



Spectru Instrumental Científico Ltda

Divisão Metalurgia / Processos



DESGASTE

Ivaldo Assis do Nascimento

Engenheiro Mecânico – Diretor Técnico da Spectru Ltda

André Luís de Brito Baptista

Técnico Metalurgista – Técnico de Metalografia da EEIMVR/UFF

- 1- INTRODUÇÃO / CONCEITO
- 2- EVOLUÇÃO HISTÓRICA
- 3- ASPECTOS ECONÔMICOS DO DESGASTE
- 4- SISTEMAS TRIBOLÓGICOS
- 5- ANÁLISE DOS PROCESSOS DE DESGASTE
- 6- CLASSIFICAÇÃO DOS FENÔMENOS DE DESGASTE
- 7- DEFINIÇÕES DOS DIFERENTES TIPOS DE DESGASTE



1-INTRODUÇÃO / CONCEITO

Denomina-se desgaste à perda progressiva de substância da superfície de um corpo sólido, causado por ação mecânica, isto é, por contato e movimento relativo de um contra-corpo sólido, líquido ou gasoso.

Notas:

- a) A ação na superfície de um corpo sólido por contato e movimento relativo de um contra-corpo sólido, líquido ou gasoso é denominada “ação tribológica”.
- b) O desgaste resulta em pequenas partículas soltas (partículas de desgaste) e em modificações no material e na geometria da camada de superfície solicitada tribologicamente.
- c) Na tecnologia, o desgaste é normalmente indesejável e prejudicial. Em determinadas situações, contudo, como por exemplo no ajuste, o processo de desgaste pode ser benéfico. Processo de fabricação não são considerados como desgaste em relação à peça trabalhada, apesar de ocorrer processo tribológico na interface entre a peça trabalhada e a ferramenta, tal como ocorre em desgaste.

Obs: O termo desgaste é freqüentemente utilizado para descrever tanto o processo de desgaste como seu resultado. A fim de evitar ambigüidades, para o processo o termo “processo de desgaste” pode ser utilizado e o resultado do desgaste pode ser identificado pela expressão “aparência de desgaste” ou por “quantidade de desgaste”.

TIPOS DE DESGASTE

É possível subdividir o processo de desgaste de acordo com o tipo de ação tribológica e as substâncias envolvidas nos diferentes tipos de desgaste.

MECANISMOS DE DESGASTE

Mecanismos de desgastes são os processos físicos e químicos que ocorrem durante o desgaste.

APARÊNCIA DE DESGASTE

Aparência de desgaste significa as modificações provocadas pelo desgaste na camada superficial de um corpo, bem como o tipo e a forma das partículas desgastadas.

QUANTIDADES DE MEDIDA DE DESGASTE

As quantidades de medida de desgaste (caracterização quantitativa de desgaste) caracterizam direta ou indiretamente as modificações na geometria ou na massa de um corpo, em consequência de desgaste (ver DIN 50 321).



Spectru Instrumental Científico Ltda

Divisão Metalurgia / Processos

2-EVOLUÇÃO HISTÓRICA

Sumerianos e egípcios há 3500 a. C, combinando aspectos tribológicos, inventaram a roda, transportando imensos blocos de pedra em blocos de madeira, usando lubrificantes parecidos com água, óleo ou graxa.

Leonardo da Vinci, na Itália, entre 1452 e 1519, estudou os fenômenos de fricção, desgaste e lubrificação em mancais.

Guillaume Amontons, na França, entre 1663 e 1705, estudou os efeitos do atrito.

Charles Augustin Coulomb, na França, entre 1736 e 1806, propõe a primeira lei de desgaste por fricção, $\mu = F_T/F_N$.

Charles Hacket, na Inglaterra, em 1803 estudava os problemas de desgaste das moedas.

Heinrich Rudolph Hertz, na Alemanha, entre 1857 e 1894, estudou as tensões de contato do campo próximo das zonas de contato entre dois corpos em interação.

Richard Stribech, na Alemanha, entre 1861 e 1950, estudou a influência de superfícies rugosas e lubrificação no coeficiente de fricção.

3-ASPECTOS ECONÔMICOS DO DESGASTE

O desgaste de componentes e equipamentos em inúmeros segmentos industriais, agrícolas e em outras atividades econômicas, representa um dos maiores fatores de depreciação de capital e de fonte de despesas com manutenção.

Em torno de 10% de toda a energia gerada por meios técnicos, é dissipada por fricção e outros processos de desgaste. Estatísticas mostram que, nos países desenvolvidos, 1 a 5% do Produto Interno Bruto é gasto direta ou indiretamente pela ação destruidora do desgaste.

Tem sido ressaltada a necessidade e importância de mais estudos fundamentais, para uma melhor compreensão do desgaste, sendo impossível previní-lo, mas sim minimizá-lo.

A taxa de desgaste depende das condições de trabalho, carregamento, lubrificação e meio ambiente.

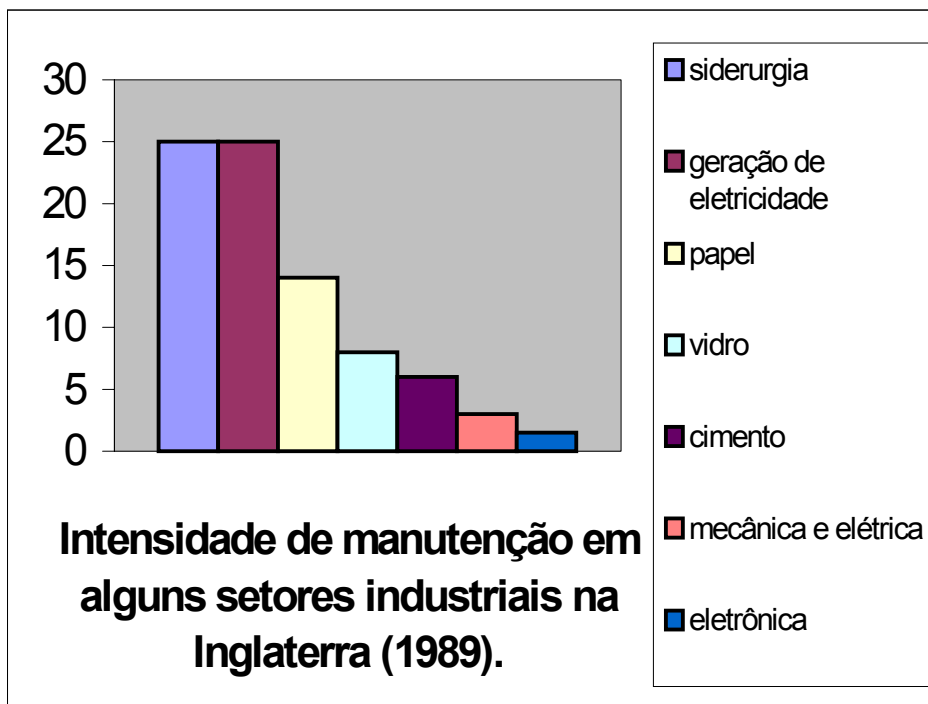
Dentre as diversas formas de ocorrência, o desgaste abrasivo tem sido considerado como o responsável por mais de 50% dos problemas industriais envolvendo desgaste.

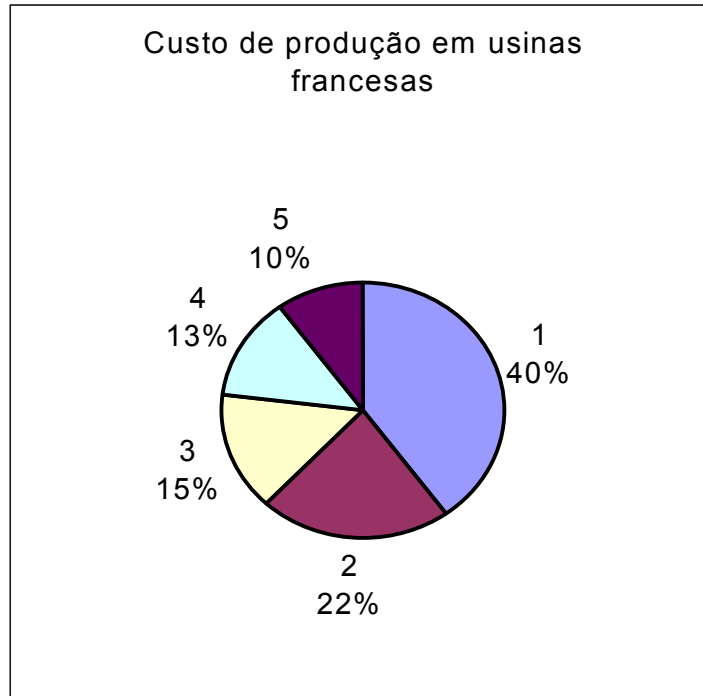
Todas as interações tribológicas estão combinadas com perda de material e perda de eficiência. O desgaste influi, sobre os custos de produção, de duas maneiras:

- Diretamente – devido às necessidades de reposição ou recuperação de peças desgastadas.
- Indiretamente – devido às necessidades de superdimensionamento de componentes, limitações na produção por causa de equipamentos deteriorados, além de interrupções muitas vezes imprevistas de linhas de produção.

Para se otimizar o comportamento ao desgaste dos materiais, é necessário conhecer os mecanismos de desgaste e seleção de materiais apropriados.

EXEMPLOS:





- 1 – Matérias primas
- 2 – Custo de fabricação
- 3 – Manutenção
- 4 – Outros
- 5 – Energia



4-SISTEMAS TRIBOLÓGICOS

4.1-Introdução:

Em tecnologia, o desgaste normalmente é indesejável. O fenômeno “desgaste” é influenciado por um conjunto de outros fatores não inerentes ao material como: as características do abrasivo e do ambiente, a intensidade e a natureza dos esforços, assim como a variação temporal destas características.

Um tribossistema genérico consiste em duas superfícies com movimento relativo (corpo e contra-corpo), um meio entre estas duas superfícies e o meio ambiente.

Existem quatro formas elementares de movimento em sistemas tribológicos (ou combinação entre eles) : deslizamento, laminação, impacto e fluxo (escoamento). Parâmetros operacionais físico-técnico durante um processo de desgaste, são definidos por quatro variáveis:

- Força normal
- Velocidade
- Temperatura
- Duração do processo

4.2-Sistemas técnicos em que ocorre desgaste

Sistemas tribológicos sujeitos a processos de desgaste exigem o preenchimento de várias funções. As funções principais estão na tabela 1 e levam em conta as aplicações técnicas fundamentais.

4.3-Variáveis operacionais de um processo de desgaste

As variáveis operacionais de qualquer processo de desgaste são determinadas por:

- modalidade do movimento e mudança do movimento em função do tempo;
- parâmetros técnico-físicos operacionais

4.4-Modalidade de movimento e variação com o tempo

As modalidades de movimento que ocorrem durante o processo de desgaste podem ser classificadas em quatro, ou na combinação entre elas:

- deslizamento
- rolamento
- impacto
- fluência

Elas podem ser contínuas ou variar com o tempo.

Nos casos de movimento de rolamento com superposição de componentes macroscópicos de deslizamento (macro deslizamento), utiliza-se o termo rolamento com escorregamento.

Nos casos de movimento rotativo, os elementos de superfície em contato se movem a velocidades relativas diferentes.

4.5-Parâmetros operacionais técnico-físicos

Os parâmetros operacionais técnico-físicos em processos de desgaste são definidos por intermédio de quatro variáveis:

- carga normal F_n
- velocidade V
- temperatura T
- duração da operação t_B

A temperatura T é a referente ao estado de equilíbrio térmico do sistema tribológico, em consideração, completo. Onde houver equilíbrios térmicos, isto é, onde o corpo e o contra-corpo estiverem a temperatura diferentes, diversas temperaturas ou funções de temperatura devem ser introduzidas nos cálculos, onde for necessário.

A duração da operação t_B representa o intervalo de tempo durante o qual as tensões tribológicas, que provocam desgaste, estão ativas. A distância de desgaste pode ser calculada a partir da duração de funcionamento t_B e da velocidade V .

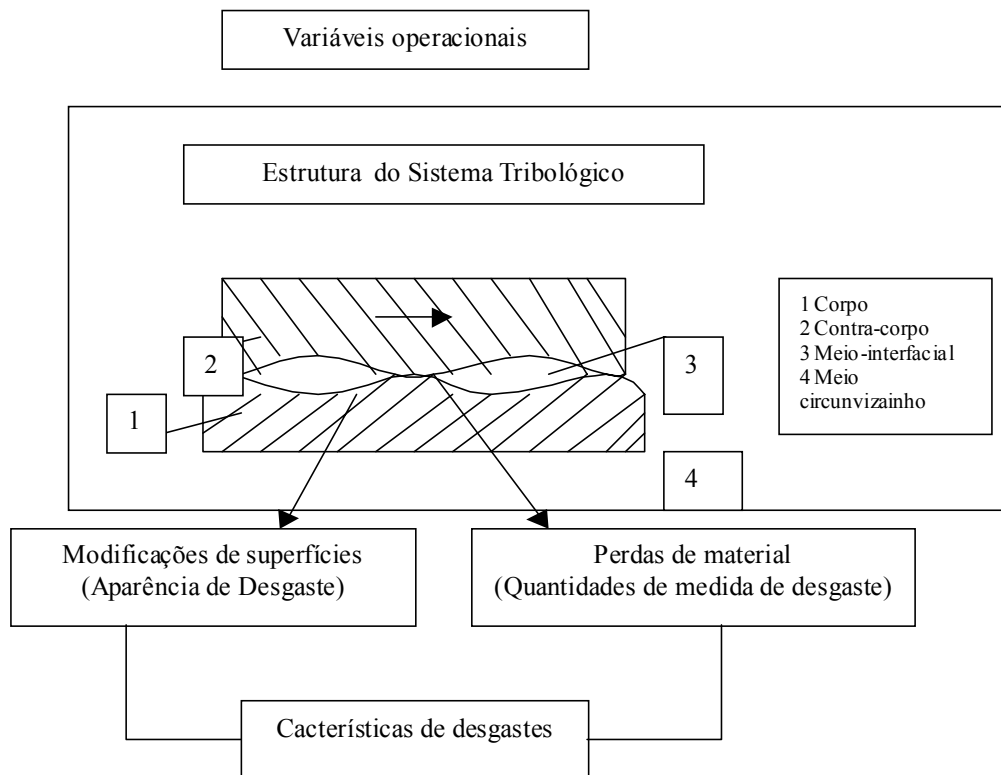
Além das variáveis operacionais mencionadas, necessárias para estabelecer a função técnica do sistema tribológico, distúrbios adicionais como vibrações mecânicas externas ou efeitos de irradiação, podem influenciar o processo de desgaste. Ocorrendo qualquer distúrbio dessa natureza, deve ser levado em consideração separadamente.

4.6-Estrutura de sistemas tribológicos:

A estrutura de um sistema tribológico se caracteriza pelos componentes do material participante dos processos de desgaste, suas propriedades tribológicas e suas interações.

4.7-Elementos

Normalmente, são quatro os materiais envolvidos em processo de desgaste, isto é, os elementos (1), (2), (3) e (4). Ver desenho 1.



Desenho 1

4.8-Propriedades dos elementos

Todo processo de desgaste é influenciado, entre outros fatores, por um número de propriedades dos elementos e de sua magnitude, bem como pela forma. As propriedades do corpo (1) e contra-corpo (2), bem como as modificações sofridas sob ação tribológica, são muito importantes. É preciso levar em conta o fato de todos os materiais possuírem uma estrutura lamelar perpendicular à superfície (consistindo de, por exemplo, um metal, uma camada de adsorção, uma camada de óxido, uma camada encruada e material básico).



4.9-Interação de elementos

As interações tribologicamente relevantes entre os elementos, juntamente com variáveis operacionais, especialmente interações entre corpo e o contra-corpo, causadoras de desgaste, podem ser descritas como:

- condições de contato
- condições de fricção
- mecanismo de desgaste

4.10-Características de desgaste

A análise sistemática de um processo de desgaste demonstra que, quando este ocorre num sistema tribológico, é resultado do efeito de variáveis operacionais na estrutura do sistema, e pode ser escrito por características de desgaste específicas do sistema. Portanto, de forma simbólica:

- características de desgaste = f (variáveis operacionais da estrutura do sistema).

Exemplo :

Sistema Válvula de Gaveta.

Propriedades e Mecanismos de desgaste das Placas Refratárias

O princípio do sistema válvula de gaveta consiste no deslizamento de uma placa refratária móvel em relação a uma placa fixa, cada uma delas dotada de um furo do mesmo diâmetro.

Basicamente o sistema conta com os seguintes componentes:

- Parte mecânica
- Composição refratária
- Montagem refratária

Em relação ao sistema convencional, apresenta as seguintes vantagens: redução de acidentes, mão-de-obra, e esforço humano; automatização; utilização de temperaturas mais altas; maior tempo de lingotamento; fácil controle da velocidade de lingotamento; e vantagens metalúrgicas.

Mecanismos de desgaste

Fazendo-se uma análise sobre as causas de desgaste das placas deslizantes, nota-se uma concordância a respeito de existência de mecanismos que causam:

- Deterioração da textura devido ao choque térmico: incidência de trincas radiais em volta do furo da placa; descascamento de superfície deslizante; e queda de material refratário das regiões próximas ao furo.
- Corrosão por ataque químico sobre as superfícies em contato com o aço em movimento e ocasionalmente ataque por escória: aumento do diâmetro do furo ou da superfície deslizante.
- Erosão mecânica pelo jato de aço: aumento do diâmetro do furo; e desgaste da superfície deslizante.
- Lascamento acelerado devido às freqüentes aberturas e fechamentos.



5-ANÁLISE DOS PROCESSOS DE DESGASTE

5.1-Introdução:

Os engenheiros sempre fazem de tudo para garantir a confiabilidade e a durabilidade das máquinas que projetam. No entanto, as avarias ocorrem ora de maneira aleatória, ora de maneira repetitiva.

Suas consequências são muito diversificadas: vão da simples substituição da peça deteriorada até a imobilização completa da máquina em questão, com todos os custos que isso acarreta. Há ainda avarias que podem até mesmo provocar graves acidentes para os operários. Em todos os casos, evidentemente, a imagem do fabricante fica prejudicada.

Depois de uma ocorrência dessa natureza é essencial proceder a uma análise da avaria para evitar sua repetição.

5.2-TERMOS

5.2.1 Tipos de desgaste

É possível subdividir o processo de desgaste de acordo com o tipo de ação tribológica e as substâncias envolvidas nos diferentes tipos de desgaste.

5.2.2 Mecanismos de desgaste

Mecanismos de desgaste são os processos físicos e químicos que ocorrem durante o desgaste.

5.2.3 Aparência de desgaste

Aparência de desgaste significa as modificações provocadas pelo desgaste na camada superficial de um corpo, bem como o tipo e a forma das partículas desgastadas.

5.2.4 Quantidades de medida de desgaste

As quantidades de medidas de desgaste (caracterização quantitativa de desgaste) caracterizam direta ou indiretamente as modificações na geometria ou na massa de um corpo, em consequência de desgaste.

5.3- ANÁLISE SISTEMÁTICA DO PROCESSO DE DESGASTE

Na engenharia, o desgaste ocorre em componentes cuja função técnica acarreta tensões tribológicas. Em contraste com as propriedades mecânicas, como resistência à tração, resistência à compressão, etc., que podem ser consideradas propriedades relacionadas ao material, o desgaste que ocorre sob a ação tribológica resulta da combinação de todas as partes de uma estrutura técnica envolvida no processo de desgaste, e, portanto, só pode ser descrita como característica de desgaste “relacionada a sistema”.

Para a análise sistemática de um processo de desgaste, os componentes e as substâncias que participam diretamente do processo devem ser separadas conceitualmente das outras partes do equipamento técnico considerado. Os componentes e as substâncias que participam diretamente do processo de desgaste são denominados **elementos** do sistema tribológico.

Esses elementos, conjuntamente com as propriedades “tribologicamente relevantes” e as “interações” mútuas, formam a **estrutura do sistema tribológico**.

Os valores de operação que agem sobre os elementos do sistema tribológico externamente constituem as **variáveis operacionais**.

A perda de material que ocorre por ação das variáveis operacionais na estrutura do sistema tribológico é descrita como **característica de desgaste**.

A análise sistemática do processo de desgaste consiste nas seguintes etapas:

1. Caracterização da finalidade técnica do sistema tribológico;
2. Compilação das variáveis operacionais;
3. Descrição da estrutura do sistema tribológico, consistindo de:
 - a) elementos envolvidos no processo de desgaste,
 - b) propriedades relevantes dos elementos,
 - c) interação dos elementos.

Como os processos de desgaste são sempre processos dinâmicos e dependentes de tempo, análise sistemática tem de ser, ainda, subdividida em:

- estado inicial
- período de funcionamento
- estado final

As variáveis operacionais e os elementos materiais (estrutura) determinam o comportamento de desgaste do sistema tribológico e proporcionam a base para uma escolha adequada de métodos de oposição ao desgaste, conjuntamente com o projeto da estrutura.

A figura 1 a seguir resume estas etapas.

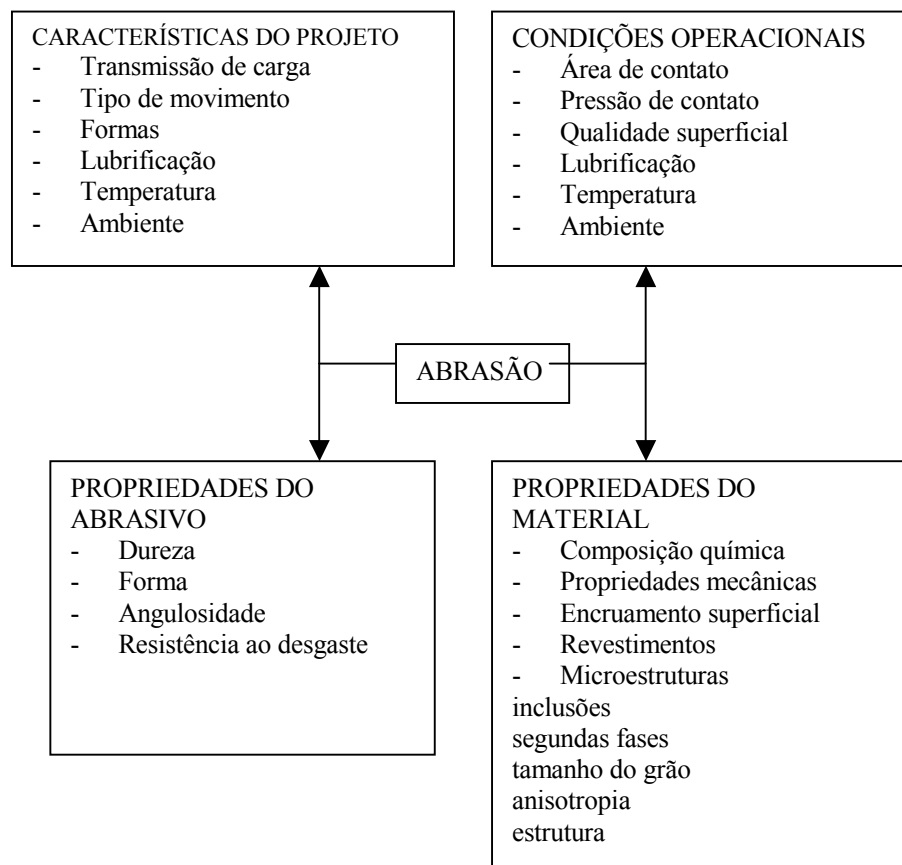


Figura 1



Spectru Instrumental Científico Ltda

Divisão Metalurgia / Processos

EXEMPLO:

Uma das 16 pás de ventilador axial sofreu ruptura sem deformação

Natureza da avaria – Ruptura, em serviço, de uma das 16 pás de um ventilador axial de aspiração de ar fresco, depois de 2200 horas de funcionamento, a cerca de 500 rpm.

Material – A pá é feita de alumínio A-SGTO, 3 Y 23 (NF A 57-702). Trata-se de uma peça fundida em areia, temperada e revenida para Rm a 240 M Pa, Rp 0,2 = a 180 M Pa, A =2%.

Análise morfológica - A ruptura produziu-se sem deformação, segundo um plano perpendicular ao eixo da pá, um pouco além da metade de seu comprimento R. A face da ruptura é granulosa e apresenta depósitos enegrecidos no nível da borda de ataque e do lado exterior do dorso. Na região da borda de fuga, nota-se uma zona de aspecto mais fibroso.

Exames complementares por microfratografia – Foram visualizadas estrias e fissuração progressiva de fadiga na zona granulosa. Perto da parte exterior do dorso foram observadas desagregações planas muito lisas, sugerindo o primeiro estágio da propagação, por deslizamentos.

Exames por raios X e macrografia – Porosidades alongadas de classe 3 (segundo a ASTM E 155) foram detectadas.

Exame por micrografia - A estrutura da liga pareceu sem maiores defeitos graves, mas notaram-se fissuras no exterior do dorso segundo uma geometria bem precisa, associada à cristalografia dos grãos em questão. Deve-se comparar com os resultados dos exames complementares de microfratografia: trata-se de desagregação por fadiga.

Exame por ensaios de tração – Foi medido Rm = 250 M Pa, Rp 0,2 = 210 M Pa, A = 5%, o que é satisfatório.

Comentários

Causa da avaria – Fissuração de fadiga sob o efeito de vibrações de flexão geradas em serviço, eventualmente favorecida pela ação de fenômenos corrosivos mais intensos na parte externa do dorso e pela presença de porosidades internas.

Solução – Diagnosticar a fonte das vibrações críticas e diminuir sua intensidade. Melhorar a sanidade interna do fundido.



6-CLASSIFICAÇÃO DE FENÔMENOS DE DESGASTE

Devido à complexidade dos processos de desgaste, torna-se muito difícil tentar uma classificação logicamente consistente de fenômenos de desgaste. A classificação com base nas condições de fricção (item 6.1) permitirá cobertura de apenas alguns fenômenos.

Com base nos tipos de desgaste (item 6.2) é possível estabelecer uma classificação conforme o tipo de ação tribológica, como se faz na prática, e com base nos mecanismos de desgaste (item 6.3) obtém-se uma classificação de acordo com processos fundamentais elementares.

6.1 - CONDIÇÕES DE FRICÇÃO

De acordo com a norma DIN 50821, a condição de atrito (fricção) existente em um sistema tribológico é caracterizada do seguinte modo:

- Atrito sólido
- Atrito marginal
- Atrito misto
- Atrito fluido (hidrostático, hidrodinâmico, elasto-hidrodinâmico).

Obs.: Como resultado do atrito, uma parte da energia introduzida no sistema tribológico para produzir movimento é convertida em outras formas de energia, principalmente calor. A energia de atrito convertida no interior das superfícies de contato, se distribui entre os elementos do sistema tribológico aumentando a “temperatura média” e a “temperatura interfacial”.

6.2 - TIPOS DE DESGASTE

Quando a classificação se baseia em analogias com a terminologia da resistência de materiais, isto é o desgaste sendo classificado conforme o tipo de ação tribológica, é possível distinguir vários tipos de desgaste, de acordo com a ação tribológica (especialmente a cinemática) e a estrutura do sistema. É preciso lembrar que vários mecanismos de desgaste podem estar envolvidos em todos os processos (ver item ...), de modo que mesmo diante de um tipo particular de desgaste a aparência deste poderá assumir várias formas. A tabela III apresenta os principais tipos de desgaste, que podem ser produzidos pelos vários tipos de ação tribológica, juntamente com a indicação dos mecanismos de desgaste envolvidos em cada caso.

Os diversos tipos e mecanismos de desgaste podem ocorrer de forma combinada, em função da ação tribológica e dos materiais envolvidos no desgaste. Em tais casos torna-se difícil classificar casos práticos de desgaste usando a tabela III.

Obs.: A) Com o intuito de simplificar, usam-se na tabela apenas os termos sólido, líquido e gás. Em casos reais de desgaste seria preciso especificar, mais precisamente a “dupla” responsável pelo desgaste, fornecendo dados precisos dos materiais e da natureza do movimento que produz a ação tribológica.

B) Onde há separação total do corpo em relação ao contra-corpo por um meio interfacial, líquido ou gasoso (por ex.: lubrificação hidrodinâmica ou elasto-hidrodinâmica), desgaste por adesão ou abrasão não costuma ocorrer; entretanto, outros, como fadiga de superfície ou reações triboquímicas, podem estar presentes.

6.3 - MECANISMOS DE DESGASTE

Os mecanismos de desgaste resultam do efeito das variáveis operacionais sobre os elementos do sistema tribológico, e assumem a forma de energia e interações de materiais entre corpo e contra-corpo, sujeitos a influência do meio interfacial e do meio circundante.



Com base nos conhecimentos existentes, devem ser destacados quatro tipos principais de mecanismos de desgaste:

- **Adesão**

Formação e ruptura da união adesiva interfacial(por ex.: junções soldadas a frio, desgaste por roçamento).

- **Abrasão**

Remoção do material mediante o processo de raspagem(processo de micro-corte).

- **Fadiga de superfície**

Fadiga e formação de trincas em regiões superficiais devido a ciclos tribológicos de tensão, resultando em separação de material(por ex.: *pitting*).

- **Reações triboquímicas**

Desenvolvimento de produtos resultantes de reações químicas efetuadas entre o par de desgaste e o meio interfacial.

Obs.: A) *Quando ocorrem perdas de material durante um processo de desgaste, não somente na forma de partículas de desgaste, mas também em forma “molecular”, por difusão, evaporação ou sublimação, este fato é denominado “sublimação tribológica”.*

B) *Além dos mecanismos principais de desgaste em sistemas técnicos especiais, por exemplo, contatos elétricos, outros processo de avaria poderão aparecer, sendo resultantes, por ex., do fluxo de corrente elétrica, ou do superaquecimento local na área de contato.*

C) *Em casos práticos particulares, os mecanismos principais de desgaste poderão ocorrer individualmente, ou alternar-se quando houver mudanças nas variáveis do processo ou na estrutura do sistema tribológico, ou poderão ocorrer simultaneamente. Em casos assim, é geralmente possível prever o comportamento total de desgaste pela superposição dos mecanismos individuais de desgaste conhecidos.*

As formas principais de aparência de desgaste em superfície sob tensão estão representadas na tabela 2 abaixo.

TABELA – 2

FORMAS TÍPICAS DE APARÊNCIA DE DESGASTE PARA OS PRINCIPAIS MECANISMOS DE DESGASTE.	
Mecanismo de desgaste	Formas de aparência de desgaste
Adesão	<i>Raspagens, furos, bossa, flocos, transferência de material</i>
Abrasão	<i>Riscos, estrias, sulcos, estriagens</i>
Fadiga de superfície	<i>Trincas, pites</i>
Reações triboquímicas	<i>produtos de reação (camadas, partículas)</i>

**TABELA – 3 : classificação dos fenômenos de desgaste (DIN 50.320)**

Estrutura do sistema	Ação tribológica	tipos de desgaste	Mecanismo efetivo(individual ou combinado)			
			Adesão	Abrasão	Fadiga superf.	Reações trib.
sólido/fluido interfacial/ sólido	deslizamento impacto laminação	#			X	X
sólido/sólido com lubrificação ou não	deslizamento	desgaste por deslizamento	X	X	X	X
	laminação	desgaste por laminação	X	X	X	X
	impacto	desgaste por impacto	X	X	X	X
	oscilação	desgaste por atrito	X	X	X	X
sólido/partículas sólidas	deslizamento	Abrasão por deslizamento		X		
	deslizamento	Abrasão por deslizamento (com 3 corpos)		X		
	rolamento	Abrasão por rolamento(com 3 corpos)		X		
sólido/fluido c/ partículas	fluxo	erosão por partículas		X	X	X
sólido/gás com partículas	fluxo	erosão por fluido		X	X	
	impacto	desgaste por impacto de partículas		X	X	X
sólido/fluido	fluxo com oscilação	cavitação do material, erosão c/ cavitação			X	X
	impacto	erosão por queda			X	X



7-DEFINIÇÕES DOS DIFERENTES TIPOS DE DESGASTE

As formas mais comuns de desgaste encontradas nas indústrias são :

- Adesivo ;
- Fadiga ;
- Abrasivo ;
- Erosivo ;
- Por fricção ;
- Por cativação ;
- Por reação triboquímica .

Cada tópico abaixo nos dará uma noção sobre cada item já apresentado:

DESGASTE ADESIVO

É quando as superfícies em contato são removidas por cisalhamento devido ao atrito e os resíduos do desgaste se juntarão ao desgaste. Esses resíduos formam uma fina camada que endurece durante o atrito, de modo que o contato pode iniciar altamente elástico.

DESGASTE POR FADIGA

Ocorre em componentes submetidos a rolamento de contato. Este tipo de desgaste é atribuído a carregamentos cíclicos de duas superfícies em contato mútuo e usualmente ocorre sem perdas progressivas de material. Quando na temperatura ambiente é chamado de fadiga de contato ou de superfície e quando ocorre a temperaturas acima de 100°C é chamado de fadiga térmica.

DESGASTE POR ABRASÃO

É resultado de uma interface atritando que pode apanhar restos de desgaste ou areia e/ou pó do ambiente circunvizinho. Ou seja, ocorre quando o material é removido da superfície do componente pela ação de corte ou goivagem de partículas duras ou pelo rolamento de metal contra metal. A taxa de desgaste depende do grau de penetração da partícula na superfície do componente e é também proporcional a dureza do mesmo.

DESGASTE EROSIVO

É um efeito do meio ambiente. Este tipo de desgaste resulta do impacto de partículas sólidas ou gotas líquidas sobre a superfície do componente. Estas partículas são carregadas em meio fluido, geralmente a altas velocidades. A taxa de erosão depende da energia cinética das partículas.



DESGASTE POR FRICÇÃO

Ocorre sempre que houve um movimento relativo entre superfícies, ocasionado o atrito, que pode ser uni-direcional ou recíproco. Quando a interface suporta um movimento, oscilatório de pequena amplitude, ocorre perda de material, o que é conhecido como fricção.

DESGASTE POR CAVITAÇÃO

Esta associado à forma e explosão de bolhas gasosas em correntes de fluidos, na interface líquida/superfície sólida devido a variações súbitas de pressão.

DESGASTE POR REAÇÃO TRIBOQUÍMICA

Acontece onde ocorre a formação de produtos de reação, como resultado da interação entre os elementos do sistema de desgaste iniciada por ação tribológica.

8-Bibliografia

- 1- Handbook of tribology – McGraw-Hill B. Bhushan, B. K. Gupta
- 2 – Seleção de materiais resistentes ao desgaste Santos, Nilson J.
- 3 – Tese apresentada na Unicamp como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de doutor em engenharia mecânica. José Ângelo Rodrigues Gregório
- 4 – Revista Metalurgia e Materiais (ABM) vol. 53 n ° 470 outubro/97