada por uma porção de pequenos elos, que são presos por pinos e se encaixam sobre os dentes de duas engrenagens que ficam presas aos eixos em questão. Estas engrenagens também são conhecidas como polias dentadas.

Algumas vezes, usam-se correntes para fazer que o eixo gire o outro. O sistema é o mesmo que de corrente de bicicleta.

10.25) GAXETAS

As gaxetas são utilizadas como uma forma de vedação em hastes e eixos, selagem de válvulas, bombas alternativas e bombas centrífugas e outros equipamentos rotativos.

A função das gaxetas é restringir o vazamento que vem de dentro do equipamento para o meio ambiente.

Como a velocidade periférica nas bombas centrífuga é alta, o calor gerado é muito grande e dessa forma, além das gaxetas terem características lubrificantes, deve permitir uma passagem de líquido entre elas e o eixo.

Há diversos tipos de gaxetas : gaxetas de lábios, gaxetas combinadas.

Em relação aos materiais as gaxetas podem ser classificadas em: metálicas, plásticas e de fibras ou filamentos trançados.

Além de ter de atender os parâmetros operacionais como velocidade de deslocamento, temperatura ambiente e pressão de trabalho, espera-se das gaxetas:

- Condição e segurança de funcionamento;
- Longa vida útil;
- Inexistência de vazamentos à atmosfera;
- Baixo atrito;
- Relação custo x benefício;
- Montagem simples;
- Compatibilidade com o fluído hidráulico em altas e baixas temperaturas;
- Boa elasticidade da forma mesmo em excentricidade operacional entre o êmbolo, a haste e tubo do cilindro, assim como na expansão do tubo devido à pressão operacional.

10.26) SELO MECÂNICO

O selo mecânico é um dispositivo de vedação cuja aparência e construção são extremamente mais complexas que a vedação por engaxetamento. O seu custo também é muito mais alto, no entanto oferecem as seguintes vantagens sobre as gaxetas: não permitem vazamentos para o exterior, o vazamento é zero, acomoda tolerâncias normais da instalação, compensa desgastes que ocorrem com o uso, tem um certo grau de movimento axial.

Logo, quando o líquido bombeado for inflamável, explosivo, tóxico, de elevado custo, ou quando após feito uma rigorosa análise de custo, chegar-se a números favoráveis, recomenda-se o uso de selo mecânico para vedação das bombas. A refrigeração para o calor gerado pode ser feita pelo próprio líquido bombeado ou de fonte separada externa.

As principais partes de um selo mecânico são: sede estacionária, sede rotativa, mola (s), vedação secundária, sobreposta, vedações da sede estacionária e da sobreposta.

A sede rotativa é acionada pelo eixo e gira junto com este. Existe um anel de vedação entre a sede rotativa e o eixo que impede que o produto passe sob ela. A sede estacionária fica montada na sobreposta e a vedação principal do selo se dá entre as faces planas e polidas das sedes rotativa e estacionária. A mola (ou conjunto de molas) mantem a sede rotativa em contato com a estacionária, mesmo que tenha cessado a pressão exercida pelo fluido que está sendo contido dentro da caixa de selagem. A vedação secundária, assim chamada, é feita pela vedação que evita a passagem o fluido pelo estojo que fixa a(s) mola(s) e a sede rotativa no eixo. Logo, a passagem do eixo através do corpo da bomba é vedada por meio de engaxetamento ou opcionalmente por selo mecânico.

10.27) ROLDANA

Disco com borda canelada que gira em torno de um eixo central.

10.28) RETENTOR

São elementos de máquinas normalmente usados em carcaças e flanges cuja função é evitar a saída do lubrificante e evitar a entrada de impurezas.

10.28.1) ANÉIS O'RINGS

É um dos tipos de retentores mais usados em equipamentos hidraúlicos. Os "anéis O" ou "O Rings" são anéis de seção redonda fabricados a partir de elastomeros, teflon ou materiais plásticos, bastante utilizados para vedações. O anel é instalado em um rasgo (padronizado) e promove vedação na parte superior, no fundo do rasgo e na parede do rasgo na qual fica encostado.

10.29) EIXOS E ÁRVORES

O eixos e as árvores suportam peças de máquinas (rodas dentadas, rodas matrizes, polias, etc), que giram, executam movimentos alternativos ou ficam fixas. Os eixos são solicitados somente à flexão pelas forças que atuam sobre eles, servindo sobretudo para suportar cargas. As árvores transmitem sempre um movimento de giro (momentos de rotação) e, por causa disso, a solicitação principal é a torção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DUBBEL : Manual da Construção de Máquinas Vol I DUBBEL : Manual da Construção de Máquinas Vol II

N. Omote: Física

Ferdinand P. Beer/E. Russell Johnston Jr: Mecânica Vetorial

P/Engenheiros

Apostila TEXACO - Fundamentos de Lubrificação

SITES PESQUISADOS

www.manter.com.br Manter - O portal da manutenção

www.manter.com.br Manter - O portal da manutenção MFF Vedações Jens Christian Bosner