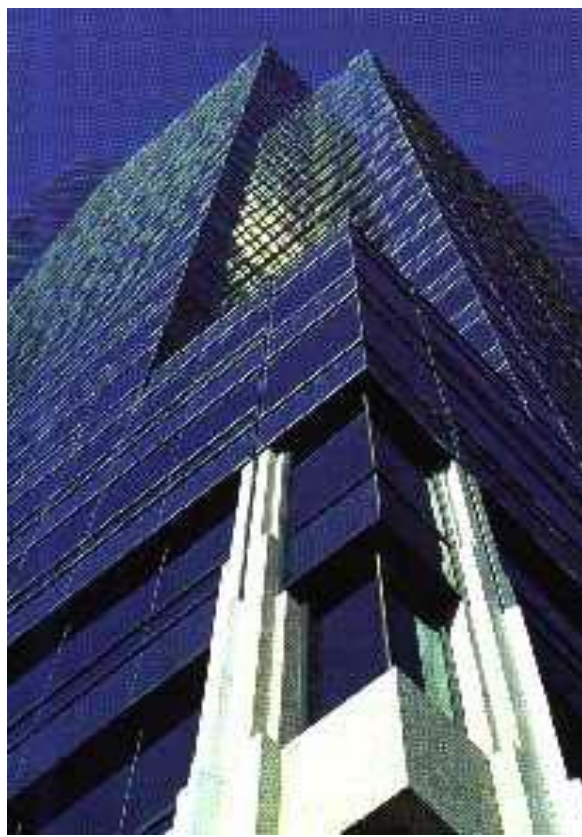


ANODIZAÇÃO E COLORAÇÃO DE PEÇAS DE ALUMÍNIO



VANTAGENS DA ANODIZAÇÃO

▪ DURABILIDADE

A maior parte dos produtos anodizados têm um tempo de vida extremamente longo oferecendo vantagens significativas do ponto de vista económico e de manutenção

▪ ESTABILIDADE DA COR

O exterior da camada anódica é bastante estável aos raios ultravioleta sem lascar nem descascar.

▪ FACILIDADE DE MANUTENÇÃO

Superfícies fáceis de limpar com água e sabão, restaurando a aparência original. Um abrasivo médio pode eventualmente ser utilizado para remover depósitos mais aderentes.

▪ ESTÉTICA

A anodização oferece um largo leque de polimentos e de colorações. A anodização do alumínio permite manter o aspecto metálico da peça.

▪ CUSTOS

Os baixos preços iniciais combinam-se com os baixos custos de manutenção e o longo tempo de vida da peça.

▪ SEGURANÇA

A anodização é segura para a saúde. A anodização é estável do ponto de vista químico, não se decompõe, não é tóxico e é resistente à temperatura.

ANODIZAÇÃO DO ALUMÍNIO

PROCESSO ANÓDICO

A anodização do alumínio conduz à formação do óxido de alumínio convertendo a superfície do alumínio numa superfície extremamente dura com as seguintes propriedades :

- Resistência à corrosão;
- Resistência à abrasão;
- Dureza;
- Resistência à água;
- Resistência eléctrica;

APLICAÇÕES

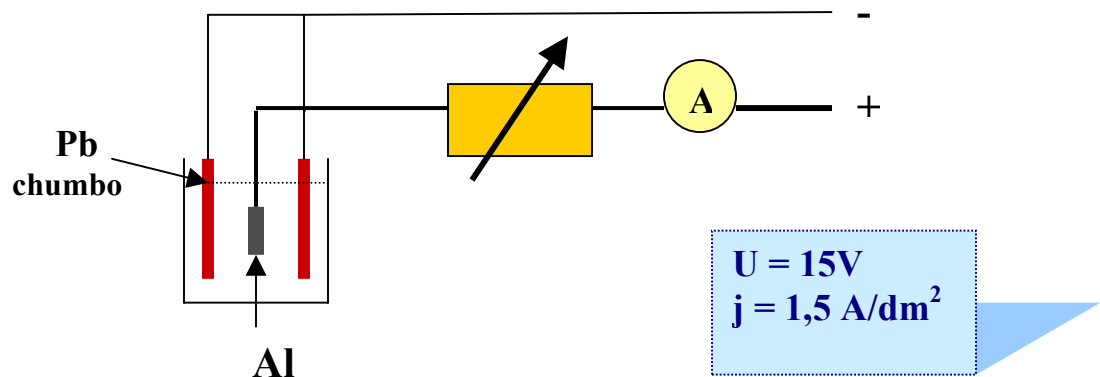
- Indústria automóvel
- Construção de edifícios
- Aviação
- Joalharia
- Electrónica
- Armamento
- Marinha
- Energia
- Aparelhagem médica
- Indústria têxtil
- etc

PROCESSO ANÓDICO

Anodização sulfúrica do alumínio

As anodizações **sulfúricas** (processo **aluminite**) com corrente contínua são as mais vulgares na indústria, as mais económicas, as camadas porosas podem ser coloridas, as peças anodizadas são facilmente colmatadas passando a ter uma boa resistência à corrosão, um bom isolamento eléctrico e uma boa resistência à abrasão.

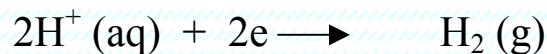
ESQUEMA DE MONTAGEM laboratorial



Electrólito: ácido sulfúrico

REACÇÕES JUNTO DOS ELÉCTRODOS:

Reacção catódica:



Reacção anódica:





Processo industrial para a anodização de peças de alumínio.

Suporte para a suspensão do lote de peças de Al e que funciona como ânodo.

Cubas com o banho electrolítico

Os cátodos são normalmente de **chumbo** ou de uma **liga de alumínio**. Os cátodos de chumbo têm a vantagem de se passivarem visto cobrirem-se durante a anodização sulfúrica de uma fina camada de sulfato de chumbo insolúvel tornando-se quimicamente inertes. A sua passivação prolonga a vida útil dos cátodos de forma significativa.

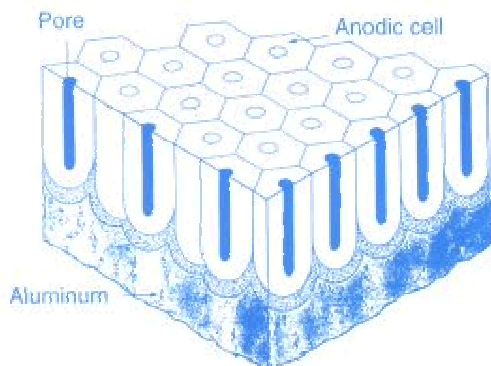
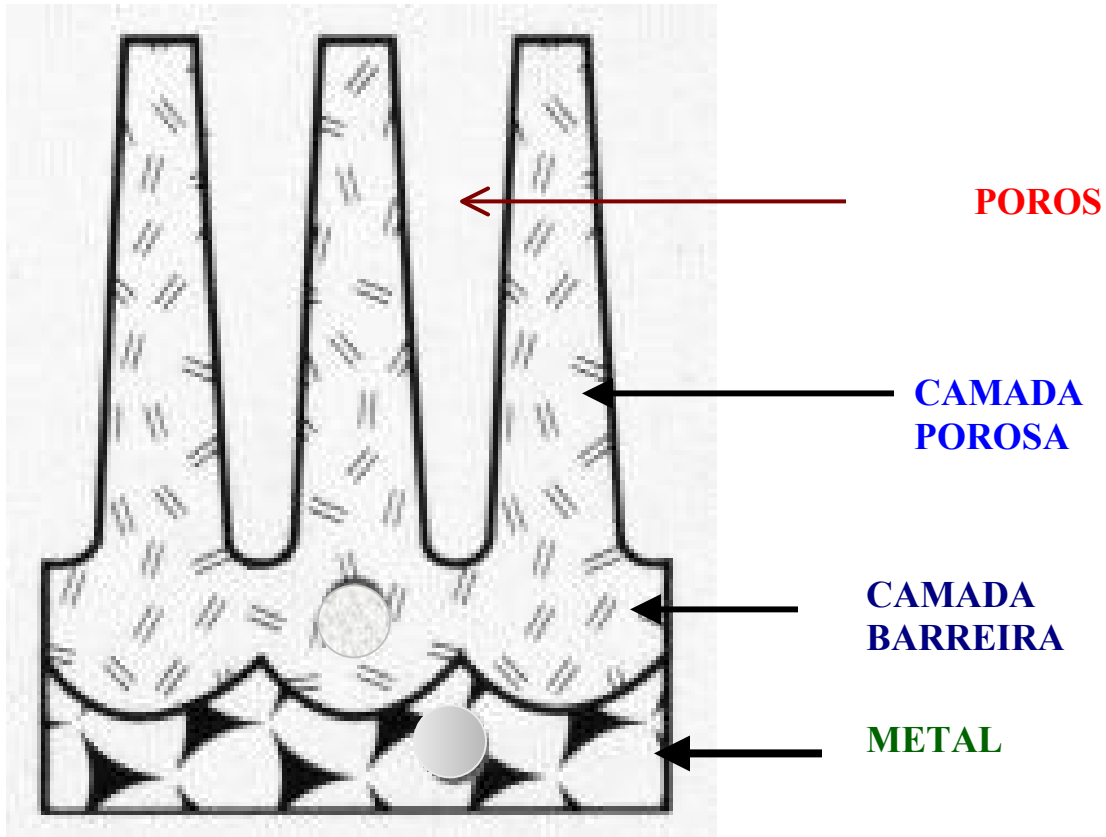
Os cátodos de alumínio têm a desvantagem de serem atacados pelo ácido sulfúrico à temperatura de 30°C sofrem corrosão e, em pouco tempo fissuram ao nível do líquido da cuba.

Durante o processo há que ter em conta a **densidade de corrente** que não deve ultrapassar os limites (1,2 a 2A/dm²). Uma densidade de corrente superior provocaria um desenvolvimento suplementar de calor no banho podendo provocar **queimaduras** no alumínio com desagregação da camada anódica que se torna friável e leitosa.

O mesmo efeito é observado se a **temperatura** do banho for demasiado elevada. Afim de evitar o sobreaquecimento normalmente associa-se às cubas um sistema de arrefecimento do banho que pode ser por circulação de ar, agitação mecânica do banho ou por refrigeração do banho através da passagem de água fria numa tubulação em serpentina.

Durante o processo de anodização há uma grande **libertação de hidrogénio** junto ao cátodo, afim de minimizar esta libertação junta-se um aditivo ao banho que faz com que parte dos iões H⁺ sejam reduzidos no banho e não junto ao cátodo. O inconveniente da libertação de H₂ junto dos eléctrodos é que fragilizam os eléctrodos por desgaste.

ASPECTO DA CAMADA ANÓDICA



Constituição da camada anódica

- Al_2O_3
- $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$
- Aniões adsorvidos do electrólito
- Produtos de reacção destes aniões com Al_2O_3

No desenvolvimento de qualquer camada anódica temos de considerar os dois processos que ocorrem em simultâneos a velocidades diferentes. Um deles é a formação da camada anódica e está pendente da tensão (U) aplicada, da densidade da corrente eléctrica (j) que atravessa a peça e da resistência total (R) do sistema. O outro processo consiste na dissolução da camada que se forma que está em contacto com o banho. Este último processo depende da concentração e do poder dissolvente do electrólito assim como da temperatura do meio. No entanto, em ambos os casos temos de considerar o tempo de operação.

Enquanto a velocidade de formação da camada de alumina for superior à velocidade de dissolução a camada cresce. Na indústria o tempo de anodização de uma peça não excede as duas horas, a partir deste tempo não compensa prolongar o processo.

Causa da formação dos poros

A formação dos poros pode dever-se à dissolução do óxido de alumínio devido a ataques químicos por parte do electrólito. À elevação da temperatura do meio durante o processo por efeito de Joule ou devido ao carácter exotérmico da reacção química de formação do Al_2O_3 . A elevação da temperatura do banho favorece a formação dos poros porque aumenta o poder dissolvente do electrólito o que leva a um aumento da porosidade da camada.

COLORAÇÃO DA CAMADA ANÓDICA

A coloração da camada anódica faz-se antes da colmatagem da peça e pode fazer-se por vários processos tais como:

1. **absorção** de pigmentos inorgânicos (**pigmentação**) ou orgânicos (**tingimentos**);
2. **autocoloração** ou coloração integral;
3. **coloração electrolítica** (em duas fases de electrólise)
4. **coloração mista**

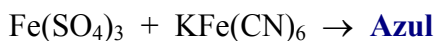
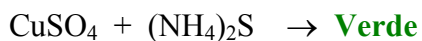
Coloração por absorção

Trata-se de colorações que se obtém simplesmente por imersão do alumínio anodizado em certas soluções de corantes sem aplicação da corrente eléctrica.

a) Colorações inorgânicas (pigmentações)

Baseiam-se na precipitação de compostos metálicos, no interior dos poros da camada de óxido, por imersão da peça anodizada em soluções concentradas de diversos sais.

Por Exemplo:



b) Colorações orgânicas (tingimentos)

Utilizam-se corantes orgânicos (ex: anilinas) solúveis na água e que tenham uma grande solidez à luz. Estes produtos químicos entram nos poros da camada de óxido (não colmatados) por absorção.

O tom da coloração depende:

- ⇒ da concentração da solução corante;
- ⇒ do pH da solução corante;
- ⇒ do tempo de imersão;
- ⇒ das características da camada (espessura e porosidade);
- ⇒ da temperatura

Principais inconvenientes:

Os produtos corantes são retidos à superfície do poro, o que os torna facilmente destacáveis e alterados por agentes exteriores. A coloração torna-se pouco resistente.

Autocoloração ou coloração integral

O tom é obtido simultaneamente com a obtenção da camada anódica. A coloração final depende da composição da liga de alumínio, dos parâmetros de anodização (natureza do electrólito; temperatura; tipo de corrente; tempo de operação; tensão aplicada; assim como da extensão e constituição da camada). As partículas responsáveis pela cor ficam disseminadas por toda a camada.

Inconvenientes

O processo é caro devido à energia posta em jogo e aos banhos utilizados.
O controle de cor é difícil de se efectuar.

Coloração electrolítica

Realiza-se em duas fases, na primeira fase desenvolve-se sobre a superfície do alumínio um filme de óxido incolor, pelo método sulfúrico convencional em corrente contínua ou alternada.

Em seguida faz-se uma electrólise em corrente alternada usando por exemplo banhos de sais metálicos (de cobre, níquel, prata, cobalto, ferro, etc). Estes metais finamente divididos, depositam-se principalmente no fundo dos microporos existentes na camada de óxido.

Inconvenientes desta técnica de coloração:

A gama de tonalidades obtida é reduzida (tons bronze a negro).

A tonalidade depende da espessura do metal depositado (fenómeno óptico).

Coloração mista

Este tipo de coloração tem vindo a interessar um número cada vez maior de pessoas devido à possibilidade de alargamento da gama de cores.

As cores mistas obtêm-se adicionando, no interior da camada de óxido, duas cores diferentes de modo a atingir-se, como efeito final, a coloração que resulta destas duas fases.

Podem dividir-se as colorações mistas em duas famílias:

- 1- *Coloração electrolítica + Coloração electrolítica*
- 2- *Coloração electrolítica + Coloração orgânica*

Coloração multicolor da camada anódica

Nesta técnica usam-se normalmente corantes orgânicos. O processo pode ser realizado por dois métodos:

- 1- Realização de um ciclo de anodizações, seguido de uma coloração e colmatagem para cada cor. Faz-se em seguida a destruição da camada anódica nas zonas não correspondentes a essa cor. Repete-se o processo para cada tonalidade pretendida no desenho que se quer imprimir.
- 2- Realização de uma única anodização e impressão das várias zonas coloridas por um método de protecções parciais sucessivas e convenientemente seleccionadas, por meio de um verniz celulósico ou outra substância de efeito similar. Entre a aplicação de cada corante, a peça é sujeita a um tratamento de descoloração que retire a cor das zonas não protegidas. Por fim, a protecção será retirada com um solvente conveniente e a peça colmatada.

O transporte do desenho para a superfície anodizada pode efectuar-se por exemplo directamente com um aparo especial que permita desenhar com o verniz, por decalcomania, por processos fotográficos, cobrindo a camada anódica com uma película foto-sensível onde a imagem pode ser reproduzida.

Após o desenho impresso, pode submeter-se a peça a um banho ácido que provoque a destruição da camada em zonas não protegidas, realizando um certo entalhe, o que permite a obtenção de imagem em relevo.

Uma vez a camada destruída, ela terá de ser de novo formada, pelo que a peça ficará de novo sujeita a tratamento anódico.

Colmatagem

Esta operação é muito importante no ciclo da anodização do alumínio. Ela caracteriza-se pelo fecho dos poros da camada de óxido que é quer hidratada a alta temperatura quer impregnada de sais metálicos e hidratados.

A hidratação da camada transforma a alumina Al_2O_3 em $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$.

No caso da hidratação a quente a reacção começa na superfície do óxido e desenvolve-se para o interior. A hidratação conduz a um aumento de volume de óxido que fecha pouco a pouco os poros da camada até ficar solidamente hermética.

A colmatagem por impregnação baseia-se em reacções químicas mais complexas.

Principais características da camada anódica após colmatagem:

- Aumento importante da resistência à absorção em relação aos produtos corantes, aos óleos e aos líquidos.
- Aumento importante da resistência à corrosão e aos agentes atmosféricos e, portanto ao envelhecimento.
- Aumento da resistência eléctrica da camada anódica.
- Diminuição da dureza e da resistência à abrasão.

Tipos de colmatagem

A colmatagem da camada de óxido pode ser feita de diferentes maneiras:

- água em ebulição
- vapor saturado
- sais metálico (ex: de níquel)
- por imersão em solução de dicromato de sódio ou potássio (mas alteração da cor da camada)
- a baixa temperatura (impregnação ou colmatagem a frio)
- por polimerização de matérias plásticas (processo muito caro).

Contrôle de Qualité

Trata-se da última operação do processo e tem como objectivo garantir a qualidade das superfícies anodizadas que possam surgir no mercado.

Principais ensaios a realizar

a) Ensaio de espessura

Métodos destrutivos:

- Por **microscopia óptica** (corte óptico de referência). A medição é feita usando o microscópio de reflexão.
- Por método **gravimétrico** (perda de massa).

Método não destrutivo

- Por **passagem de corrente de Foucault** (o mais utilizado) no alumínio subjacente à camada anódica e a medição da reacção destas correntes, com o auxílio de uma sonda colocada sobre a superfície anodizada (Ex: utilização do Permascope).

b) Ensaio de colmatagem

Ensaio de Gota:

O método baseia-se na acção do ácido sobre uma parte da superfície da amostra previamente desengordurada, e na observação da coloração obtida pela adição de um corante. Compara-se a mancha obtida com uma gama de padrões. Se a inércia química for elevada diz-se que a colmatagem é boa.

Outros ensaios recomendados

- Resistência à corrosão (em nevoeiro salino (NaCl) e em nevoeiro industrial (CO₂ e SO₂))
- De isolamento eléctrico
- De continuidade de camada
- De dureza
- De resistência à abrasão

- De envelhecimento acelerado

Sob o efeito de lâmpadas U.V. para testar a resistência de colorações existentes, faz-se em ambiente seco e com humidade controlada.