

Capítulo 7

Acabamentos Superficiais

7.1 - Anodização do alumínio (em construção)

Introdução

O alumínio tem uma grande afinidade pelo oxigênio. A mera exposição do alumínio ao ar cria uma camada fina de óxido que protege o resto da peça da completa oxidação. Esta camada é muito fina, praticamente imperceptível. Entretanto, o óxido de alumínio é uma das substâncias mais duras que existem, além de ser quimicamente bastante inerte, portanto, o engrossamento desta camada é uma técnica que oferece ao alumínio uma proteção superficial extraordinária. Esta técnica se chama anodização e consiste em usar alumínio como anodo em uma cuba eletrolítica. As características da camada de óxido assim produzida dependem da composição da liga, da densidade da corrente, da composição do eletrólito e da temperatura.

O tipo de anodização mais comum é feito em uma solução de ácido sulfúrico e gera uma camada porosa de óxido. Estes poros são posteriormente fechados pela mera imersão em água fervente. Se usa este tipo de anodização para obter películas de óxido entre 30 e 50 μm (0,03 e 0,05mm), podendo chegar a mais de 100 μm sob condições especiais.

A peça de alumínio a anodizar

As ligas usadas para fazer perfis e chapas são geralmente fáceis de anodizar. Já as ligas usadas em fundição, mesmo depois de usinadas, costumam dar resultados fracos ou simplesmente não anodizar.

Peças de alumínio aparafusadas ou rebatadas devem ser separadas e anodizadas individualmente.

Limpeza

A peça a ser anodizada deve estar limpa e livre de qualquer oleosidade. As manchas gordurosas podem não apenas criar manchas na anodização como podem contaminar o banho.

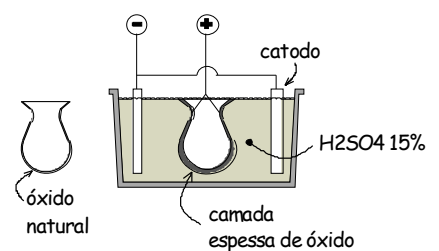


Figura 2.1

Também as oxidações irregulares devem ser retiradas. Uma sequência para limpeza pode ser:

- polimento - se necessário;
- lavagem com água e sabão ou detergente;
- secagem;
- limpeza com solvente orgânico- para peças menores pode ser usado um algodão com acetona;
- banho em solução alcalina;
- lavagem com água destilada

O banho em solução alcalina é recomendado para retirar películas irregulares de óxido que possam existir. Entretanto, este banho pode atacar o alumínio, transformando uma superfície brilhante em uma superfície fosca. O banho mais suave, que ataca menos a superfície, sendo quase imperceptível, é aquele feito durante 15 minutos em uma solução de cerca de 15 gramas de carbonato de sódio em um litro de água, mantida a cerca 80-95°C (quase fervendo).

O banho mais agressivo, que corrói rapidamente o alumínio, gerando uma superfície fosca, é feito com uma solução de soda cáustica (hidróxido de sódio) em água. A velocidade de corrosão aumenta proporcionalmente com a concentração e a temperatura deste banho. Como a soda cáustica é corrosiva e portanto perigosa, sugerimos trabalhar com no máximo 100g por litro de água, usados à temperatura ambiente. A peça de alumínio pode ser deixada nesta solução até que sua superfície fique com um fosco acetinado homogêneo.

Como o carbonato e o hidróxido de sódio comerciais podem vir contaminados com cloretos, particularmente o de sódio (sal), o banho alcalino deve ser seguido por uma lavagem com água destilada.

Tanque, catodo e conexões

O tanque deve ser de plástico. Polipropileno, polietileno, PVC ou até borracha podem ser usados.

O catodo mais recomendado é o de alumínio. Podem ser usadas folhas finas ou mesmo papel de alumínio. Outros metais, como o chumbo e o cobre, podem ser usados, mas deve-se levar em consideração que o chumbo é caro e pode gerar compostos tóxicos, e o cobre não é recomendado exceto para pequenos trabalhos, devido a possibilidade de contaminar o banho com seus sais. A peça deve ficar, no mínimo, a 5 cm do catodo em qualquer ponto. Também é importante que o catodo esteja distribuído uniformemente ao redor da peça a anodizar, evitando pontos de maior intensidade de corrente.

As conexões da peça a anodizar com a fonte de corrente devem ser feitas usando conectores de alumínio, preferencialmente presos fora da parte visível da peça, já que os pontos de contato não sofrerão anodização e ficarão marcados. Pode-se utilizar perfis finos de alumínio dobrados conforme a figura XXX, que se prendem à peça por pressão.

A camada de óxido da anodização é um isolante elétrico, por

isso, se a peça de alumínio deslizar um pouco do ponto de contato com a conexão durante o processo, cessará o fluxo de corrente, interrompendo a anodização.

A fonte de eletricidade

No caso da anodização, o que interessa é a corrente que percorre a superfície do alumínio. Esta corrente deve ser mantida constante durante todo o processo de anodização. Um amperímetro ligado em série com os eletrodos é fundamental para acompanhar o processo.

Uma vez que a resistência do conjunto varia ao longo do processo, temos duas opções: ou se usa uma fonte de tensão variável que vai sendo manualmente regulada para manter a corrente constante, ou se usa uma [fonte ajustável de corrente](#), do tipo descrito no capítulo 3.

O eletrólito

O eletrólito universalmente usado para a anodização é uma solução de ácido sulfúrico em água com uma concentração que pode variar entre 15 e 24% em peso. Como o ácido sulfúrico puro (concentrado, 98%) possui uma densidade de 1,84 kg por litro, uma solução feita adicionando um volume de ácido concentrado à nove volumes de água destilada resulta em um eletrólito de uso geral para anodização. É importante lembrar que sempre se adiciona o ácido à água, e nunca o contrário, pois ocorre um grande aumento de temperatura que pode fazer ferver a mistura explosivamente. Outra opção é misturar partes iguais de ácido de bateria e água destilada ou desionizada. A água usada deve ser sempre destilada ou desionizada. Não se pode usar água da torneira, pois esta contém íons de cloro que transformam o processo em uma [eletrocorrosão](#) como foi descrito no capítulo 6.

Concentrações muito baixas resultam em resistência elétrica muito alta, exigindo altas voltagens que impedem a formação apropriada do filme de óxido. Concentrações acima de 24% dissolvem o filme muito rápido e também impedem a formação apropriada do filme.

Também existem eletrólitos feitos com ácido oxálico, ácido crômico, ácido fosfórico ou misturas de ácidos orgânicos e inorgânicos.

Temperatura

20°C é a temperatura ótima para a anodização comum. Acima disto a camada de óxido fica mais porosa, menos resistente e com mais afinidade por corantes. Abaixo de 20°C a resistência à abrasão do filme aumenta, mas a falta de porosidade dificulta o tingimento. Entre 0 e 5°C ocorre a chamada "anodização dura", onde se forma um filme cinzento extremamente resistente à abrasão.

O filme de óxido anódico tem alta resistência elétrica, gerando

calor com a passagem de corrente elétrica. Portanto, existe uma tendência ao aquecimento do banho ao longo da anodização.

A manutenção da temperatura do banho pode ser feita de várias formas. A mais simples é imergir a cuba em um tanque maior com água corrente na temperatura adequada. Isto serve para pequenos trabalhos com pouca exigência de qualidade. Outra maneira relativamente simples de manter a temperatura é fazendo o eletrólito ácido circular por uma mangueira mergulhada em água na temperatura adequada. A mangueira deve ser de plástico e, para evitar a contaminação do eletrólito com os lubrificantes usados na sua fabricação, deve ter seu interior lavado previamente com água e sabão e enxaguado com água destilada ou desionizada. A bomba deve ser resistente ao ácido. Curiosamente, as bombas de circulação de água para aquários costumam ser hermeticamente fechadas e se prestam bem a esta função.

É importante dispor de um termômetro para acompanhar o processo de anodização. Não apenas a criação da camada de óxido mas também o tingimento se beneficiam bastante de um controle de temperatura. Um termostato eletrônico ou um alarme de temperatura também podem ser usados, lembrando que o eletrólito ácido é extremamente agressivo e o sensor deve ser protegido por epóxi, plástico ou vidro.

Corrente

A corrente usual fica entre 1 e 2 ampères por decímetro quadrado, o que equivale a 10 a 20 miliampères por centímetro quadrado. Correntes mais altas formam uma camada de óxido irregular e correntes mais baixas formam camadas porosas com menor resistência.

| | concentração (% em peso) | temperatura (°C) | corrente (A/dm ²) |
|---|-----------------------------|---------------------|----------------------------------|
| Anodização brilhante colorida (mais porosa, menos resistente) | 18 - 24 | 22 - 24 | 1,0 - 1,2 |
| Anodização exposta à intempéries (difícil de colorir, mais resistente) | 15 - 18 | 18 - 22 | 1,4 - 1,8 |
| Anodização dura (cinza escuro, muito resistente) | 15 - 16 | 0 - 5 | 2,0 - 3,0 |

Tingimento

Antes de proceder a selagem (fechamento dos poros) é possível impregnar o óxido poroso com pigmentos coloridos. O pigmento fica retido nos poros após o seu fechamento (selagem). Quanto mais porosa a camada de óxido, mais fácil e profundo será o tingimento.

Alguns pigmentos funcionam melhor que outros e a escolha é uma questão de tentativa e erro. Evidentemente o pigmento deve ser solúvel em água. Os corantes para tecidos são

amplamente disponíveis e costumam dar bons resultados. Sugerimos diluir o corante em água destilada ou desionizada, porque alguns contaminantes da água da torneira (íons fosfato e silicato) interferem com o processo de selagem subsequente.

O banho de tingimento deve estar entre 50 e 70°C. Abaixo disso o corante pode não atingir todo o seu potencial, e acima disso pode começar a ocorrer a selagem dos poros antes do tingimento completo. O banho no corante não deve durar menos que quinze minutos e pode ser feito em uma panela de alumínio, o que facilita a selagem caseira como será descrito mais adiante.

Selagem (fechamento dos poros)

O fechamento dos poros é feito reagindo a camada oxidada com água destilada ou desionizada aquecida à uma temperatura entre 98 e 100°C. Isto é feito geralmente imergindo a peça em água fervendo, mas também pode ser feito usando o vapor. O uso do vapor, além de mais rápido, evita preocupações com a contaminação da água.

O óxido na superfície e dentro dos poros reage para formar um óxido hidratado (boehmita), que tem uma estrutura diferente e uma densidade mais baixa do que o óxido anódico. Por causa da densidade mais baixa, o óxido hidratado incha, preenchendo os poros e deixando a camada anodizada impermeável.

Para trabalhos caseiros, sugerimos fazer selagem levando à fervura próprio o líquido de tingimento onde a peça já está imersa. Esta fervura deve ser mantida por cerca de quinze minutos.

Tópicos suplementares

Anodização dura

A anodização dura é geralmente feita em banho de ácido sulfúrico em baixas temperaturas (tipicamente 3°C). Isto produz um revestimento com células largas e poros de pequeno diâmetro. Este revestimento é extremamente duro e resistente. A duração do banho deve ser de, no mínimo, duas horas, sendo quatro horas o tempo ótimo. A anodização dura geralmente tem um tom escuro, acinzentado.

Tingimento integral

Para aplicações arquitetônicas, que têm de suportar duras condições atmosféricas, o tingimento com pigmentos não é satisfatório. Cores que variam desde o dourado até o bronze escuro são obtidas utilizando eletrólitos de ácidos orgânicos. Estas colorações são chamadas de “tingimento integral” ou “coloração integral”. Os ânions orgânicos são incorporados ao óxido e causam seu escurecimento.

Efeito similar é produzido por uma anodização realizada em duas etapas, a primeira em corrente alternada em um eletrólito especial e a segunda em corrente contínua e ácido sulfúrico. Na primeira etapa, em corrente alternada, um metal, usualmente

estanho ou níquel], é depositado no fundo dos poros. O depósito metálico altera as propriedades óticas do revestimento e resulta em coloração decorrente de interferência óptica. O controle da espessura do metal permite a obtenção da coloração desejada. A coloração integral tem uma durabilidade muito superior à coloração obtida por pigmentos, visto que trata-se da própria estrutura da camada anodizada que gera a cor.

Barreiras de óxido

A anodização feita em ácido sulfúrico é porosa porque o ácido dissolve parte do óxido formado. Graças a esta porosidade, a camada pode engrossar, atingindo a espessura de algumas dezenas de microns.

Quanto a anodização é feita em um banho condutor neutro (solução de bicarbonato de sódio, por exemplo), a camada de óxido que se forma não é porosa e engrossa na razão de 1nm por volt (1nm = 0,000.001mm). Na prática, a voltagem deve aumentar gradualmente para evitar a ruptura do óxido, e está limitada à algumas centenas de volts, produzindo uma camada muito mais fina do que aquela formada pela anodização com ácido sulfúrico.

Este é o tipo de anodização usado na fabricação de capacitores eletrolíticos.

AVISO:

Este texto é uma leitura proporcionada por www.centelhas.com.br. Seu conteúdo, assim como todo o conteúdo do site, é propriedade intelectual do autor e não pode ser copiado ou modificado sem sua autorização. Não é autorizado o uso comercial deste trabalho. Entretanto, é permitido o download e a distribuição deste arquivo sem modificações para uso pessoal.

Nem o autor nem os administradores do site assumem qualquer responsabilidade sobre o uso das informações deste texto. Muitos precedimentos aqui descritos são potencialmente perigosos. A execução de qualquer destes procedimentos não deve ser tentada por quem não tem o conhecimento e a habilidade necessária. Este texto é um trabalho em desenvolvimento e pode conter erros e lacunas. Verifique no site a existência de versões mais atualizadas.