



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Produção



Principais Processos para o Design de Produtos

Processos de Acabamento

Parte 1

Prof. Fausto Mascia

Bibliografia: Ashby, M., Johnson, K. Materiais e Design. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011

1



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Produção



Processos de acabamento de superfícies

Melhoram as qualidades térmicas, de fadiga, de atrito, de desgaste, de corrosão, ou estéticas da superfície.

As propriedades gerais devem permanecer **inalteradas**.

Importância econômica:
Aumentam a vida útil dos materiais; permite uso em condições mais rigorosas.

A definição de um tratamento de superfície **depende do material** que será aplicado e da função que o material deve desempenhar.

2



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Produção



Eletro galvanização – galvanização

Funções

Cor, textura, resistência à corrosão e ao desgaste, proporciona condutividade elétrica e bom contato elétrico.

Mesmo princípio da bateria elétrica.

A peça (catodo) e a fonte de material (anodo) são imersos no eletrólito aquoso no qual uma corrente elétrica contínua impulsiona íons de metal da fonte para a peça, criando um fino revestimento de metal.

3



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Produção



Eletro galvanização – galvanização

Proporciona superfícies brilhantes e duráveis.

Atualmente – aplicação para a maioria dos polímeros (maior problema – o revestimento se rompe ou descasca).
Em alguns casos de polímeros – somente superfícies planas.

Qualquer metal pode ser galvanizado.
Polímeros – ABS, PET, ABS/Policarbonato, polipropileno, poliestireno, náilon, policarbonato, epóxi.

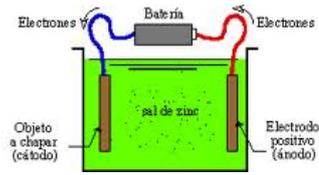
O custo do equipamento é relativamente alto – indicado para grandes lotes.

O processo pode causar danos ambientais e riscos à saúde.

4



Eletro galvanização – galvanização



5



Eletro galvanização – galvanização



6

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Produção

PRO

Eletro galvanização – galvanização



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Produção

PRO

Galvanização autocatalítica

Proporciona: dureza da superfície e resistência ao desgaste; proteção contra corrosão, condutividade elétrica; permeabilidade magnética.

Boa uniformidade de revestimento.

Aplicações: maioria dos metais e polímeros.

No caso de polímeros necessário processos especiais – são materiais não condutores

8



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Produção



Galvanização autocatalítica

Eletrogalvanização sem eletricidade.

Depende de uma diferença de potencial elétrico quando um metal é imerso em solução que contém íons de outro metal.

Os íons são depositados sobre a superfície da peça pela ação de um agente químico redutor, presente em uma solução metálica salina.

Após o início da reação não há limitações para a espessura do revestimento (retira-se a peça).
Usado para superfícies internas complexas.

9



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Produção



Galvanização autocatalítica

Maior custo em relação à eletrogalvanização (50% mais para galvanização com Ni).

As taxas de deposição são lentas; custos dos componentes químicos são mais elevados – menor custo de equipamentos e energia.

Atenção ao descarte de resíduos químicos; o processo não é tóxico.

10



Anodização

O alumínio é um metal reativo, porém os objetos de uso diário não sofrem corrosão nem descoloração pois uma fina película de óxido (invisível) proporciona proteção.

O processo de anodização consiste em aumentar a espessura dessa película.

O processo é eletrolítico – o objeto a ser anodizado (peça) é o anodo (+) do banho, com uma diferença de potencial – cria-se um gradiente de potencial na película de óxido – aumento da espessura.

A película proporciona maior proteção e pode ser colorida (o óxido é microporoso – permite a absorção de corantes).

Funções: proteção contra corrosão e desgaste, refletividade e cor. 11



Anodização





Anodização



13



Anodização



14



Anodização

Custo dos equipamentos relativamente elevado.

Produtos químicos agressivos. Descarte dos fluidos de anodização usados requer circuito de reciclagem.

Processos alternativos:

Pintura a base de solvente e água; eletro galvanização, galvanização autocatalítica; metalização a vácuo, polimento químico, eletropolimento.

15



Anodização



16



Eletropolimento

Uma eletrogalvanização “inversa”

A peça é ligada ao lado positivo de uma fonte de corrente contínua de baixa tensão.

O catodo é conectado ao lado negativo (ambos imersos em solução condutora).

Resultado – superfície de metal com uma aparência macia e brilhante.

Riscos para o ambiente e para a saúde. Proteção contra vapores.
Precauções com o descarte do fluido de polimento.

17



Eletropolimento



18



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Produção



Polimento Mecânico

Funções: cor, refletividade, textura, resistência ao desgaste, redução do atrito, melhora a resistência à fadiga.

Processo lento e (geralmente) de custo elevado.
Variantes – abrasão e afiação

Abrasivo fino – suspenso em cera, óleo ou outro fluido – esfregado contra a superfície a ser polida – disco ou correia de polimento

Qualquer metal ou cerâmica pode ser polido – superfícies cônicas, cilíndricas, planas ou esféricas.
Madeira

Custos : equipamento e ferramental – baixo

19



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Produção



Polimento Químico

A superfície é alisada por dissolução química controlada em banho de ácido (dissolução mais rápida das saliências que das partes planas ou reentrâncias; não há suprimento externo de energia.
Se executado a temperaturas elevadas – aumenta a taxa de polimento.

Interessante para peças que tenham orifícios cegos e áreas de baixo relevo.

Joalheria, canetas e peças de maior valor agregado.

Os produtos químicos usados no processo são agressivos.
Cuidados com o descarte dos fluidos.

20



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Produção



Pintura à base de Solvente

Materiais corantes (pigmentos) em suspensão com agentes de ligação (resinas) em um solvente orgânico volátil.
Uma fina camada é aplicada em uma superfície.
O solvente evapora.
As resinas mantêm o pigmento no lugar e formam uma camada protetora e decorativa.

Aplicação: pinceis, imersão, pistolas de spray

Custo relativamente baixo, mas...

Principal restrição – nocivo ao meio ambiente. Evaporação de solventes tóxicos;

21



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Produção



Pintura à base de Água

Resinas e pigmentos sintéticos, mantidos em dispersão em água; secam por evaporação da água;

Maior tempo para secagem – requer controle do ambiente de aplicação.

Funções: Cor, textura, proteção contra corrosão, proteção ao desgaste.

Menor emissão de solventes, melhores condições de trabalho.
Substituição gradativa da tinta à base de solventes.

22

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Produção




Pintura à base de Água




23

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Produção




Eletropintura

A peça forma o catodo em uma célula eletrolítica. O anodo é inerte (grafite ou aço inoxidável).

Eletrólito é uma emulsão aquosa onde o pigmento é emulsificado.

As partículas de pigmento carregadas são arrastadas pelo campo elétrico até a superfície da peça, onde forma uma película fortemente ligada.

Princípio próximo da eletrogalvanização. Muito usado na indústria automobilística.

Grandes volumes de peças recobertas com a mesma cor.

Cuidados com o descarte de fluidos usados no banho.

24

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Produção



Eletropintura



25

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Produção



Eletropintura



26



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Produção



Revestimento por pintura a pó

Pó – mistura de pigmento e resina finamente moídos; aspergidos por bocal negativamente carregado sobre a superfície.

A diferença de carga atrai o pó que adere à superfície da peça. Após a aplicação a peça é aquecida em forno de cura para fundir a camada e formar o revestimento.

Revestimento uniforme e resistente, alta qualidade de acabamento.

Revestimento polimérico

27



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Produção



Revestimento por pintura a pó

Processo mais barato; acabamento superficial inferior.

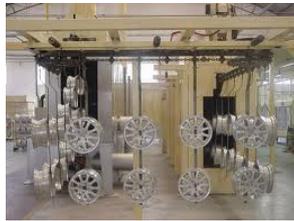
Gama extensa de aplicação: aço, alumínio, magnésio, latão, cobre, ferro fundido.

Processo não usa solvente; baixo risco de poluição do ar; reduz exposição dos trabalhadores a agentes tóxicos.

28



Revestimento por pintura a pó



Revestimento por pintura a pó





Esmaltação

Pintura com vidro.

Uma fina camada com pó de vidro aglomerante e agente corante é aplicada ao objeto a ser esmaltado (pintura, spray ou serigrafia); a camada é fundida ao objeto.

Limitado a metais e cerâmicas (fixação sob calor)

Proporciona: cor, textura refletividade, resistência à corrosão, resistência a arranhões.

Revestimentos de grande durabilidade.

Processo relativamente caro e lento.

31



Esmaltação



32

Escolha Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Produção



Esmaltação



33

Escolha Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Produção



Esmaltação



34

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Produção



Esmaltação



35

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Produção



Esmaltação



36