

# A UTILIZAÇÃO DA METALOGRAFIA COLORIDA NA AVALIAÇÃO MICROESTRUTURAL DO ALUMÍNIO E LIGAS <sup>(1)</sup>

*Ivaldo Assis do Nascimento* <sup>(2)</sup>  
*André Luis de Brito Baptista* <sup>(3)</sup>

## **Resumo**

O alumínio e algumas de suas ligas podem ser considerados como sendo um dos metais mais difíceis de preparar para observação metalográfica. A baixa dureza e a tenacidade do alumínio tornam-no muito susceptível à deformação durante a preparação, levando a um tempo de preparo manual entre lixamento e polimento extremamente longo, o que torna trabalhosa e cuidadosa a preparação destas ligas. No presente trabalho, mostra-se a rotina mais recomendável para preparação deste tipo de material, enfatizando a técnica de metalografia colorida.

**Palavras-chave :** Metalografia colorida; Alumínio.

<sup>1</sup> Trabalho Apresentado ao 60º Congresso Anual da ABM – Belo Horizonte, Minas Centro - 25 a 28 de Julho de 2005.

<sup>2</sup> Engenheiro Mecânico. Diretor Técnico da Spectru Instrumental Científico Ltda.

<sup>3</sup> Técnico Industrial Metalúrgico Especializado. Técnico de Ensino e Pesquisa da EEIMVR/UFF. Técnico de Suporte em Análise de Materiais da Spectru Ltda.

## 1. INTRODUÇÃO

A metalografia consiste basicamente no estudo dos produtos metalúrgicos, com o auxílio do microscópio, permitindo observar e identificar a granulação do material, a natureza, forma, quantidade e distribuição dos diversos constituintes ou de certas inclusões, etc. A técnica desenvolvida através da prática de vários anos, define a preparação metalográfica manual como sendo um trabalho laborioso, técnico e altamente artesanal.

Os estágios para a análise de um material metálico são, a preparação da superfície, ataque e observação ao microscópio. A superfície do metal polido corretamente reflete a luz de forma homogênea e não permite distinguir os microconstituintes de sua estrutura, assim para a revelação da estrutura, torna-se necessário atacar a superfície previamente polida com soluções reativas apropriadas.

O ataque químico depende do processo de oxidação e/ou redução que ocorre na superfície do corpo de prova. A superfície polida da amostra, quando submetida uniformemente à ação de soluções químicas, tem determinadas regiões atacadas preferencialmente, pois os grãos de natureza diversa, assim como os seus limites granulares, são corroídos diferentemente. A intensidade do contraste irá depender dos diferentes potenciais eletroquímicos dos microconstituintes da estrutura.

Os reagentes químicos podem ser soluções simples ou misturas complexas, a revelação decorre da ação oxidante sobre a superfície metálica. O potencial corrosivo necessário da solução é controlado pela concentração do agente ácido ou de seus componentes. Estes reagentes são geralmente compostos de ácidos orgânicos ou inorgânicos e substâncias alcalinas misturadas com solventes apropriados, tais como glicol, álcool, água, etc. Na sua quase totalidade, os reagentes para revelação das estruturas metálicas na metalografia são diluídos em soluções alcoólicas e/ou aquosas. A rápida ação ocasionada pelo ataque seletivo do reativo na amostra requer uma superfície totalmente plana da borda até o centro; isenta de riscos, manchas ou demais imperfeições; inclusões não metálicas intactas; exclusão da película deformada e absolutamente limpa. O mecanismo destes ataques consiste na oxidação seletiva porque a cadência da dissolução dos constituintes da estrutura diferem entre si, fazendo com que a corrosão seja dirigida para determinadas regiões em detrimento de outras.

Em alguns casos, quando se deseja observar estruturas contendo vários microconstituintes ou com diversificação de tamanho de grãos e/ou aumentar a seletividade, utiliza-se de reagentes para coloração da superfície atacada. O ataque é efetuado na temperatura ambiente ou à quente e o reagente deverá ser preparado por ocasião de seu uso. Os reagentes mais empregados são aqueles à base de soluções aquosas contendo ácido clorídrico. Emanuel Behara, metalurgista dos laboratórios da força aérea de Israel em Bat-Yam, desenvolveu com sucesso a adequada dosagem de reagentes a base de sulfito de potássio e ácido sulfônico, dando ênfase a metalografia colorida.

No presente trabalho mostra-se a rotina mais recomendável para preparação deste tipo de material, enfatizando a técnica de metalografia colorida.

## **2. PREPARAÇÃO METALGRÁFICA DO ALUMÍNIO E SUAS LIGAS**

### **2.1. LIXAMENTO**

A função do lixamento é de alisar a amostra e remover deformações profundas da mesma. Normalmente, isso é feito com papel de carbetto de silício, grão 180, 120 ou, às vezes até 80 ou 60. Verifica-se que nem sempre é necessário iniciar com esses papéis grossos. Eles introduzem uma deformação desnecessária e prolongam o tempo de polimento subsequente. Dependendo da área da amostra, das condições superficiais do corte e das características da liga, o lixamento pode ser iniciado com grão 220, 320, 400, ou às vezes mesmo com grão 500 ou 600. Se for escolhido um grão relativamente fino para o lixamento no plano inicial, a preparação total pode ser reduzida.

Basicamente, o lixamento consiste de 4 a 5 passes e o tempo total para cada amostra é de 1 minuto a 30 segs.

Para se obter uma deformação mínima e o acabamento mais fino possível da superfície, a pressão de trabalho deve ser a mais baixa possível, onde a carga comumente usada varia de 100 a 150N, dependendo da área da superfície.

### **2.2. POLIMENTO**

Para o polimento inicial, os procedimentos disponíveis variam desde o uso de farinha de alundum, MgO até diamante, com uma variedade de métodos diferentes. O alumínio com altos teores de silício nunca realmente criou quaisquer problemas sérios de polimento; entretanto, quanto menor a dureza das ligas, mais difíceis elas são de polir. Este problema começou a ser contornado, em alumínio de baixa liga, reduzindo-se a velocidade de rotação, usando-se um tecido duro como pano de polimento e lubrificantes oleosos. Contudo, o tempo envolvido era relativamente alto e a reprodutibilidade dependia muito da habilidade do operador individual. Além do alumínio verifica-se também que em vários outros metais não-ferrosos (macios), após o lixamento, o polimento comum com diamante 6 ou às vezes 15 microns, não apresentava resultados satisfatórios. Normalmente o abrasivo deixava a superfície da amostra com riscos profundos aleatórios, e marcas de partículas que rolavam sobre a mesma ainda eram visíveis após polimento com diamantes mais finos. Este passo de pré-polimento é na realidade o maior obstáculo na preparação desses materiais mais moles. Dois fatores são provavelmente responsáveis por isso :

- A estrutura cristalográfica e a dureza do diamante, que lhe confere a capacidade de corte superior geralmente exigida na metalografia, torna-o um meio abrasivo extremamente agressivo para materiais de baixa dureza.
- Os metais de baixa dureza são notavelmente muito susceptíveis a serem riscados e os diamantes de grão mais grosso, eventualmente devido à distribuição de tamanho das partículas, não são muito eficientes para o pré-polimento, visto que eles continuamente introduzem riscos relativamente profundos.

-  
Assim para contornar este problema, a rotina de trabalho adotada, foi executar o lixamento com lixas de granulometria cada vez mais finas, reduzindo então o tempo de preparação para alguns minutos.

Esta retificação fina com baixas pressões permite obter um acabamento superficial muito fino, que é melhorado reduzindo o fluxo de água quase a zero. Em quase todos os metais não-ferrosos, tais como Ti, W, Nb, Zr, e Mo, o acabamento superficial foi melhorado efetuando-se a retificação quase a seco. Embora isso provavelmente ajude na preparação de alguns metais puros e de baixa liga, verificamos ser impraticável para o trabalho de rotina de controle de produção, visto que é difícil monitorar uma segura reprodutível sem aquecer a amostra.

Após a retificação fina em lixa grana 4000, o polimento é feito em seguida com diamante 3 microns em um pano duro ou semi-duro, utilizando-se lubrificantes oleosos ou álcool, durante 2 a 4 minutos. As ligas mais macias e o alumínio puro, necessitam um polimento adicional em diamante 1 micron durante 2 minutos.

A carga de trabalho varia entre 100 a 150N. A lubrificação durante o polimento com diamante deve ser mantida em um mínimo. Verifica-se que quanto mais seco o pano, menos riscos ocorrem na superfície da amostra. A única explicação para esse fato até agora poderia ser de que com menos lubrificante, o diamante tem maior possibilidade de ficar aderente ao pano, ao invés de ser movido juntamente com o lubrificante, expondo mais arestas e, dessa forma, riscando a superfície. Também esse efeito foi observado em outros metais não-ferrosos.

Deve-se ressaltar que para ligas com uma maior dureza, prefere-se mais lubrificação, objetivando-se um efeito contrário ao comentado anteriormente, não sendo isto via de regra, deve-se observar a evolução do processo de polimento para julgar a quantidade de lubrificante que se deve empregar.

No caso de ligas mais resistentes (duras) o lixamento até lixas 1000 ou 1200 (SiC base água) seguida de polimento em diamante 6, 3, e 1 micron com boa lubrificação, apresentam resultados satisfatórios.

Em todo o processo de preparação (lixamento e polimento), as amostras devem ficar imersas em um becker com acetona, e após cada lixamento ou polimento, deve-se executar uma limpeza ultra-sônica durante 4 minutos para remoção das impurezas.

No polimento final, pode-se usar também o processo com diamante 1/4 de micron, porém, o MgO tem sido sempre o meio de polimento melhor e mais comumente usado para o alumínio. Embora ele tenha uma taxa de corte excelente, ele apresenta algumas desvantagens :

- A qualidade varia amplamente e nem todos os produtos são igualmente bons.
- O manuseio exige um cuidado especial que nem sempre é garantido em um ambiente de controle de produção.
- Ele tem a tendência de criar relevos.

Como substituto para o MgO, ensaiamos um meio de polimento final de SiO<sub>2</sub> coloidal, que é amplamente usado na indústria eletrônica para o polimento de pastilhas de silício. Ele apresenta algumas vantagens distintas em relação ao MgO:

- Ele é fornecido em uma suspensão coloidal, o que significa que as partículas abrasivas são mantidas em suspensão e não se precipitam.
- Mesmo quando houver necessidade de aumentar o tempo de polimento para vários minutos, o SiO<sub>2</sub> não cria um relevo significativo.
- Ele possibilita um acabamento mais brilhante que o MgO.

Ele tem um pH de 9,8 , o que torna a suspensão bastante alcalina. Para trabalhos em que o tingimento de algumas fases não é aceitável, a suspensão pode ser diluída para reduzir o pH. Entretanto, para a maioria das amostras, o SiO<sub>2</sub> pode ser usado não-diluído, o que torna os procedimentos mais reprodutíveis.

A aplicação do SiO<sub>2</sub> é a mesma que para o MgO ou para a alumina : A suspensão é despejada em um pano de polimento molhado e após o polimento, é usada a água para remover a suspensão do pano e limpar a amostra. A amostra é então limpada cuidadosamente com água corrente e secada. A sílica coloidal também pode ser diluída em água destilada, na proporção de 1:2(H<sub>2</sub>O), produzindo uma solução aquosa. Os resultados de aparência superficial se apresentam melhores, com o uso da solução aquosa em vez da sílica concentrada.

O tempo de polimento varia de 30 segundos a 4 minutos, dependendo da maciez da amostra. Normalmente, são suficientes em média 2 minutos. A pressão é mantida em um mínimo para evitar qualquer relevo possível e varia de 30 a 80N.

### **3. MATERIAIS, MÉTODOS E RESULTADOS**

As amostras (pertencentes ao laboratório da EEIMVR/UFF) foram lixadas com a seqüência de 320, 500, 800, 1000, 1200 e 4000. O polimento das ligas (fig. 1a, b, c, d) foi em diamante 3, 6, 1, 1/4 de micron e sílica coloidal. Os ataques coloridos utilizados foram : para as amostras (a) e (b) a solução de 200 g CrO<sub>3</sub> , 20 g sulfato de sódio, 17 mL HCl, 1000 mL de água destilada e para as amostras (c) e (d) 4 g de permanganato de potássio, 1 g de hidróxido de sódio em 100 ml de água destilada, os dois ataques foram por imersão.

Após as experiências, repetidas várias vezes com resultados ora bons e ora insatisfatórios, deve-se ressaltar que o ataque colorido de materiais a base de alumínio apresenta um grande grau de dificuldade e reprodutibilidade condicionada a um controle rígido da solução e tempo de ataque. A limpeza da amostra deve ser absoluta. A preparação em termos de lixamento e polimento requer muita paciência e o mínimo de esforço possível, evitando numerosos polimentos e re-polimentos. A figura 1 mostra o resultado dos testes executados.

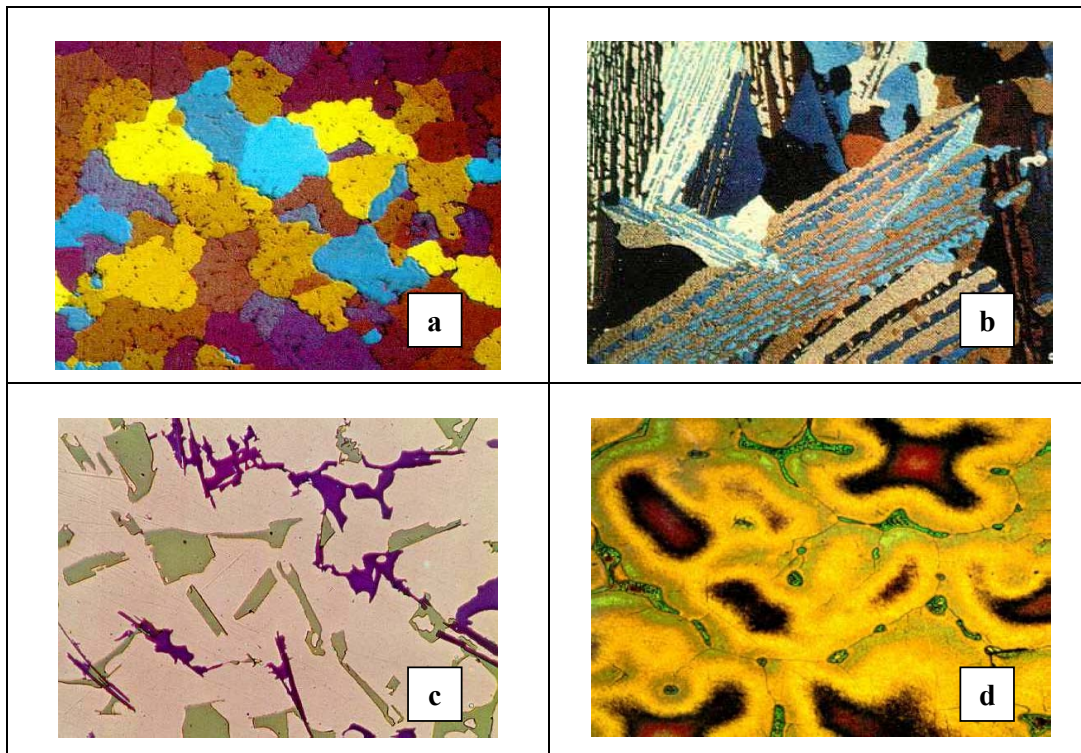


Fig.: 1 - aumento de 500x  
a - alumínio puro , b - baixa liga , c - alumínio - silício , d - alumínio - cobre

#### 4. CONCLUSÃO

A preparação metalográfica do alumínio e suas ligas requer grande habilidade e paciência, além do cuidado com a exclusividade das lixas e panos de polimento.

A metalografia colorida destes materiais apresenta grande grau de dificuldade, necessitando de um controle rígido do preparo das soluções, tempo de ataque e condições da superfície da amostra.

A revelação da estrutura é um ciclo de sucessos e fracassos, necessitando de um estudo sistemático para garantir a total reprodutibilidade.

#### 5 - Bibliografia

BAPTÍSTA, A. L. B. - O Ensaio Metalográfico no Controle da Qualidade, UFF/EEIMVR, 1998.

# UTILIZATION BY COLOR METALLOGRAPHY IN A MICROSTRUCTURAL EVALUATION OF ALUMINIUM AND ALLOYS

*Ivaldo Assis do Nascimento  
André Luis de Brito Baptista*

## **Abstract**

The aluminium and some alloys can be considerate as metals more difficult to be prepared for metallographic observation. The low hardness and the tenacity of aluminium make him more susceptible of deformation during the preparation, so as to turn the time of manual preparation, between sanding and polishing, extremely long, owing to careful preparation request for these materials. This paper present more recommendable routine for the preparation this type of material, emphasizing the technique by color metallography.

**Key-words:** Metallography; color; aluminium.