

# Capítulo 6

## Metalografia

---

**P**odemos definir metalografia como o estudo das características estruturais ou da constituição dos metais e suas ligas, para relacioná-los com suas propriedades físicas, químicas e mecânicas.

Para conseguirmos a relação entre estrutura observada a olho nu, com lupa ou microscópio, e as propriedades mecânicas, devemos seguir uma linha definida de procedimentos, que chamaremos de ensaios metalográficos, que podem ser macrográficos ou micrográficos.

Pelas análises macrográficas e micrográficas é possível a determinação de diversas características do material, até mesmo a determinação das causas de fraturas, desgastes prematuros e outros tipos de falhas.

---

**Figura 6.1**

Microscópio para metalografia.



ASTRID & HANNES-FRIEDER MICHLER SCIENCE PHOTO LIBRARY / LATINTOCK

## 6.1 Macrografia

A macrografia consiste no exame do aspecto de uma peça ou amostra metálica, segundo uma seção plana devidamente polida, chamada corpo de prova. Pela macrografia obtemos informações de caráter geral, como a homogeneidade do material da peça, a distribuição e quantidade de certas impurezas, processos de fabricação etc. Para fazermos a análise macrográfica, precisamos preparar um corpo de prova com base no objeto a ser analisado.

### 6.1.1 Preparação dos corpos de prova para macrografia

A preparação dos corpos de prova seguem os seguintes critérios:

#### Escolha e localização da seção a ser estudada

É feito um corte transversal, se o objetivo é verificar:

- existência de materiais depositados;
- determinação de processos de fabricação;
- tratamentos térmicos de beneficiamento superficial;
- eventuais defeitos nas proximidades de fraturas;
- vazio, causado pelo resfriamento lento.

É feito um corte longitudinal, quando o objetivo é verificar:

- se uma peça é fundida, forjada ou laminada;
- se a peça foi estampada ou torneada;
- se há solda de barras;
- eventuais defeitos nas proximidades de fraturas; e
- se há a extensão de tratamentos térmicos, superficiais etc.

#### Obtenção de uma superfície plana e polida no lugar escolhido

A obtenção da superfície compreende duas etapas:

a) Corte ou desbaste

É feito com um cortador de disco abrasivo (*cut-off*). É o método mais empregado para a amostra metalográfica, pois corta uma variedade grande de materiais. Este processo é o mais apropriado, porque deixa um bom acabamento de corte, permitindo assim que se passe para a próxima etapa, que é o lixamento, sem retirar muito material, e também evita o aquecimento, pois o corte é refrigerado constantemente.

b) Lixamento e polimento

Na preparação do corpo de prova, o lixamento da amostra é uma etapa muito importante: nessa fase devem ser eliminados os danos provocados pelo corte.

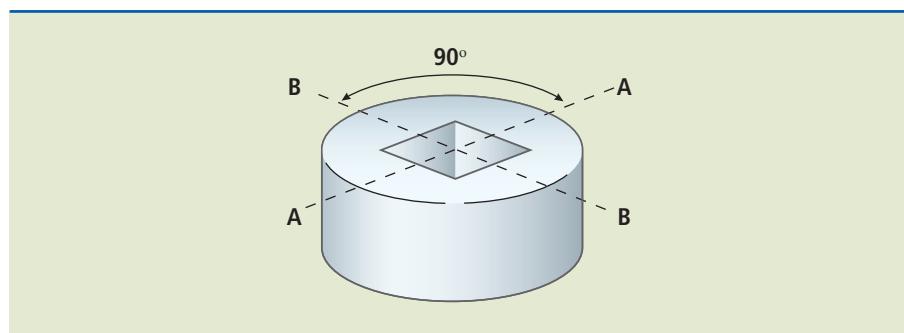


Os sulcos e riscos provocados pelo desbastamento do metal são removidos, deixando a superfície da peça mais plana ou com deformações rasas, facilmente corrigidas pela operação de polimento posterior. São utilizadas lixadeiras fixas ou lixadeiras elétricas rotativas. O lixamento também danifica a superfície da amostra, os riscos mais grosseiros são retirados com a utilização de lixas progressivamente mais finas.

O polimento é iniciado após o lixamento e é feito até que os riscos da lixa tenham desaparecido. A peça passa a ter então um aspecto brilhante e sem riscos. Depois se passa para a lixa mais fina, mudando em 90 graus a direção de polimento e prosseguindo até terem desaparecido os riscos da lixa anterior; e assim por diante, até o papel de lixa metalográfica zero. Após cada lixamento, a superfície deve ser cuidadosamente limpa, a fim de que o novo lixamento não fique contaminado com resíduos do lixamento anterior.

**Figura 6.2**

Orientação para o lixamento:  
A–A: direção do lixamento na primeira lixa;  
B–B: direção do lixamento na lixa subsequente.

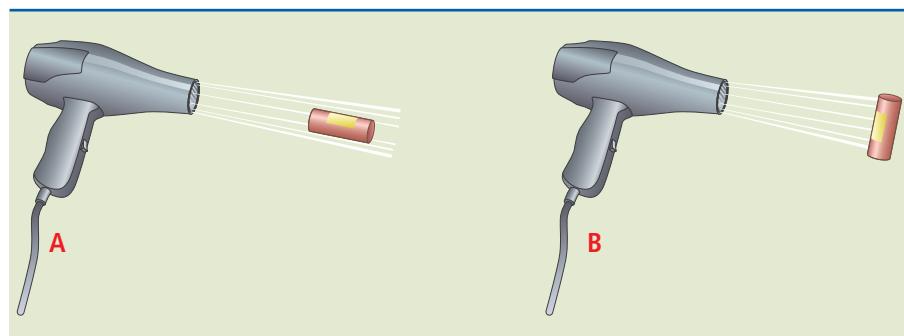


A lavagem é necessária para que se possa observar o acabamento superficial, e deverá seguir a sequência abaixo:

- limpeza em água corrente com um chumaço de algodão;
- imediata aplicação de álcool sobre a superfície molhada para a rápida evaporação da água;
- imediata aplicação de ar quente para a secagem.

**Figura 6.3**

Posicionamento do corpo de prova durante a secagem no secador:  
A) posição correta;  
B) posição incorreta.



Nesse estado já é possível observar algumas particularidades da superfície, como vazios que restam, trincas, inclusões, porosidades e soldas falhadas, contudo é indispensável submeter a superfície a um ataque com reativos químicos para pôr outras heterogeneidades em evidência.

### c) Ataque por um reagente químico

Certas regiões de uma superfície polida submetida à ação uniforme de um reativo podem ser atacadas com maior intensidade que outras. As causas mais frequentes dessa diferença de atacabilidade são diversidade de composição química ou de estrutura cristalina do material.

O contato do corpo com o reativo pode ser obtido de três modos:

- ataque por imersão, mergulhando a superfície polida em uma cuba que contém certo volume de reagente;
- ataque por aplicação, estendendo uma camada de reativo sobre a seção em estudo com o auxílio de um pincel ou chumaço de algodão, e regularizá-lo se for preciso;
- ataque pelo método de Baumann – método de impressão direta: aplica-se um papel fotográfico, convenientemente umedecido com um reagente apropriado sobre a superfície polida, assim se obtém praticamente um decalque de como os sulfuretos se distribuem.

Existem reagentes específicos para todos os tipos de ligas metálicas, que obedecem à norma ASTM E250. Os mais comuns são:

- reativo de iodo: iodo sublimado 110 g, iodeto de potássio 120 g e água 1 100 g;
- reativo de ácido sulfúrico: ácido sulfúrico 120 cm e água 1 100 cm;
- reativo de Heyn: cloreto cupro-amoniacal 110 g e água 1 120 g;
- reativo de ácido clorídrico: ácido clorídrico 150 cm e água 150 cm;
- reativo de Fry: ácido clorídrico 1 120 cm, água destilada 1 100 cm e cloreto cúprico 190 cm.

No ensaio macrográfico, em consequência da ação do reativo, podemos ver um contraste que se estabelece entre as áreas de composição química diferente ou entre as de cristalização diferente. O contraste decorre do fato de certas regiões escurecerem muito mais que outras (figura 6.4).

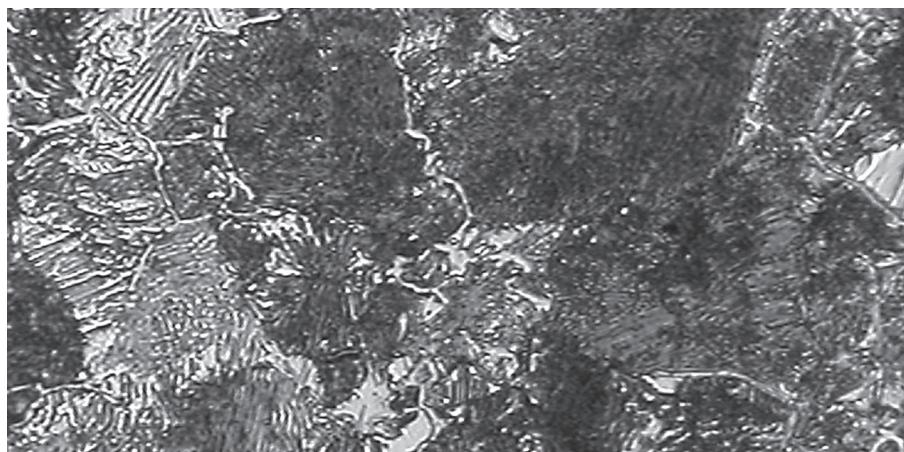


FOTO OBTRIDA EM LABORATÓRIO/UNIMEP

**Figura 6.4**

Imagen de micrografia mostra alta concentração de carbono no aço.

## 6.1.2 Micrografia

A micrografia é o estudo dos produtos metalúrgicos feito com microscópio. Para fazer uma análise micrográfica é necessário preparar um corpo de prova do objeto a ser analisado. Nessa análise são observadas características como granulação e a natureza, a forma, a quantidade e a distribuição dos diversos constituintes do material, ou de certas inclusões.

No caso de micrografia de peças grandes, costuma-se fazer a localização do corpo de prova para micrografia após o exame macrográfico. Isso porque se o aspecto é homogêneo, a localização do corpo de prova é indiferente.

### **Preparação dos corpos de prova para micrografia**

A técnica do preparo de um corpo de prova para micrografia abrange as fases a seguir.

#### *Preparação da amostra*

A amostra deve ser representativa do material da peça que se quer analisar, ou seja, a estrutura do material a ser estudado não deve sofrer alterações. Não se deve aquecer o material da amostra (acima de 100 °C), nem deformá-lo plasticamente (caso de metais moles), nem permitir a formação de novos grãos por recristalização. A área da amostra a ser examinada não deve exceder de 1 a 2 cm<sup>2</sup>, para não ter um tempo de preparação excessivo. Qualquer preparação depende do material da amostra, da técnica de lixamento e polimento.

Quando a peça é pequena, necessitamos fazer um embutimento.

#### *Embutimento*

Em micrografia é de grande importância o embutimento de amostras, pois esse procedimento permite o livre manuseio de peças pequenas. Protegidas, as eventuais arestas dos corpos de prova não rasgam as lixas nem os panos de polimento. Adicionalmente, a proteção impede o abaulamento dos corpos de prova durante o polimento (o que prejudica a observação microscópica).

No embutimento, devemos estar atentos aos seguintes itens:

- o material usado para embutimento não deve danificar a amostra;
- a pressão e o calor podem danificar ou causar modificações na amostra;
- a resina deve ser resistente aos solventes e reativos que serão utilizados posteriormente;
- usar resinas especiais para a observação de superfícies (resinas para retenção de cantos).

O embutimento pode ser:

- a frio – quando se usam resinas sintéticas de polimerização rápida;



- a quente – quando a amostra é embutida em materiais termoplásticos por meio de prensas.

#### a) Embutimento a frio com resinas

Essa técnica é aplicada na montagem de corpos de prova frágeis e de pequenas dimensões, que não resistiriam ao embutimento sob pressão. Para a montagem, utiliza-se geralmente a resina acrílica.

Depois de polimerizado, o acrílico torna-se transparente. Esse material leva algum tempo para se solidificar e resiste bem à ação do álcool, ácidos e bases em solução (figura 6.5).



MAXIMILIAN STOCK LTD SCIENCE PHOTO LIBRARY / LATIN STOCK

#### b) Embutimento a quente

Realizado sob pressão, essa técnica foi possível graças ao desenvolvimento da prensa metalográfica (embutidora), dotada de um sistema hidráulico simples. Nos modelos mais recentes, o ciclo de resfriamento é realizado por meio de fluxo de água, a fim de refrigerar e diminuir o período pós-cura. Algumas características das resinas para embutimento a quente são: baixa viscosidade, contracção, boa adesão à amostra e resistência à ação de agentes químicos.

O tempo de embutimento com resina baquelite é recomendado com, no mínimo, 15 minutos de aquecimento e mais 10 minutos de resfriamento, período necessário para que seja atingida a total solidificação da resina. A pressão exercida é de 150 kgf/cm<sup>2</sup>.

**Figura 6.5**

Acrílico leva algum tempo para se solidificar.

### *Lixamento e polimento*

A técnica do polimento para a macrografia aplica-se também à micrografia. Para a micrografia, porém, devemos tomar alguns cuidados especiais, pois a superfície será examinada em microscópio.

Quando o material a ser examinado são partículas pequenas, fazemos uso de artifícios de fixação com a baquelite e certos materiais transparentes.

Pode-se polir a peça deslizando-a suavemente sobre lixas apoiadas em superfície plana ou, então, comprimindo-a contra lixas aplicadas a discos giratórios em movimento. O polimento é continuado sobre um disco giratório de pano sobre o qual se aplica uma leve camada de abrasivo à base de óxido de cromo e/ou óxido de alumínio (alumina).

O abrasivo, que deve ter granulometria conhecida, confere ao material um grau de acabamento e planicidade que dependem principalmente do suporte (pano) utilizado: quanto mais macio, melhor o grau de acabamento; quanto mais rígido, melhor a planicidade. Por sua vez, o pano de polimento deve ter alta resistência e durabilidade. Substituí-lo constantemente pode implicar desperdício do abrasivo residual.

A superfície polida é observada ao microscópio, para a verificação das inclusões, trincas, porosidades, veios ou partículas de grafita, ou outras ocorrências já visíveis nesse estado.

---

**Figura 6.6**

Escova para limpeza e Lixa para polimento de metais..



DAN BANNISTER /SHUTTERSTOCK

### *Ataque por um reagente químico*

Uma amostra convenientemente preparada, examinada ao microscópio antes de ser atacada pelo reagente, apresenta poucos detalhes aparentes da estrutura. O método para o desenvolvimento da estrutura cristalina para exame microscópico é o do emprego de um reagente químico.

O reagente é despejado em uma pequena cuba de vidro, e a amostra é imersa na solução. Deve-se tomar cuidado para não permitir o contato da amostra com o fundo da cuba. Recomenda-se que essa operação seja realizada usando luvas ou uma tenaz, evitando segurar o corpo de prova com os dedos. Durante sua imersão na solução reagente, o corpo de prova deve ser movido rotativamente, para evitar a formação de bolsas de ar. Elas impedem o contato da superfície do corpo de prova com o metal-reagente e, como resultado, aparecem algumas áreas não atacadas.

Realizado o ataque e revelada a textura da amostra, ela deve ser lavada em água corrente, para impedir o progresso da reação, e, depois, levada ao secador.

Se o corpo de prova for atacado por esfrega da solução, deve-se friccionar rapidamente a superfície polida, pelo tempo necessário, com um tufo de algodão saturado com reagente. Decorrido o necessário tempo de ataque, deve-se lavar completamente o corpo de prova sob um jato-d'água, de modo a remover o reagente e interromper o ataque. Essa prática é absolutamente essencial: ela interrompe a ação e, principalmente, previne a formação de sais ácidos que desfigurariam a superfície. A limpeza completa sob jato-d'água quente, com a remoção da umidade por evaporação ou enxugamento cuidadoso com tecido macio, é suficiente.

Se cuidados especiais forem necessários, deve-se lavar o corpo de prova com álcool absoluto para remover a água e, então, evaporar o álcool remanescente no fluxo de ar de um ventilador.

Quando atacada e seca convenientemente, a superfície permanece muitos dias ou mesmo semanas em condições de trabalho, especialmente se for guardada em um secador munido de agente desumectante apropriado (cloreto de cálcio).

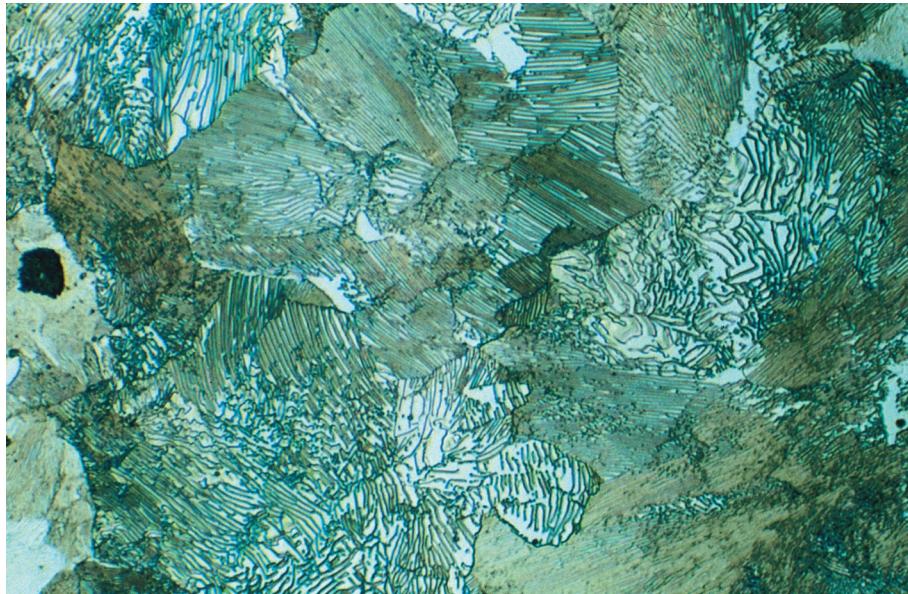
Os reativos dissolvem certos constituintes, ou certas regiões, como o contorno dos grãos, de forma superficial, tirando-lhes às vezes o brilho dado pelo polimento, ou colorindo-os diversamente ou, ainda, depositando um composto sobre eles.

- A escolha do reativo depende da natureza do material e do que queremos saber sobre ele. Os reativos empregados na micrografia são numerosos, sendo os mais usuais:
  - solução de ácido nítrico a 1% em álcool etílico – nital;
  - solução de ácido pícrico a 4% em álcool etílico – picral;
  - solução de picrato de sódio: água destilada, 100 gramas; soda a 36 graus Baumé, 25 gramas; ácido pícrico, 2 gramas (ataque oxidante por aquecimento do corpo de prova polido à temperatura aproximada de 270 °C).



Nos laboratórios metalográficos que contam com microscópios apropriados, os chamados bancos metalográficos, é possível examinar o corpo de prova e fotografar comodamente as imagens observadas. Os aspectos micrográficos costumam ser ampliados entre 50 a 1 000 vezes (figuras 6.7 e 6.8).

**Figura 6.7**



BRIAN & NAVIS BOUSHFIELD/GETTY IMAGES

**Figura 6.8**

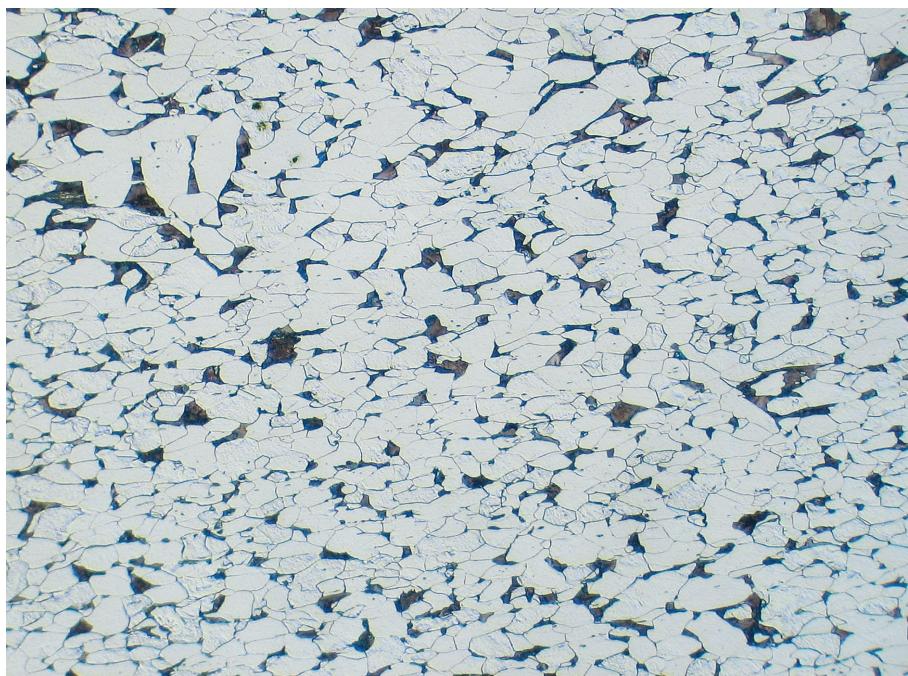


FOTO OBTIDA EM LABORATÓRIO UNIMEP