

INTRODUÇÃO

O controle de qualidade de um produto metálico pode ser:

- dimensional;
- estrutural.

O controle dimensional é aquele que se preocupa em controlar um determinado produto, acabado ou semi-acabado, quanto às suas dimensões físicas. Este campo é denominado de Metalogia. Já o controle estrutural preocupa-se com o material que forma a peça, sua composição, propriedade, estrutura, aplicação, etc. assfifica-se em:

- ensaios físicos e mecânicos;
- análise química;
- exame metalográfico.

Os ensaios físicos e mecânicos visam determinar valores numéricos características físicas que identificam as propriedades físicas e mecânicas do material. Eles podem ser destrutivos e não-destrutivos.

A análise química determina quais são os elementos e em que proporção estão presentes no material em estudo.

O exame metalográfico, ou mais genericamente a Metalografia, tem o objetivo relacional a estrutura íntima do material às suas propriedades físicas, ao processo de fabricação, ao desempenho das suas funções (à sua aplicação), etc. Este campo se subdivide em macrografia e micrografia.

MACROGRAFIA E MICROGRAFIA

A macrografia consiste no exame do aspecto de uma superfície planaccionada de uma peça ou amostra metálica, devidamente preparada e atacada por reagente adequado, à vista desarmada (a olho nu) ou utilizando-se uma lupa. Por intermédio tem-se uma idéia de conjunto referente à homogeneidade do material, distribuição e natureza de falhas, impurezas e ao processo de fabricação. Em outras palavras, a macrografia se presta na verificação de: heterogeneidade cristalina (ou variação estrutural), heterogeneidade química (devido à segregação de certos elementos químicos presentes no material) e heterogeneidade mecânica (devido à presença de tensões introduzidas no material).

A aplicação mais acentuada da macrografia se dá nos aços. As heterogeneidades mais comuns nos aços são as seguintes:

- vazios, causado pelo resfriamento irregular;
- segregação, originada pelas impurezas e outros componentes de liga;
- dendritas e formação de grãos de vários tamanhos;
- trincas, devido à tensões excessivas no resfriamento.

A micrografia consiste no estudo dos produtos metalúrgicos, em sec-

do-se um microscópio, permitindo observar e identificar a granulação do material, a natureza, forma, quantidade e distribuição dos diversos constituintes ou de certas inclusões, etc. É de extrema utilidade na metalurgia.

CAPÍTULO II - A MICROSCOPIA E O MICROSCÓPIO METALOGRAFICO

1. INTRODUÇÃO

A microscopia é uma técnica largamente utilizada pela Metalografia, visando tornar possível a identificação de detalhes não observáveis a olho nu ou mesmo com o auxílio da lupa. Utiliza o microscópio.

2. COMPONENTES DO MICROSCÓPIO

O microscópio metalográfico a ser estudado neste trabalho é o tipo ótico. Ele é composto basicamente, das seguintes partes:

- elementos mecânicos
 - estativa
 - platina
 - tubo de encaixe
 - focalização
 - macrométrica
 - micrométrica
 - revolver porta-objetivas
- elementos óticos
 - objetivas
 - oculares
 - plano ótico-prisma
- iluminador
 - lâmpada (fonte de luz)
 - condensador
 - diafragma de abertura
 - diafragma de campo
 - filtros
- acessórios
 - retículos
 - tela de projeção

2.1. Elementos mecânicos

Compõe-se de um conjunto de peças mecânicas de precisão com a finalidade de posicionar, deslocar e focalizar a amostra.

a) Estativa: é o suporte ou a base do aparelho, de construção sólida e pesada para evitar vibrações. Sustenta os demais elementos mecânicos, óticos e fotográficos.

b) Platina: pode ter formato circular ou quadrado, onde se deposita a amostra para observação. Geralmente contém um dispositivo deslizante de-

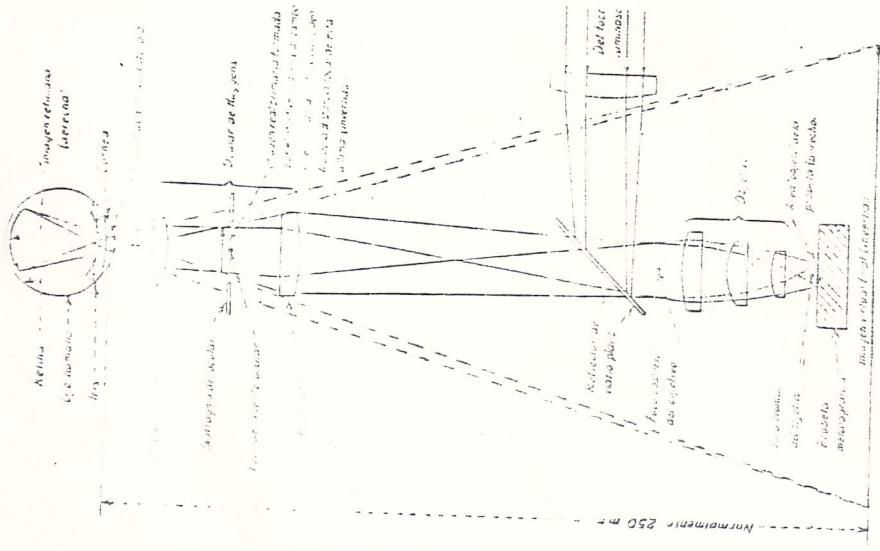
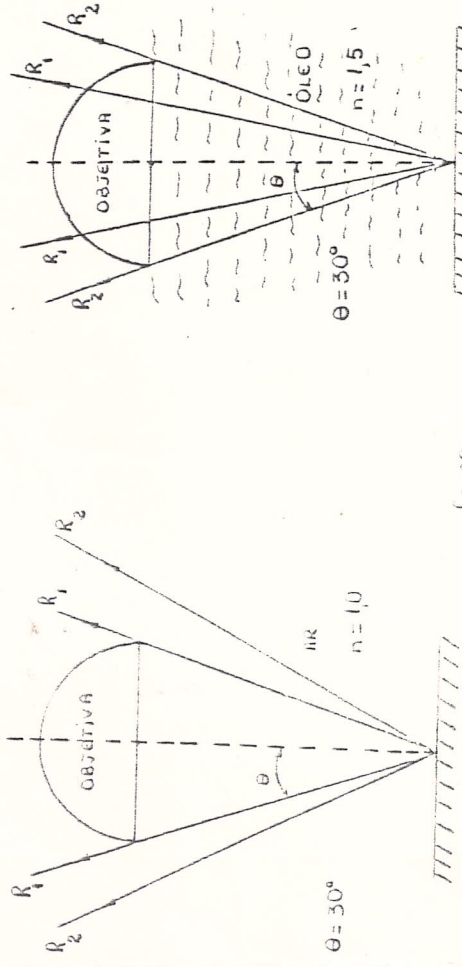


fig 01

Esquema do funcionamento do microscópio metalúrgico composto, com o traçado de los raios a nível do sistema óptico desde el objeto a la imagen virtual final



tida (ou Le Chatelier) e de observação direta.

e) Tubo de encaixe: é um tubo cilíndrico metálico que vai desde o encaixe da ocular até o revólver porta-objetivas. Seu comprimento, que é denominado de comprimento mecânico, é responsável pelo descompasso ótico do aparelho, sendo, pois, a sua observação condição indispensável para o pleno aproveitamento de suas qualidades óticas. Pode ser de 160mm, 170mm ou uma outra medida. Este tubo pode ser tanto monocular como binocular.

d) Focalização: consiste em um sistema mecânico de precisão composto de cremalheira e pínhão. A focalização macrométrica ou grosseira permite variar a distância entre a amostra e a objetiva; a micrométrica ajusta com precisão o tubo de encaixe, tendo geralmente um curso de deslocamento máximo de 2mm.

e) Revólver porta-objetiva: é um tambor rotativo com 4 ou 5 orifícios providos de rosca nos quais são alojadas as objetivas, que devem sempre ser colocadas em ordem crescente de aumentos.

2.2. Elementos óticos

São os responsáveis diretos pela formação da imagem.

O princípio de formação da imagem é, simplificadaamente, o seguinte: a objetiva gera uma imagem de um detalhe do objeto (amostra) analisado, um determinado número de vezes maior do que o seu tamanho real; para a ocular, esta imagem, que é real, funcionará como objeto, que será ampliada mais um determinado número de vezes, obtendo-se, assim, a imagem final desejada que é virtual e invertida.

A fig. 1 ilustra o que acabamos de descrever.

a) Objetiva: é um sistema ótico construído com quatro, seis ou mais lentes superpostas. Além de fornecer a imagem ampliada, procura corrigir também as aberrações óticas (imperfeições na propagação do feixe luminoso).

De acordo com as características, principalmente em relação à CA, pode ser classificado em:

- acromática (H)
- apocromática (HF)
- apocromática para observação em campo claro e escuro (HEE)
- apocromática para observação em imersão em óleo.

2 As objetivas apresentam, dentre outras, as seguintes características: ampliação, abertura numérica, poder de resolução (ou qualidade de reprodução da imagem).

a.1.) Ampliação (ou aumento) é a capacidade que tem a objetiva de ampliar o objeto em análise. Variam de 1X até 100X.

a.2.) Abertura numérica (AN) é o poder da lente da objetiva de recolher a luz. É traduzida matematicamente pela expressão seguinte:

onde: n - representa o índice de refração do meio que separa o objeto da objetiva;
 θ - metade do ângulo de abertura da objetiva.
O valor de AN vem gravado no campo da objetiva.

A Fig. 2 mostra o sentido físico do AN da objetiva.
2 a.3.) Poder de resolução da objetiva, bem como de todo o sistema ótico, é definido como sendo a capacidade de uma lente de fornecer detalhes de um objeto com precisão ou a menor distância entre dois pontos que se consegue definir com nitidez.

A expressão matemática seguinte permite determinar o valor de d_r , ou seja, a menor distância entre dois pontos que se consegue definir com nitidez.

$$d_r = \frac{\lambda}{2(AN)}$$

onde: λ - comprimento de onda (em Angström - Å) da luz utilizada na observação;
AN - abertura numérica da objetiva utilizada.
Quanto menor o valor de d_r , maior é o poder de resolução.

Assim, podemos dizer que o poder de resolução cresce com o aumento de AN e com a diminuição de λ .

b) Ocular: é um sistema ótico formado por um conjunto de lentes cujo papel é ampliar a imagem gerada pela objetiva. Ela fica alojada na extremidade superior do tubo de encaixe.
Assim como a objetiva, ela tem a característica de ampliação (ou aumento) do objeto, que vem gravado em seu corpo.

07
objetiva pelo aumento da ocular, desde que se respeite o comprimento mecânico do tubo de encaixe.

Ex.: Obj. = 40X

Obj. = 10X

Amic. = 40X, 10X-400X

c) Plano ótico - prisma: o iluminador do microscópio possui refletor para os raios luminosos, que pode ser um plano ôico ou um prisma.

2.3. Iluminador

É o conjunto responsável pela geração e fornecimento da luz necessária à observação microscópica.

a) Lâmpada ou fonte de luz: deve fornecer uma imagem o mais clara e brilhante possível. Pode ser do tipo arco de carvão, filamento de tungstênio, vácuo de mercúrio, arco de xenônio, etc.

b) Condensador: consiste de um sistema de lentes convergentes, cuja finalidade é concentrar e transmitir o feixe luminoso para a lente frontal da objetiva.

c) Diafragma de abertura: ajusta a abertura do condensador à abertura da objetiva correspondente.

d) Diafragma de campo: parte integrante do sistema de iluminação, usado para controlar a quantidade de luz na iluminação do objeto.

Resumindo, ambos os diafragmas são usados com o objetivo de ajustar a iluminação, visando elevar a qualidade da imagem no microscópio e na câmara fotográfica.

e) Filtros: são dispositivos que são interpostos na trajetória da luz com finalidades diversas, tais como absorção de radiação ultravioleta e infra-vermelho (que são indesejáveis), modificação da luz, polarização da luz.

A finalidade de um filtro, que absorve e transmite luz visível, é absorver as radiações indesejáveis e transmitir as desejáveis numa faixa estreita e selecionada. Tais filtros são usados primariamente para fornecer uma iluminação de qualidade, compatível com a correção correspondente à cada objetiva, assegurando uma melhor definição e resolução da imagem. O filtro verde e o filtro amarelo são aconselháveis para trabalhos com a objetiva cromática (H); o filtro azul é indicado para uso com objetiva apocromática (HF).

Uma vantagem que o filtro azul apresenta, em relação ao verde, é que o comprimento de onda da radiação azul é inferior ao verde, fornecendo uma resolução superior àquela produzida pelo filtro verde.

órios tais como retículos, telas de projeção e dispositivos fotográficos, cuja finalidade é comparar e registrar os detalhes e peculiaridades dos microconstituintes de uma estrutura.

a) Retículos: são escalas micrométricas, gravadas em uma placa de vidro ótico, geralmente circular, que são montadas no recesso da ocular. Quanto a sua aplicação, classificam-se em retículos de:

- medição: escalas de medida linear e angular
- delineamento: retículos fotográficos, delineamentos de contornos e tamanho de grãos

b) Telas: são acessórios inseridos ou acoplados ao microscópio em exame, que permitem a observação simultânea da microestrutura por dois ou mais analistas. Podem ser do tipo microprojeção ou eletrônica.

3. MICROSCÓPIO ÓTICO E MICROSCÓPIO ELETRÔNICO

Os comentários que tecemos neste trabalho se referem ao microscópio ótico, que utiliza fonte de luz com comprimento de onda da luz visível. Nestes aparelhos pode-se atingir aumentos de até 3.000X e perder de resolução da ordem de 2.000Å. Os microscópios eletrônicos trabalham com fonte de luz com comprimentos de onda inferior à luz visível, o que possibilita atingir aumentos de até 200.000X, permitindo-se atingir poder de resolução da ordem de 10Å.

4. CUIDADOS COM O MICROSCÓPIO

O microscópio é constituído com elementos óticos e mecânicos, utilizando-se materiais de alta qualidade para lhe conferir precisão e robustez. Entretanto, é um instrumento sensível, que exige cuidados razoáveis, pois caso contrário pode-se avariá-lo (danificá-lo) irremediavelmente. Os seguintes cuidados devem ser sempre observados para a adequada proteção e manutenção do aparelho:

- a) transporte - nunca transportá-lo sem uma devida proteção. Em novo ambiente é aconselhável aclimatá-lo gradativamente antes de usá-lo;
- b) proteção - quando não em uso, mantê-lo sempre coberto com sua respectiva capa de proteção, pois a poeira e a umidade poderão danificar o seu sistema ótico. Vibração do solo onde estiver instalado também deve ser evitada;
- c) elementos mecânicos - a estativa, placina e demais partes externas do aparelho podem ser limpas com uma flanela. Não aplicar qualquer substância oleosa para limpeza da parte externa, pois a mesma poderá impregnar com poeira as partes móveis, dificultando o seu acionamento. Evitar esforços excessivos nas partes móveis tais como comando da platina, parafuso macro e micrométrico.
- d) sistema ótico - é considerado a parte vital do microscópio e, como tal, deve ser considerado. A sistemática a ser utilizada é a seguinte:
 - d.1.) objetivas devem ser limpas com papel para limpeza de lente ou com um pincel soprador de pelo de camelo, tendo o cuidado de não riscar a camada anti-reflexo

d.3.) objetivas de imersão devem ser limpas com um coronete embebido em xilol, levemente para não deslocar a lente frontal. Em seguida devem ser secas com papel para limpeza;

d.4.) prismas, placas óticas, espelhos devem ser limpos com o auxílio de um soprador. Nunca tentar limpá-los por estroga para não riscar a superfície;

d.5.) fonte de luz (ou lâmpada) não deve ser tocada diretamente com os dedos, para não engordará-la.

CAPÍTULO III - A TÉCNICA FOTOGRAFICA E A FOTOMICROGRAFIA

1. INTRODUÇÃO

Após observação metalográfica, se se desejar um registro permanente para documentação do exame realizado, lança-se mão da fotografia, tanto no exame macrográfico, quanto no micrográfico. A fotomicrografia é o registro obtido acoplando-se uma máquina fotográfica ao microscópio.

O analista não necessita de conhecimentos e prática que o tornem um fotógrafo no sentido profissional, porém, para registros metalográficos de boa qualidade é necessário que se conheça a técnica de trabalho com equipamento e materiais fotográficos.

A obtenção de um registro fotográfico envolve:

- a) o processo de formação de uma imagem latente numa película foto-sensitiva, ou seja, no filme fotográfico;
- b) a transformação da imagem latente em imagem visível (revelação) e sua fixação, obtendo-se, assim, o negativo;
- c) a cópia do filme em papel, obtendo-se, assim, a fotografia, ou seja, o positivo.

O processo de revelação e cópia do filme se dá em um laboratório, denominado Câmara-escura.

2. O FILME E O PAPEL FOTOGRAFICO

A sensibilidade de um filme fotográfico é expressada através de um número, conforme norma ASA, ou então norma DIN. Quanto maior este número, maior a sensibilidade do filme.

Os filmes são encontrados em diversos tamanhos no comércio, tanto estes já padronizados, podendo ser do tipo preto-e-branco ou colorido.

Também o papel é fornecido nas mais diferentes especificações, dependendo de suas características fotográficas.

3. FATORES A SEREM OBSERVADOS PARA OBTENÇÃO DE UMA BOA FOTOGRAFIA

ever-se considerar os fatores seguintes:

- a) a amostra deve estar muito bem polida, isto é, livre de superfícies deformadas, riscos, cometas, etc;
- b) o ataque deve ser cuidadoso e homogêneo. Uma superfície muito atacada apresenta muito a obtenção de uma fotografia de boa qualidade;
- c) uma regulagem criteriosa do microscópio, o que envolve todos os dispositivos que permitam uma maior nitidez e perfeição da imagem. Desta forma, temos a considerar: filtros, diafragmas, sistema de iluminação, objetiva, ocular, dentre outros. Este é o fator fundamental a ser considerado para se adquirir uma foto de qualidade.

4. PROCEDIMENTO PARA OBTENÇÃO DA FOTOGRAFIA

4.1. No laboratório de microscopia:

- a) carregar a máquina com o filme, e acoplá-la ao microscópio;
- b) escolher o campo a ser fotografado, ou seja, o que se deseja evidenciar na estrutura representativa do todo, trincas, inclusões, tamanho do grão, etc;
- c) selecionar o tempo de exposição a que deve ficar submetido o filme. Esta tarefa apresenta uma certa dificuldade quando não se dispõe de um fotômetro; neste caso, faz-se a escolha levando-se em conta a sensibilidade do filme, a intensidade de luz, o uso ou não de filtros, dentre outros fatores;
- d) ajustar o foco;
- e) disparar a máquina;
- f) girar o filme para a exposição seguinte.

4.2. Na câmara escura, temos as seguintes etapas:

- obtenção do negativo;
- cópias em papel fotográfico.

4.2.1. Para obtenção do negativo:
 a) retirar o filme da bobina com o ambiente totalmente escuro e introduzi-lo na espiral, que, em seguida, é colocada dentro do tanque de revelação;
 b) fechar o tanque de revelação e acender a luz da câmara escura;
 c) introduzir o revelador (D-76) e marcar o tempo de revelação. Este tempo depende de fatores tais como temperatura da solução, sensibilidade do filme etc; podemos tomar como referência cinco(5) minutos. Observação: é aconselhável agitar a solução durante a revelação para se evitar deposição de partículas indesejáveis sobre o filme, o que prejudicaria a qualidade do negativo;
 d) retirar o revelador, sem abrir o tanque, e lavar o filme em água corrente;

e) introduzir a solução fixadora no tanque, deixando-a agir por cerca de dez(10) minutos. Aqui também é válida a observação do item anterior;
 f) retirar o fixador, abrir o tanque e transferir o filme para o tanque de lavagem com água corrente, onde deverá permanecer por cerca de trinta

Assim procedendo, ter-se-á obtido o negativo.

4.2.2. Para cópia em papel fotográfico:

- a) introduzir o negativo no ampliador com a parte brilhante do filme voltada para o filme; deve-se observar que, em toda a base da cópia do filme, a câmara escura será iluminada com luz vermelha, proporcionada por um filtro de segurança;
- b) ajustar o ampliador em função do tamanho da foto desejada e focalizar a imagem;
- c) colocar, com o filtro de segurança do próprio ampliador acionado, o papel fotográfico a ser impresso sobre a base do ampliador, com a parte brilhante voltada para a luz incidente;
- d) impressionar o papel, removendo-se o filtro de segurança, durante o intervalo de tempo preestabelecido. O tempo de exposição do papel, que depende fundamentalmente do negativo, é de poucos segundos. Sua determinação se faz pelo técnico de laboratório, em função de sua experiência;
- e) imergir o papel impressionado, que contém uma imagem latente, em um tanque contendo a solução reveladora (revelador DEKTOL). Sua permanência no tanque de revelação é aquela suficiente para transformar a imagem latente em imagem visível;
- f) retirar o papel revelado do tanque de revelação, e imergi-lo em um tanque com água para remoção do revelador;
- g) introduzir o papel em um tanque contendo a solução fixadora por cerca de dez(10) minutos;
- h) retirar o papel da solução fixadora e lavá-lo em um tanque com água corrente, durante cerca de trinta(30) minutos;
- i) secar as fotos em chapr secadora, apropriada para tal fim.

Nota: as observações referentes à agitação da solução mencionadas na obtenção do negativo, também se aplicam na cópia em papel.

Após esta sequência, obter-se-á a fotomicrografia desejada.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Existe uma técnica especial, que recebe o nome de cópia de contato. Utiliza-se, neste caso, um filme de formato maior, a partir de 6x9cm. A impressão se dá na relação 1x1. O processo utilizado é de sobrepor-se o negativo ao papel virgem, na câmara escura, embaixo de uma chapa de vidro (sem defeitos e limpa). Em seguida, procede-se à exposição, utilizando uma fonte de luz simples, com controle de tempo e exposição. Ao final, o papel é revelado, obtendo-se a impressão de modo rápido e simples.

Normalmente emprega-se o processo em preto-e-branco nos laboratórios metalográficos. O processo de imagem em cores é usualmente confiado a laboratório especializado, levando-se em consideração que é um processo complexo e en-