



Departamento Regional de São Paulo

Tratamento de superfície

Escola SENAI "Luiz Scavone"

**MÓDULOS ESPECIAIS
MECÂNICA**



Módulos especiais - Mecânica

*Material didático extraído do módulo “Tratamento de superfície”
telecurso profissionalizante 2000..*

*Trabalho elaborado pela
Divisão de Recursos Didáticos da
Diretoria de Educação do
Departamento Regional do SENAI-SP*

*Editoração eletrônica Cleide Aparecida da Silva
Écio Gomes Lemos da Silva*

*CFP 1.12 - Escola SENAI “Ary Torres”
Rua Amador Bueno, 504 - Santo Amaro
04752-000 - São Paulo - SP TeleFax: (011) 523-2900
E-Mail: senai_at@compuserve.com*

Tratamento de superfície de metais

Um problema

Os metais vêm sendo usados pelo homem desde o início da civilização. Com o desenvolvimento da tecnologia, esse uso foi sendo cada vez mais aperfeiçoado.

Apesar dos grandes benefícios que os metais proporcionam ao homem e à indústria, existe o problema de que eles estão sujeitos à corrosão.

Para solucionar esse problema é preciso aperfeiçoar os meios de combate à corrosão. Esses meios consistem, principalmente, de procedimentos relacionados ao tratamento das superfícies dos metais.

Corrosão

Pode-se definir por corrosão como a destruição dos metais devido às suas reações químicas e eletroquímicas num meio corrosivo. Diz-se que um metal está se destruindo à medida que - pela ação corrosão - ele vai perdendo suas propriedades e se transformando em outra substância denominada **produto da corrosão**.

Assim, quando o aço sofre corrosão, ele vai se transformando em ferrugem, ou seja, óxido de ferro.

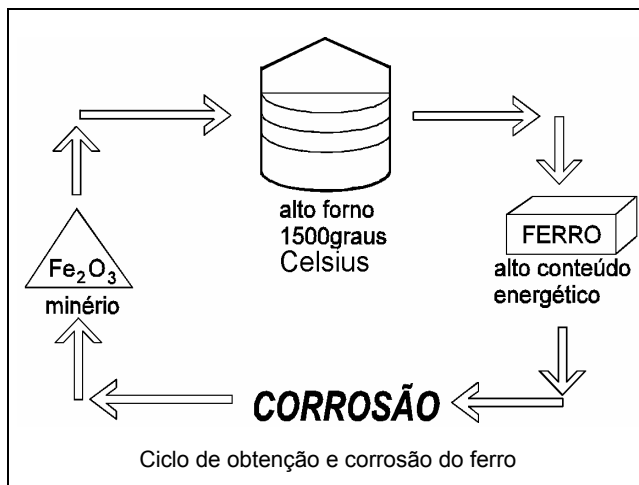
Portanto, é necessário evitar ou, no mínimo, controlar as reações químicas e eletroquímicas dos metais. Caso contrário, eles se estragam ou se tornam inutilizáveis, ocasionando prejuízos

financeiros. Mas o problema maior consiste no risco de acidentes que põem muitas vidas em perigo.

O meio corrosivo

O **meio corrosivo** pode ser o próprio ambiente em que se encontra o metal. Assim, o solo, a água e atmosfera tendem a provocar a corrosão dos metais.

É comum a corrosão se manifestar de forma generalizada. Nesse caso, ela é denominada **corrosão uniforme**. Esse tipo de corrosão é conhecido por todos nós. O ferro sob efeito da corrosão fica com uma cor marrom avermelhada em toda sua superfície. Trata-se do que se conhece como **ferrugem**, na qual a corrosão é superficial. Mas existem outras formas de corrosão que atingem profundamente o metal, de forma localizada, com poder destrutivo mais grave.



O aço é um dos metais mais utilizados na mecânica pelo fato de possuir propriedades que o tornam adequado a muitas aplicações. Porém, tem contra si o fato de ser facilmente corroído.

Combate à corrosão

Uma das formas de combater a corrosão consiste em evitar o contato do metal com o meio corrosivo.

Pode-se, por exemplo, recobrir o metal com películas metálicas ou orgânicas, de espessura e composição adequadas. Esse recobrimento é feito por meio da metalização e da pintura.

O **zinco** é o metal mais indicado e mais utilizado para proteger o aço contra a corrosão. Essa forma de proteção costuma ser feita por meio de **imersão a quente** ou **galvanização**. Outro modo emprega a corrente elétrica, e chama-se **eletrodeposição** ou **zincagem eletrolítica**. Cada um desses processos tem vantagens e desvantagens que devem ser consideradas ao se decidir pela sua escolha.

Todos esses processos modificam a superfície do metal. Por isso, são conhecidos como formas de **tratamento de superfície dos metais**.

Existem outras maneiras de modificar a superfície dos metais com diferentes finalidades: decoração de peças, tratamento de elementos de máquinas, tratamento de metais a serem usados na fabricação de objetos etc.

Às vezes, é necessário modificar a superfície de um produto para lhe dar um aspecto decorativo, tornando-o atraente e vendável. É o caso de um anel que vai abrigar uma pedra preciosa e é, inicialmente fundido em latão. Para evitar que ele fique manchado, é preciso tratar sua superfície, recobrimo-a com uma camada de níquel e, depois, com uma camada de ouro.

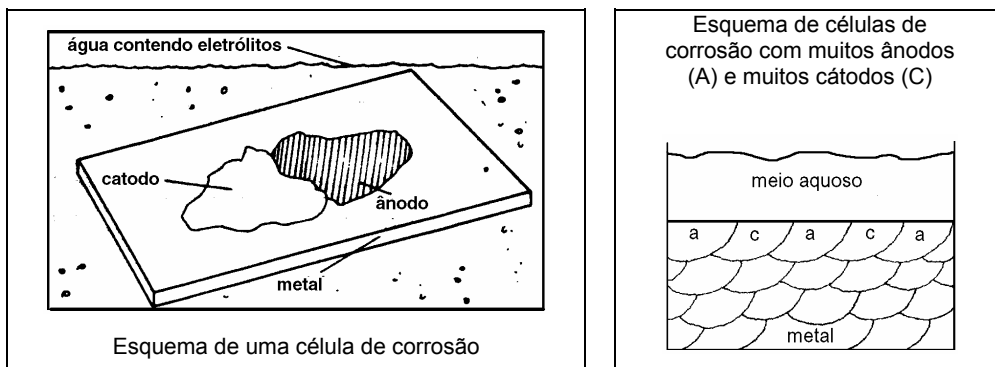
Como ocorre a corrosão

Para melhor caracterizar a necessidade do tratamento de superfície dos metais, é preciso entender como ocorre o processo corrosivo num metal como o aço, que é muito utilizado.

Como foi visto, o ferro é obtido no estado líquido. Ao ser resfriado, as partículas de sua estrutura se agrupam em arranjos ordenados, formando cristais. Sabemos que o ferro obtido pelo processo

metalúrgico não é puro, e suas impurezas permanecem no interior da massa que está se solidificando.

Essas impurezas se distribuem entre os cristais e ocasionam alterações no metal obtido, principalmente em sua superfície. Além disso, deformações nos cristais, provenientes de transformações mecânicas, também modificam a superfície dos metais.



Devido a essas modificações, surgem, na superfície do metal, regiões com cargas elétricas positivas e negativas. A presença de um eletrólito – que é uma solução capaz de conduzir corrente elétrica – é suficiente para iniciar um processo corrosivo no metal, pois a solução fecha o contato entre os pólos positivo e negativo. Na atmosfera, a umidade e os gases apresentam eletrólitos com poder de desencadear a corrosão dos metais. Por isso é importante evitar eletrólitos na superfície do metal. E isso é conseguido por meio da metalização ou da pintura da superfície.

Metalização e pintura

Metalização

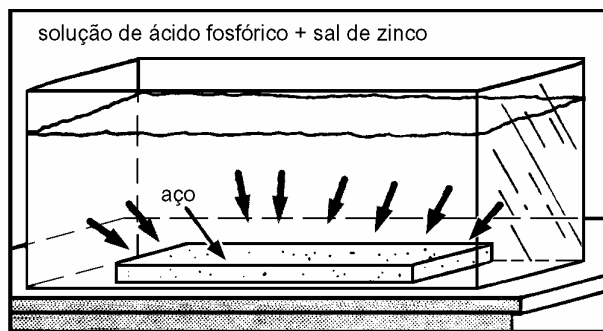
No processo de metalização, podemos aplicar somente um metal, como na zincagem de proteção. Também é possível aplicar vários metais para a proteção, dando efeito decorativo à peça.

Nas peças de aço, conhecidas como **cromadas**, normalmente são aplicadas camadas de cobre, níquel e cromo.

Outra forma de tratamento de superfície é a **zincagem** pelo processo de imersão a quente - ou **zincagem a fogo** como é conhecido. O material, previamente preparado, é mergulhado num tanque com zinco em estado de fusão. O zinco adere ao aço, formando uma camada espessa que protege a peça da corrosão.

Pintura

Existem diversos processos de pintura, conforme a necessidade. Na pintura de autos ou de eletrodomésticos, é necessário fazer uma **fosfatização** antes de aplicar as tintas.



O processo de fosfatização consiste em formar cristais de sais de fosfato de zinco nas superfícies da peça. Isso proporciona boa aderência da tinta e ajuda na proteção contra a corrosão.

Outros tipos de tratamentos de superfície de metais são oleamento, aspersão térmica, deposição química sem auxílio de corrente elétrica, aplicação de metais a plasma, deposição a vácuo, anodização do alumínio, aplicação de cromo duro. Cada um desses tipos modifica a superfície do metal, a fim de se obter propriedades que o metal-base não tem. É comum aplicar ouro nos circuitos eletrônicos dos computadores.

Instalações

As instalações para tratamento de superfície dos metais se compõem de equipamentos cujo tamanho depende das dimensões das peças que serão tratadas.

Peças grandes, como carrocerias de automóveis ou gabinetes de geladeira, são transportadas em correntes, através dos túneis nos quais se processam as diversas etapas do tratamento.

Peças de dimensões menores podem ser tratadas em tanques, geralmente feitos de aço, revestidos com plástico, ou tanques de resina reforçados com fibra de vidro.

Esses tanques são dispostos em seqüência, de modo a permitir que cada operação seja efetuada de maneira eficiente sem que haja perigo de mistura ou contaminação de resíduos entre os banhos.

A instalação deve ter acesso fácil à água, à energia elétrica e a equipamentos auxiliares, como bombas, filtros, tanques de reserva e tanques de preparação.



Teste sua aprendizagem. Faça os exercícios a seguir e confira suas respostas com as do gabarito.

Exercícios

Marque com **X** a resposta correta.

1. O processo de destruição de metais num meio corrosivo chama-se:
 - a) () fosfatização;
 - b) () corrosão;
 - c) () zincagem;
 - d) () deposição.

2. O material resultante da corrosão é conhecido como:
 - a) () produto da corrosão;
 - b) () peça de erosão;
 - c) () produto amorfo;
 - d) () sucata.

3. O ambiente em que o metal se corrói chama-se:
 - a) () ambiente ferruginoso;
 - b) () região de reações químicas;
 - c) () meio úmido;
 - d) () meio corrosivo.

4. Na corrosão uniforme, o ferro fica recoberto de:
 - a) () umidade;
 - b) () pigmentos;
 - c) () rebarbas;
 - d) () ferrugem.

5. O processo de usar zinco para proteger o ferro da ferrugem chama-se:
 - a) () erosão;
 - b) () galvanização;
 - c) () corrosão;
 - d) () fundição.

6. O processo de proteger peças com metais chama-se:
- a) () metalização;
 - b) () anodização;
 - c) () erosão;
 - d) () cristalização.
7. A aplicação de cristais de sais de fosfato de zinco em peças que serão pintadas chama-se:
- a) () cristalização;
 - b) () zincagem;
 - c) () fosfatização;
 - d) () usinagem.

Gabarito

1. b

2. a

3. d

4. d

5. b

6. a

7. c

Pré-tratamento

Um problema

Geralmente, as peças que terão suas superfícies tratadas já se apresentam como produtos quase prontos, ou seja, trefilados, fundidos, forjados, estampados, usinados etc.

As superfícies das peças nessas condições não podem ser tratadas imediatamente porque, normalmente, apresentam resíduos de óleo, trincas, restos de graxas e de abrasivos de polimento. Portanto, é necessário um pré-tratamento das superfícies, de modo que elas fiquem muito bem limpas antes do tratamento propriamente dito.

Procedimentos

Os procedimentos de pré-tratamento de superfícies de metais podem ser mecânicos ou químicos.

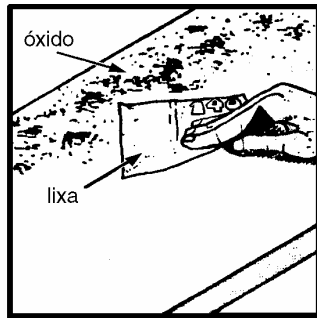
Pré-tratamento mecânico

Os processos mecânicos constam de lixamento, jateamento, vibração e tamboreamento. Por meio deles, são removidos defeitos e imperfeições.

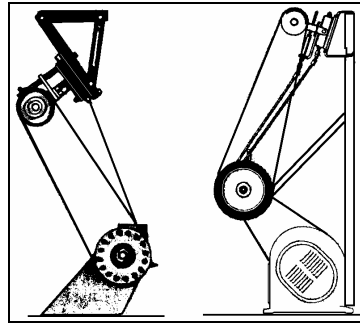
Lixamento

No lixamento, a superfície metálica da peça é desgastada até o ponto em que os defeitos (riscos ou buracos) tenham sido remo-

vidos totalmente. O instrumento utilizado é a **lixa** que pode ser usada manualmente ou com máquinas.



Lixamento manual



Máquinas lixadeiras

As lixas se compõem de três partes principais: costado, cola ou resina, abrasivo.

O costado é feito em tecido ou papel, e sua função é servir de suporte para os grãos abrasivos.

A cola ou resina serve para manter os grãos abrasivos unidos e bem aderentes ao costado.

O abrasivo corta e remove as imperfeições do metal. Portanto, deve ter alta dureza e formato em ângulo.

Os abrasivos mais utilizados são o **óxido de alumínio** e o **carbeto de silício**, encontrados nas mais variadas granulações. Os grãos são classificados de acordo com seu tamanho, que é identificado por um número colocado na parte posterior da lixa. À medida que o número de identificação aumenta, diminui o tamanho do grão. Assim, lixas de grãos mais finos são identificadas com números mais altos.

Para metais, são mais usadas as lixas de grana 150, 180, 220, 240, 280, 320.

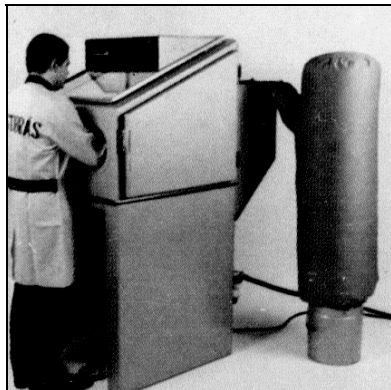
Em algumas operações de pintura, utilizam-se lixas de granulação mais fina, de 400 até 600 granas. Nesses casos, faz-se uso das lixas junto com um jato de água, para evitar seu empastamento e a perda do poder de corte.

Num processo normal de lixamento, os riscos ou imperfeições são eliminados com lixas mais grossas. Na seqüência, aplicam-se lixas de granas cada vez menores com a finalidade de apagar riscos causados pelas lixas anteriores.

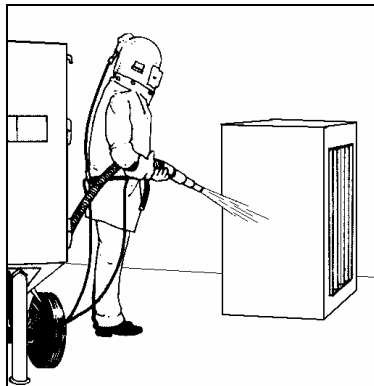
Duas outras operações são muito utilizadas para se obter uma superfície de boa qualidade após o lixamento: escovamento e polimento. Com esses processos obtemos superfícies espelhadas. Eles devem ser usados somente em circunstâncias que exijam esse tipo de acabamento. São empregadas escovas de pita ou sisal e rodas de pano, em uma máquina denominada **politriz**, com aplicação de massas de polimento.

Jateamento

Trata-se de um processo empregado para a limpeza das peças em que serão aplicadas tintas, com a finalidade de proteger grandes estruturas metálicas da corrosão.



Máquina de jatear



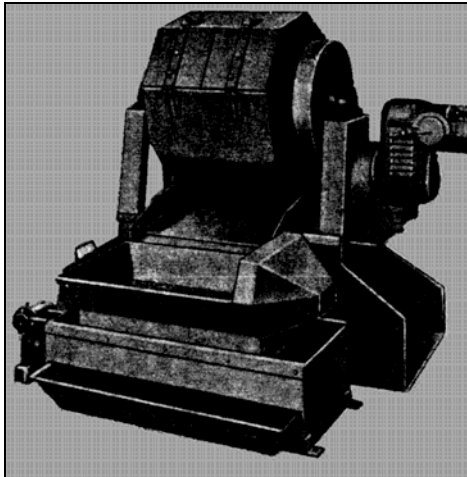
Jateamento de grandes estruturas

Com auxílio de um revólver, acionado por ar comprimido, projeta-se o abrasivo contra a estrutura metálica a ser limpa. A força mecânica transmitida ao abrasivo é suficiente para remover capas de ferrugens ou quaisquer outras substâncias da superfície. Esse processo deixa o metal perfeitamente limpo para receber as tintas anticorrosivas. Os abrasivos mais utilizados são: granalha de aço, esferas de vidro, areia e carbeto de silício.

Vibração e tamboreamento

Não se faz lixamento em peças com tamanho reduzido ou de conformação geométrica complicada. Nesses casos, a vibração e o tamboreamento são os procedimentos corretos.

Esses dois processos partem do mesmo princípio, com máquinas diferentes. A idéia é atritar a superfície da peça com um abrasivo adequado, de modo que ele remova as imperfeições da superfície da peça. Na vibração, o abrasivo e as peças são colocadas num recipiente com formato de uma grande panela acoplada a um vibrador. O vibrador faz com que o abrasivo atinja as peças para remover imperfeições da superfície.



Tambor rotativo

No tamboreamento, peças e abrasivos são colocados dentro de um tambor. Por meio de movimentos rotatórios, o atrito do abrasivo contra as peças faz a limpeza necessária.

Pré-tratamento químico

Neste tipo de tratamento utilizamos produtos químicos, prontos para uso ou dissolvidos em água. Obtêm-se soluções com propriedades de desengraxamento ou de remoção de óxidos da superfície dos metais.

Os processos de **desengraxamento** e **decapagem** são usados universalmente.

Desengraxamento

Esta operação remove óleos e graxas da superfície do metal. Uma superfície oleosa ou engraxada, ao ser atingida por um jato de água, apresenta grande dificuldade para manter a água. A presença de oleosidade faz com que se formem ilhas de água intercaladas com regiões secas, conhecidas popularmente como “quebra d’água”.

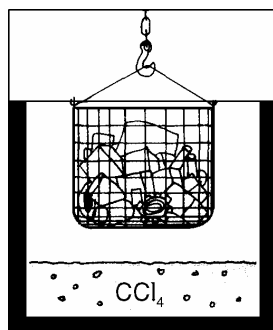
A superfície bem desengraxada deixa-se molhar em toda a sua extensão apresentando um filme contínuo sem interrupção. Essa é a melhor maneira de distinguir se uma superfície está bem ou mal desengraxada.

Existem diversas maneiras de se desengravar uma superfície, dependendo da quantidade e da natureza do óleo ou graxa. Três substâncias se destacam: solventes, emulsificantes, alcalinos.

Desengraxamento por solventes

No desengraxamento, a peça é colocada no próprio solvente ou nos seus vapores. Nessas operações são muito utilizados os solventes orgânicos dos tipos: tricloretileno e perclloretileno.

Esses solventes são eficientes no desengraxamento, porém apresentam efeitos tóxicos e devem ser substituídos por outros menos perigosos. Além de serem tóxicos, sua decomposição em ácido clorídrico causa corrosão.



Desengraxantes emulsificantes

Os óleos assumem a forma de glóbulos finos na presença de um detergente. É o que se chama de emulsificação.

A emulsificação permite que gotas de óleo de tamanho relativamente grande sejam transformadas em gotículas tão pequenas que se distribuem na água como se estivessem dissolvidas nela. Assim, fica mais fácil a remoção do óleo da superfície dos metais.

O desengraxamento por emulsão se dá em duas fases processadas em dois tanques. No primeiro, existe um solvente orgânico, como a aguarrás, no qual é dissolvido um detergente adequado. O segundo tanque contém apenas água.

Ao passar no primeiro tanque, os óleos e graxas absorvem o detergente. No segundo tanque, transformam-se em gotículas que são removidas da superfície. Uma lavagem posterior completa o ciclo de limpeza.

Desengraxamento alcalino

O meio alcalino - ou seja, solução de água com hidróxido de sódio, potássio etc. - se presta melhor ao desengraxamento. A transformação dos óleos em gotículas é mais eficiente no meio alcalino do que no meio ácido. O desengraxamento alcalino pode se processar de duas maneiras: por imersão (pulverização) e por processo eletrolítico.

No desengraxamento alcalino empregam-se soluções de produtos químicos de natureza alcalina juntamente com tensoativos (produtos que baixam a tensão da superfície de um material).

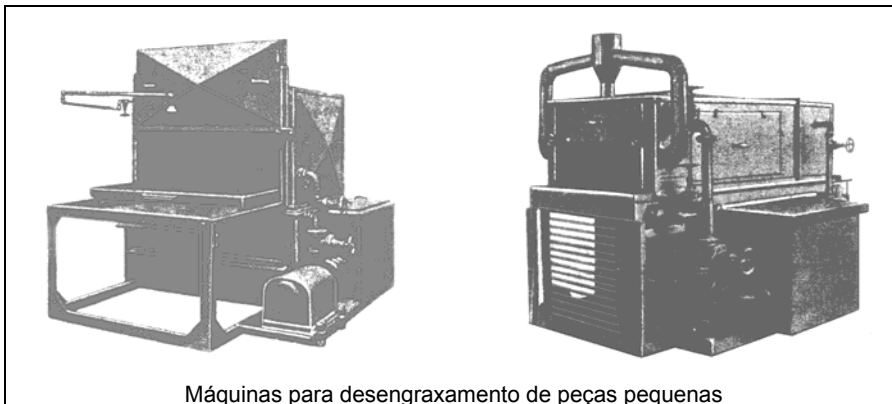
Os produtos mais utilizados na formulação de desengraxantes alcalinos são soda cáustica (ou hidróxido de sódio), silicato de sódio, carbonato de sódio, fosfatos de sódio e tripolifosfato de sódio.

- **Desengraxamento por imersão (pulverização)**

As soluções são preparadas em tanques com aquecimento. As peças são mergulhadas nas soluções e lá permanecem até a remoção dos óleos da superfície.

Peças de grandes proporções, como carrocerias de veículos, gabinetes de geladeira ou máquinas de lavar roupa, são desengraxadas numa operação contínua, em túneis. O produto é aplicado com bicos que pulverizam desengraxante na sua superfície.

O desengraxamento por imersão (pulverização) é aplicado a temperaturas altas, entre 60°C e 90°C.



Máquinas para desengraxamento de peças pequenas

- **Desengraxamento eletrolítico**

A limpeza é de extrema importância para peças que serão revestidas com metais. Nesses casos, usa-se o desengraxamento eletrolítico.

As soluções empregadas no desengraxamento eletrolítico têm composição semelhante a daquelas utilizadas no processo por imersão, com a diferença de que no processo eletrolítico se faz passar uma corrente elétrica através da solução.

O princípio é o mesmo de quando se lava um utensílio doméstico com detergente. A eficiência é sempre maior quando se esfrega uma esponja sobre o utensílio. No nosso caso, o efeito de esfregamento é substituído pelo desprendimento de gás na superfície da peça.

Faz-se passar uma corrente elétrica na solução para gerar gás na superfície dos eletrodos. A corrente pode ser ligada ao pólo

positivo ou negativo de um retificador. Se a peça for ligada ao pólo positivo, desprende-se oxigênio; se for ligada ao pólo negativo, desprende-se hidrogênio. No primeiro caso, dizemos que o desengraxamento é **anódico**, e no segundo, **catódico**.

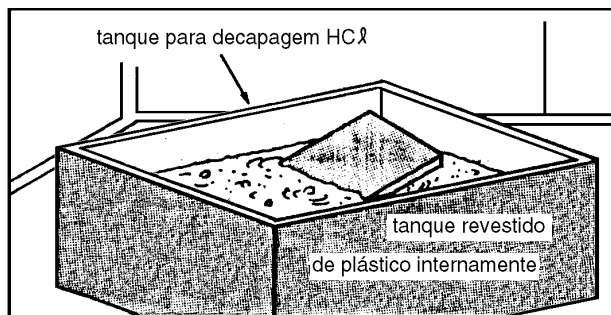
- **Decapagem**

O processo de decapagem serve para remover óxidos dos metais e deixar a superfície quimicamente limpa. Utiliza-se a decapagem para limpar superfícies nas quais não se consegue uma limpeza perfeita com processos mecânicos, como o lixamento. O sistema é aplicado, principalmente, em parafusos, porcas, arruelas e pequenas peças.

Nesse processo, a seleção do decapante depende da natureza do metal-base e da composição do óxido superficial. Em princípio, o decapante deve remover o óxido sem atacar o metal-base.

Como decapantes, são usados ácidos, substâncias alcalinas e misturas de ácidos ou aditivos que aumentam a velocidade da decapagem.

Em aço de baixo teor de carbono, o produto mais utilizado é o ácido clorídrico, aplicado por imersão. A peça é mergulhada na solução decapante, onde permanece até a remoção completa da ferrugem.



Operação de decapagem

Em geral, o ácido clorídrico é aplicado diluído em água, em proporções variáveis.

Para evitar ataque excessivo ao metal-base, adiciona-se à solução decapante um inibidor cuja função é permitir a ação do ácido sobre os óxidos e reprimir o ataque do ácido sobre o metal.

Outro ácido muito empregado é o sulfúrico. É aplicado em temperaturas de 50°C para melhorar a eficiência da decapagem.

A decapagem do alumínio é feita com uma solução de hidróxido de sódio (ou soda cáustica) numa temperatura de 80°C. Os óxidos são removidos e o alumínio é pouco atacado, apesar de haver forte desprendimento de gases.

Metais, como o cobre, e ligas, como o latão, são decapadas com soluções de ácido crômico ou com misturas de ácidos fosfórico, sulfúrico, nítrico e clorídrico.

Após cada operação de desengraxamento ou decapagem deve-se fazer lavagens em quantidade suficiente para a remoção completa das soluções de tratamento. Caso contrário, a superfície fica manchada ou ocasiona a contaminação dos tanques.

Teste sua aprendizagem. Faça os exercícios a seguir e confira suas respostas com as do gabarito.

Exercícios

Marque com **X** a resposta correta.

1. O principal objetivo do pré-tratamento de superfície de metais é:
 - a) () polir as superfícies;
 - b) () deixar as superfícies engraxadas;
 - c) () deixar as superfícies perfeitamente limpas;
 - d) () trefilar as superfícies.

2. O pré-tratamento pode ser:
 - a) () mecânico ou químico;
 - b) () manual ou mecânico;
 - c) () automático ou químico;
 - d) () manual ou automático.

3. Os processos mecânicos podem ser dos seguintes tipos:
- a) () tamboreamento, jateamento, engraxamento;
 - b) () jateamento, lixamento, vibração, tamboreamento;
 - c) () vibração, polimento, jateamento, desengraxamento;
 - d) () lixamento, engraxamento, jateamento.
4. Para obter superfícies espelhadas são necessárias as operações, em seqüência, de:
- a) () jateamento e lixamento;
 - b) () lixamento e escovamento;
 - c) () polimento e jateamento;
 - d) () escovamento e polimento.
5. Em peças de tamanho reduzido e com certa conformação geométrica são recomendáveis:
- a) () polimento e lixamento;
 - b) () vibração e tamboreamento;
 - c) () tamboreamento e polimento;
 - d) () vibração e lixamento.
6. São processos de pré-tratamento químico:
- a) () decapagem e vibrações;
 - b) () jateamento e lixamento;
 - c) () desengraxamento e decapagem;
 - d) () vibração e tamboreamento.
7. Para eliminar óleos de superfícies podem ser usados:
- a) () ácidos;
 - b) () solventes;
 - c) () água pura;
 - d) () gases.
8. O desengraxamento tem por finalidade:
- a) () remover carepas;
 - b) () remover óleos e graxas;
 - c) () dar brilho à superfície;
 - d) () eliminar porosidades.
9. Para remover óxidos dos metais usa-se o processo de:

- a) () decapagem;
- b) () emulsão;
- c) () desengraxamento;
- d) () lavagem.

10. É operação obrigatória entre dois processos:

- a) () secagens;
- b) () vaporizações;
- c) () lavagens;
- d) () zincagem.

Gabarito

1. c

2. a

3. c

4. b

5. b

6. c

7. b

8. a

9. d

10. c

Um problema

Geralmente, produtos fabricados em aço podem ser destruídos pela corrosão. Metais ou ligas, como o alumínio e até mesmo aços galvanizados, também correm o risco da corrosão.

Uma das soluções para esse problema consiste na pintura de produtos, como veículos, móveis, aparelhos eletrodomésticos e até edificações.

A pintura é, portanto, um importante meio de tratamento de superfícies no sentido de preservar uma série de produtos.

Importância da pintura

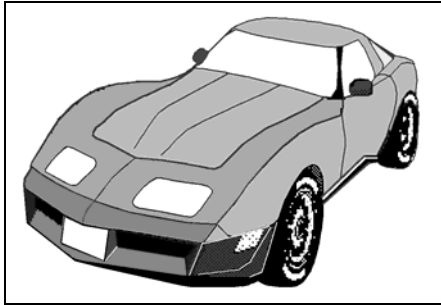
Podemos proteger e preservar produtos por meio de revestimento. Entre as várias substâncias adequadas ao revestimento, destacam-se as tintas.

Uma das principais vantagens da pintura refere-se à relação custo/benefício. O trabalho é relativamente fácil para as técnicas de aplicação mais comuns, como a pincel, a rolo e a pistola convencional, fica barato e favorece bastante a preservação dos produtos. Por exemplo, uma pintura com espessura de 75 micrômetros representa somente 0,8% do valor total de um carro médio.

Uma lata de alimento pode ser protegida da corrosão se for pintada com tinta com espessura igual a um décimo de um fio de cabelo. A pintura modifica a aparência e preserva o sabor do

alimento. E o custo da pintura não passa de 0,4% do custo total de venda ao consumidor.

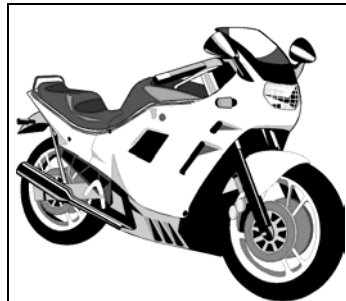
Outra vantagem das tintas é que elas podem ser aplicadas em superfícies irregulares e em locais de difícil acesso, como cavidades, colunas, contornos de cabines de ônibus.



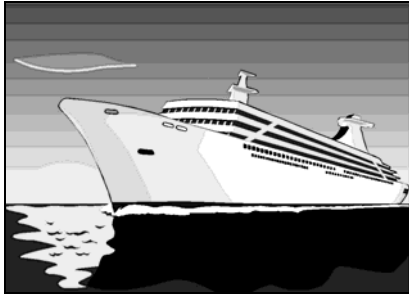
Finalidades da pintura

A principal finalidade da pintura é a de proteger peças ou objetos contra corrosão. Mas existem outras finalidades:

- tornar a aparência atraente;
- auxiliar na segurança industrial;
- impermeabilizar;
- diminuir rugosidade;



- facilitar a identificação de fluidos em tubulações e reservatórios;
- impedir a aderência de vida marinha ao casco de embarcações e bóias;
- permitir maior ou menor absorção de calor.



Conceito de pintura

Pintura é a aplicação de uma substância líquida, pastosa ou em pó numa superfície metálica ou não que, após secagem e/ou cura, forma um revestimento duro.

Pintura industrial

A pintura industrial é um sistema que se caracteriza por quatro fases importantes:

- seleção adequada dos esquemas de pintura;
- aquisição das tintas;
- seleção da técnica de aplicação e controle da qualidade de aplicação;
- inspeção e acompanhamento da pintura.

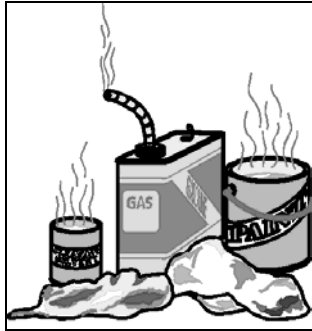
Essas quatro fases são baseadas em normas, procedimentos e padrões que definem os critérios de qualidade a serem observados.

Um esquema geral de pintura consta dos seguintes passos:

- **Inspeção e preparação da superfície** - É preciso inspecionar a superfície para verificar se ela apresenta óleos, gorduras, poeira, umidade, resíduos de tratamentos de superfícies, óxidos de laminação e produtos de corrosão. Antes de mais nada, esses elementos devem ser retirados da superfície. A preparação consiste numa limpeza que possibilite a boa aderência da tinta e a formação de uma rugosidade na superfície para facilitar essa aderência.
- **Aplicação da tinta de fundo ou primer** - As tintas de fundo (prímeres) devem ser aplicadas em uma ou mais demãos, e são responsáveis pela proteção anticorrosiva. Essas tintas, na

sua grande maioria, contêm pigmentos de propriedades anti-corrosivas que garantem maior proteção ao objeto pintado.

- **Aplicação da tinta de acabamento** - As tintas de acabamento também devem ser aplicadas em uma ou mais demãos. Elas dão a cor final à peça, e as películas (revestimentos) que formam funcionam como uma primeira barreira entre o meio agressivo e a tinta de fundo. Quanto mais impermeáveis elas forem, melhor será o resultado.



Coesão e adesão

A película da pintura deve ter duas características:

- **Coesão** - Consiste na união dos diversos constituintes do revestimento, de forma a apresentar um película contínua, sem falhas e imperfeições.
- **Adesão à superfície** - Trata-se da fixação da película à superfície a ser protegida. A adesão à superfície é conseguida por meio da fixação mecânica da tinta nas rugosidades, porosidades e irregularidades da superfície.

Constituintes das tintas

Os constituintes de uma tinta estão distribuídos em dois grupos:

- **básicos**: aparecem necessariamente numa tinta completa;
- **eventuais**: incorporados a alguns tipos de tintas.

Os constituintes básicos são: veículo, solvente e pigmentos. O **veículo** é a parte principal da tinta. Geralmente é uma resina. O

veículo é o formador e o colante das partículas. Ele dá à película as seguintes propriedades:

- maior ou menor dureza;
- maior ou menor resistência à umidade, a ácidos ou bases e solventes;
- resistência a mudanças de clima, umidade, água;
- resistência às radiações ultravioleta do Sol.

Exemplos de veículos:

- óleos secativos: linhaça, soja, tungue, oiticica;
- resinas alquídicas e fenólicas, puras ou modificadas com óleos;
- resinas acrílicas, vinílicas, borrachas cloradas, estireno acrilato;
- resinas epóxi, poliuretana, silicone;
- materiais betuminosos: piche de carvão, alcatrão de hulha;
- inorgânicos: silicato de sódio, etilsilicato.

O **solvente** é a parte da tinta que normalmente se evapora. É uma substância capaz de dissolver a resina e diminuir sua viscosidade, facilitando a aplicação da tinta.

Exemplos de solventes mais usados:

- hidrocarbonetos alifáticos: aguarrás mineral, nafta;
- hidrocarbonetos aromáticos: tolueno, xileno;
- álcoois: etílico, butílico, isopropílico;
- ésteres: acetatos de etila, de butila, de isopropila, de etilglicol;
- cetonas: metil-etil-cetona, metil-isobutil-cetona, ciclo-hexa-nona;
- água.

Na preparação das tintas, os fabricantes usam uma mistura de solventes, procurando balancear sua proporção, de modo a conseguir:

- solvência adequada;
- tempo de secagem apropriado;
- perfeita formação da película;
- menor custo possível.

É desaconselhável misturar solventes de diferentes tintas e usar o solvente de um tipo de tinta em outro tipo. Devemos utilizar o solvente especificado pelo fabricante da tinta.

Os **pigmentos** são, geralmente, substâncias em pó adicionadas às tintas para:

- dar cor e opacidade: pigmentos tintoriais;
- aumentar a espessura da película: pigmentos reforçantes (cargas);
- conferir propriedades anticorrosivas: pigmentos anticorrosivos;
- acrescentar finalidades específicas: pigmentos especiais.

Quanto à sua natureza, os pigmentos podem ser substâncias orgânicas ou inorgânicas.

Propriedades dos Pigmentos	
Orgânicos	Inorgânicos
Menor densidade	Maior densidade
Maior brilho	Menor brilho
Menor resistência química	Maior resistência química
Baixa resistência aos raios ultravioleta do Sol	Alta resistência aos raios do Sol

Os pigmentos usados para dar cor são orgânicos, com exceção dos brancos, que são todos inorgânicos. Os **pigmentos tintoriais** mais importantes são:

- Não metálicos
 - Dióxido de titânio (cor branca): considerado matéria-prima básica na formulação de tintas.
 - Óxido de ferro: pigmento vermelho que, sendo inerte, age também como pigmento protetor e reforçante (carga).
 - Carbonatos de chumbo ou de bismuto: usados para obtenção das pinturas perolizadas que dão acabamento acetinado às carrocerias dos automóveis.
- Metálicos
 - Alumínio: responsável pelo aspecto metálico das tintas de acabamento. Pode ser ou não produzido em partículas lamelares (forma de lâminas). Os pigmentos lamelares são utilizados em tintas de acabamento. Eles sobrenadam e se entrelaçam, proporcionando maior proteção. O alumínio não lamelar é utilizado nas tintas de acabamento policromático (que tem várias cores) ou metálico, empregadas principalmente na pintura de automóveis.

Os **pigmentos reforçantes**, além de aumentar a espessura da película e contribuir com suas propriedades físicas e químicas para melhorar o revestimento, têm as funções de:

- aumentar o rendimento e a viscosidade da tinta;
- controlar o brilho;
- diminuir o custo do produto.

São pigmentos reforçantes o talco, o caulim, o amianto e o gesso.

Os **pigmentos anticorrosivos** são usados nas formulações das tintas de fundo, principalmente. Os mais utilizados são:

- zarcão: altamente protetor mas que vem sendo substituído devido à sua elevada toxicidade;
- cromato de zinco: melhor que o zarcão em termos de vida útil e custo;
- cromato básico de zinco: com poder protetor menor que o cromato de zinco;
- fosfato de zinco: utilizado em substituição ao zarcão, por possuir propriedades anticorrosivas semelhantes e não ser tão tóxico;
- pó de zinco: pigmento metálico protetor, utilizado em altas concentrações da ordem de 75% a 95% em peso.

As tintas com pó de zinco são usadas nos casos em que o objeto pintado fica exposto à ação de imersão em produtos químicos, de produtos de petróleo, de atmosferas altamente agressivas e de temperaturas elevadas.

Os **pigmentos especiais** são utilizados como:

- impermeabilizantes: alumínio lamelar e mica são adicionados às tintas de fundo e de acabamento para aumentar a proteção por barreira, enquanto que os óxidos de ferro são muito usados nas tintas de fundo;
- perolados: carbonatos de chumbo ou de bismuto são adicionados para dar um tom acetinado às tintas de acabamento;
- fluorescentes e fosforescentes: utilizados em tintas de sinalização e demarcação para ressaltar a ação da luz em faixas e placas;

- antiincrustante (antifouling): adicionados às tintas de uso marinho, para a pintura de cascos de embarcações e bóias, evitando a aderência de cracas, mariscos, corais, ostras e algas.

Aditivos

Os aditivos são empregados para melhorar certas características ou propriedades da tinta. Os principais aditivos usados em tintas são:

- **Plastificantes** - Dão à película maior flexibilidade. São adicionados às fórmulas de tintas, evitando películas muito duras e quebradiças. Por exemplo: óleos não-secativos (mamona e coco) nas formulações das tintas alquídicas e fenólicas modificadas.
- **Secantes** - Agem como aceleradores da secagem nas tintas que secam pela oxidação de óleos. Reduzem o tempo de secagem das tintas a óleo.
- **Antipele** ou **antinata** - Evitam a formação de uma pele sobre a superfície líquida da tinta, dentro da lata, durante o tempo de armazenamento. Esses aditivos são denominados antioxidantes.
- **Tensoativos** ou **anti-sedimentantes** - Mantêm os pigmentos em suspensão, dificultando seu acúmulo no fundo da lata.
- **Espessantes, geleificantes** ou **tixotrópicos** - Dão à tinta a consistência adequada para que possa ser aplicada em superfícies verticais.
- **Nivelantes** - São tensoativos que baixam a tensão superficial das tintas. Melhoram o espalhamento delas e evitam o aparecimento de marcas deixadas pelos pêlos (cerdas) dos pincéis e trinchas.
- **Folheantes** - Unem as partículas de pigmentos de baixo peso, possibilitando-lhes sobrenadar e se entrelaçar na película úmida.

Teste sua aprendizagem. Faça os exercícios a seguir e confira suas respostas com as do gabarito.

Exercícios

Marque com **X** a resposta correta.

1. Entre as várias substâncias adequadas a revestimentos destacam-se:
 - a) () os corantes;
 - b) () os pigmentos;
 - c) () os óleos;
 - d) () as tintas.

2. Uma das principais vantagens da pintura refere-se à relação:
 - a) () custo/mão-de-obra;
 - b) () custo/benefício;
 - c) () custo/matéria-prima;
 - d) () custo/lucro alto.

3. Os bens materiais são protegidos da corrosão, principalmente, por meio da:
 - a) () condição de armazenamento;
 - b) () embalagem;
 - c) () pintura;
 - d) () seleção da matéria-prima.

4. Um esquema geral de pintura consta de inspeção, preparação da superfície, aplicação da tinta de fundo e:
 - a) () polimento;
 - b) () aplicação de graxa;
 - c) () secagem;
 - d) () aplicação da tinta de acabamento.

5. A película de pintura deve ter:
 - a) () coesão e adesão;
 - b) () pigmentos e coesão;
 - c) () coesão e fluidez;
 - d) () adesão e consistência.

6. Os constituintes básicos das tintas são:

- a) () solvente, pigmentos e cal;
- b) () veículo, solvente e pigmentos;
- c) () veículo, pigmentos e óleo;
- d) () pigmentos, solvente e cor.

Gabarito

- | | | | |
|------|------|------|------|
| 1. d | 2. b | 3. c | 4. d |
| 5. a | 6. b | 7. b | |

Um problema

Como escolher a tinta adequada a determinado serviço? A resposta a essa questão requer, primeiro, conhecimentos das características e tipos de tintas.

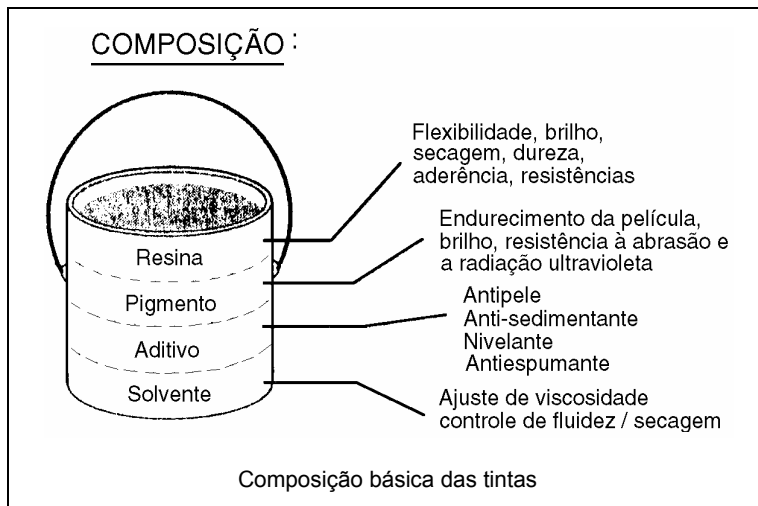
Introdução

Na aula anterior, vimos que o veículo é o constituinte fundamental da tinta. Agora, vamos estudar as substâncias que formam o veículo. Essas substâncias são óleos, resinas, misturas de óleos e resinas ou misturas de resinas (sistema de resinas).

Na grande maioria das tintas, o veículo é constituído por uma resina ou por uma mistura de resinas. As resinas formam a base das propriedades da película (filme) da tinta. O conhecimento dessas propriedades é fundamental, pois ele nos permite escolher que tintas usar para cada uma das diferentes necessidades. As propriedades dos veículos são:

- resistência a produtos químicos (ácidos, álcalis, solventes);
- dureza;
- flexibilidade;
- resistência ao atrito;
- adesão;

- durabilidade.



Sistema de resinas é uma mistura de resinas que forma o veículo de uma tinta.

Algumas variações dessas propriedades podem ser conseguidas pela modificação de outros componentes (pigmentos, aditivos) da formulação. Mas é o veículo que exerce a maior influência.

A resina ou o sistema de resinas também é o principal responsável pelo processo de formação da película quando se dá a secagem e/ou a cura. Nesse processo, as modificações decorrentes da adição de misturas de solventes ou de aditivos não chegam a alterar significativamente a secagem e a cura da tinta.

Nomenclatura das tintas

O veículo dá nome à tinta. Há uma tendência para identificar as tintas com nomes genéricos:

- **Tinta de fundo** - Usa-se o nome do primeiro protetor (pigmento anticorrosivo), seguido do nome do veículo.

Exemplo: zarcão óxido de ferro epóxi
 ↴ pigmento ↴ pigmento ↴ veículo

- **Tinta de acabamento** - As tintas de acabamento podem ser nomeadas de dois modos:
 - Por esmalte, seguido do nome do veículo e da cor da tinta.
Exemplos: esmalte epóxi branco, esmalte acrílico vermelho.
 - Por tinta de acabamento, seguido do nome do veículo e da cor.
Exemplo: tinta de acabamento vinílica branca.

***Cura** é o processo de formação da película (filme), por meio de reações químicas de polimerização, com ou sem a adição de calor.*

O esmalte é uma tinta de secagem muito rápida. Forma revestimentos duros e aderentes, brilhantes e de aparência vítrea. Em algumas formulações, ele é modificado com a adição de pigmentos que proporcionarão acabamento acetinado ou semibrilhante.

Tipos de tintas

As tintas, em sua grande maioria, são substâncias orgânicas, havendo algumas poucas famílias de tintas inorgânicas e semi-orgânicas.

As orgânicas, em geral, suportam temperaturas de até 80°C, sendo que as resinas epóxis e fenólicas resistem a até 120°C.

As inorgânicas resistem a temperaturas de até 600°C.

As semi-orgânicas suportam temperaturas intermediárias entre 120°C e 250°C.

Classificação das tintas

As tintas foram desenvolvidas para que tivessem características e propriedades e atendessem a determinadas necessidades. Os veículos são os principais responsáveis por essas características e propriedades. As tintas são classificadas, de acordo com os

veículos que as constituem, em tintas convencionais, seminobres e nobres.

Tintas convencionais

- **Tintas a óleo** - São tintas formuladas com óleos vegetais. Sua secagem é demorada. Não devem ser aplicadas em peças que serão imersas, nem naquelas que ficarão em atmosfera com umidade relativa superior a 60%, pois, desse modo, os óleos viram sabão. Essas tintas caracterizam-se pela extrema facilidade de fixação à superfície. Um lixamento manual é suficiente na preparação da superfície para a pintura.
- **Tintas de resinas alquídicas modificadas com óleo** - As resinas alquídicas são utilizadas na pintura de automóveis, de eletrodomésticos, de equipamentos, em ambientes de média agressividade.
- **Tintas de resinas fenólicas modificadas com óleo** - As tintas com resinas fenólicas resistem mais à umidade do que as anteriores. As tintas de cores claras ficam amareladas sob a ação dos raios ultravioleta (UV) do Sol. Resistem a temperaturas de até 120°C quando pigmentadas com alumínio.
- **Tintas betuminosas** - São fabricadas com a mistura de asfalto e piche. Secam durante a evaporação do solvente. São baratas e de boa resistência à umidade. Recomendáveis para ambientes úmidos ou para imersão, no caso de serviços de pouca responsabilidade e no qual a cor preta puder ser utilizada. Quanto à aderência, são semelhantes às tintas a óleo, necessitando do mesmo tipo de preparação de superfície.

As tintas convencionais têm em comum as seguintes características:

- exigem pouca preparação da superfície: limpeza manual, limpeza com ferramentas mecânicas ou jateamento comercial;
- secam pela oxidação do óleo (reação com o oxigênio) e pela evaporação do solvente, com exceção das betuminosas, que secam somente pela evaporação do solvente;
- são indicadas para atmosfera pouco agressiva, sendo que as alquídicas e as fenólicas, modificadas com óleo, podem ser usadas em atmosfera mediamente agressiva.

Complementando, as resinas alquídicas e fenólicas puras necessitam de calor para a formação do filme. Formam películas muito duras e quebradiças. Quando as resinas são modificadas com óleo, tornam-se flexíveis e não requerem a utilização de estufa para formação do filme. Podem ser usadas na pintura de estruturas, tubulações, tanques e equipamentos de qualquer tamanho.

Tintas seminobres

- **Tintas acrílicas** - As tintas formuladas com resinas acrílicas têm grande resistência aos raios UV. Possuem razoável resistência aos ácidos e álcalis. São recomendáveis para as pinturas de acabamento que requerem boa aparência (beleza e brilho).
- **Tintas de borracha clorada** - As resinas constituídas de borracha natural clorada recebem a adição de plastificantes que as tornam resistentes a ácidos e álcalis. São pouco tóxicas e não apresentam gosto (insípida) ou cheiro (inodora), sendo, por isso, recomendáveis para pintura de reservatórios de água potável. Apresentam alguns problemas que limitam o seu uso:
 - degradação em temperaturas acima de 65°C, liberando ácido clorídrico;
 - possível aparecimento de poros;
 - fissuras, devido ao processo de plastificação.
- **Tintas vinílicas** - As tintas fabricadas com essas resinas são resistentes a ácidos e bases; possuem boa resistência à abrasão (atrito) e impermeabilidade, mesmo no caso de películas muito finas. São recomendáveis para pintura externa e interna de latas de alimentos e bebidas, de cascos de embarcações e bóias.
- **Tintas de estirenoacrilato** - São resistentes aos raios UV e podem substituir as resinas acrílicas quando se deseja boa aparência com a permanência de brilho e cor.

Tintas nobres

- **Tintas epóxis** - Essas tintas, do mesmo modo que as colas epóxis, são fornecidas em dois componentes: um galão (3,6 litros), contendo a resina epóxi, e uma lata de um quarto de galão (0,9 litros), com o agente de cura (endurecedor) - uma amina ou amida. A escolha de um ou outro agente de cura depen-

de das características e propriedades desejadas para a película.

Agente de cura – Propriedades	
Amina	Amida
<ul style="list-style-type: none">• Excelente resistência a derivados de petróleo e produtos químicos.• Pouco tempo de secagem.• Difícil de aplicar em locais muito úmidos, ocorrendo a formação de um composto esbranquiçado (quetimina) que danifica o filme.	<ul style="list-style-type: none">• Grande resistência à água; fácil de aplicar em ambientes muito úmidos, secando mesmo em imersão.• Próprio para películas mais flexíveis e aderentes.• Baixa resistência a solventes, ácidos e álcalis.• Demoram mais a secar.

Além dessas propriedades, as tintas epóxis apresentam boa resistência ao atrito e ao impacto. São de duas a quatro vezes mais baratas que as outras tintas nobres. Por isso, mostram grande aceitação e uso, principalmente em nosso país.

Essas tintas não devem ser usadas como tinta de acabamento e nas aplicações em que beleza e brilho sejam características importantes, pois ficam opacas em pouco meses, sob a ação dos raios do sol.

Os componentes só devem ser misturados, proporcionalmente, quando a superfície (substrato) estiver pronta, pois o **pot-life** (tempo disponível para a aplicação) é pequeno: de 30 a 60 minutos.

Essa tinta é utilizada, ainda, na pintura de equipamentos industriais, peças e estruturas em atmosferas industriais altamente agressivas, em reservatórios de solventes, de ácidos e de produtos alcalinos, bem como em plataformas marítimas, cascos de navios, bóias, estruturas de cais, píeres e ancoradouros, suportando temperaturas de até 120°C.

A tinta alcatrão de hulha epóxi permite a obtenção de películas plásticas impermeáveis com espessura grossa (150 a 180 micrômetros). É muito utilizada nos esquemas de pintura para i-

mersão em água doce ou salgada. É mais barata que as tintas epóxis puras.

- **Tintas de poliuretana** - Apresentam boa resistência aos agentes químicos, ao atrito e aos raios ultravioleta, proporcionando acabamento de grande beleza e brilho. Dependendo da formulação, podem ser aplicadas também em superfícies de plástico, madeira e borracha. São formados de dois componentes, dispondo de 6 a 10 horas para aplicação. Devido às suas propriedades, são usadas na pintura de iates, barcos de luxo e transatlânticos, sendo as únicas recomendadas para silos e vagões de fertilizantes.

- **Tintas de silicone** - São resinas semi-orgânicas com silício, e precisam ser aquecidas até 300°C (cura por conversão térmica) para se solidificarem. As mais usadas são pigmentadas em zinco (tintas de fundo) e em alumínio (tintas de acabamento). Suportam temperaturas de até 500°C.

As tintas de silicone, modificadas com resinas alquídicas ou acrílicas, resistem a temperaturas de até 250°C, secam em temperatura ambiente e são mais baratas. Recebem o nome de tintas de silicone modificadas.

- **Tintas ricas em zinco** - Têm alto teor de zinco metálico na película seca, entre 75 e 95% em peso. As principais são: zinco epóxi, silicato inorgânico de zinco e etil-silicato de zinco. A aplicação das tintas ricas em zinco é conhecida como galvanização a frio.

A tinta de etil-silicato de zinco tem dois componentes. É recomendável para tinta de fundo em atmosferas muito agressivas, para reservatórios de derivados de petróleo (combustíveis e solventes) e de produtos químicos (ácidos e álcalis), resistindo a temperaturas de até 250°C.

As tintas nobres têm as seguintes características em comum:

- mecanismo de formação do filme por polimerização ou conversão térmica;
- são indicadas para ambientes altamente agressivos ou em condições severas de utilização (imersão, superfícies quentes);
- requerem jateamento ao metal branco para preparação do fundo.

Vernizes

Além das tintas, podemos aplicar vernizes com as mesmas vantagens. No verniz existem todos os componentes da tinta, menos os pigmentos. Ele recobre a superfície com uma película brilhante e transparente.

Os vernizes acrílicos podem ser usados como última demão na pintura de automóveis. Proporcionam beleza e brilho, e protegem a pintura da “queima” pelos raios do sol, como um filtro solar.

Teste sua aprendizagem. Faça os exercícios a seguir e confira suas respostas com as do gabarito.

Exercícios

Marque com **X** a resposta correta.

1. As propriedades da película (filme) de tinta, como resistência, dureza, flexibilidade dependem fundamentalmente:
 - a) () dos pigmentos;
 - b) () dos aditivos;
 - c) () das resinas;
 - d) () dos corantes.

2. A mistura de resinas forma:
 - a) () pigmentação da tinta;
 - b) () granulação da tinta;
 - c) () coloração da tinta;
 - d) () veículo da tinta.

3. Quanto ao tipo, as tintas podem ser:
 - a) () orgânicas, inorgânicas e semi-orgânicas;
 - b) () orgânicas e artificiais;
 - c) () básicas e coloridas;
 - d) () densas e consistentes.

4. As tintas são conhecidas como tintas de:
- a) () acabamento e de brilho;
 - b) () fundo e de acabamento;
 - c) () fundo e de brilho;
 - d) () acabamento e de abrasão.
5. Para se obter revestimentos duros, aderentes e brilhantes, usa-se:
- a) () óleo;
 - b) () adesivo;
 - c) () secante;
 - d) () esmalte.
6. São tintas convencionais:
- a) () betuminosas, a óleo, orgânicas, básicas;
 - b) () resinas alquídicas, a óleo, fenólicas, inorgânicas;
 - c) () tintas a óleo, de resinas alquídicas, fenólicas e betuminosas;
 - d) () fenólicas, betuminosas, básicas, a óleo.
7. As tintas epóxis, de poliuretana, de silicone e as ricas em zinco são tintas:
- a) () comuns;
 - b) () seminobres;
 - c) () raras;
 - d) () nobres.
8. Na pintura de superfícies sujeitas a temperaturas entre 120°C a 250°C, podemos usar tintas:
- a) () acrílicas, vinílicas e betuminosas;
 - b) () óleo, epóxi rica em zinco, borracha clorada;
 - c) () silicato inorgânico de zinco e alquídica modificada com óleo;
 - d) () silicone modificada e etil-silicato de zinco.
9. Para acabamento com beleza e brilho, usamos tintas:
- a) () etil-silicato de zinco, epóxi, silicone;
 - b) () acrílica, estireno acrilato, poliuretana;
 - c) () óleo, acrílica, borracha clorada;
 - d) () poliuretana, vinílica, fenólica.
10. As tintas alquídicas são utilizadas na pintura de:

- a) () navios, silos de fertilizantes e automóveis;
- b) () fogões, geladeiras, máquinas de lavar, automóveis;
- c) () iates, secadoras, latas de bebidas;
- d) () geladeiras, latas de alimentos, cascos de navios.

11. O verniz acrílico, que pode ser usado como filtro solar, é constituído de:

- a) () resina acrílica, solventes, aditivos;
- b) () resina acrílica, pigmentos, aditivos;
- c) () resina acrílica, solventes, pigmentos, aditivos;
- d) () solventes, pigmentos, aditivos.

Gabarito

1. c

2. d

3. a

4. b

5. d

6. c

7. d

8. d

9. b

10. b

11. a

Um problema

A pintura pode ajudar bastante na preservação de peças metálicas. Entretanto, a própria pintura necessita de proteção, uma vez que ela está sujeita à agressividade do ambiente em que se encontra.

Surge, assim, outra questão: como identificar o tipo de agressividade que pode interferir numa pintura?

Condições de agressividade

Conhecidas as principais características e propriedades das tintas industriais, precisamos identificar o tipo de agressividade dos diferentes ambientes. Em uma indústria, temos as mais diversas situações de agressividade, começando pelas que decorrem da sua localização geográfica. A indústria pode estar num parque industrial, numa zona rural, numa zona urbana ou à beira-mar. Além disso, o próprio ambiente de trabalho fica sujeito a alterações que interferem na película da pintura como, por exemplo, variações da temperatura, do tipo de produto armazenado ou processado. Também as condições atmosféricas variam de acordo com o local.

O conjunto temperatura, umidade relativa do ar e presença de gases poluentes depende dos fatores:

- localização geográfica;
- acidentes geográficos específicos(montanhas);
- direção dos ventos predominantes;
- tipo de indústria;
- existência e uso efetivo de equipamentos antipoluição.

Meios corrosivos

Os principais meios corrosivos são:

- **Atmosfera** - O ar contém umidade, sais em suspensão (próximo ao mar), gases industriais (especialmente gases de enxofre) e poeira.
- **Solo** - Os tipos de solo contêm umidade e sais minerais. Podem apresentar também características ácidas ou básicas.
- **Águas naturais** - as águas dos rios, dos lagos ou do subsolo podem conter sais minerais, eventualmente ácidos ou básicos, resíduos industriais, poluentes diversos e gases dissolvidos.
- **Águas do mar** - Contém uma quantidade apreciável de sais.
- **Produtos químicos** - A agressividade dos produtos químicos depende do seu grau de ionização, concentração e temperatura.

É preciso levar em conta que as reações de corrosão eletroquímica são espontâneas e revelam-se tão mais intensas quanto maior for a condutividade elétrica do meio. Os sais aumentam a condutividade elétrica do meio. A corrosão eletroquímica ocorre em presença de eletrólito e em baixas temperaturas, na grande maioria dos casos abaixo de 100°C.

Ambiente corrosivo

O ambiente se torna corrosivo devido a diversos fatores. Vamos examinar os principais.

Atmosfera

- **Marinha** - Sobre o mar e na orla marítima (até 500 metros da praia), com ventos predominantes na direção da estrutura a ser pintada.
- **Industrial** - Envolve regiões com muitos gases provenientes de combustão, particularmente gases oriundos de combustíveis com alto teor de enxofre.
- **Úmida** - Locais com umidade relativa média acima de 60%.
- **Urbana e semi-industrial** - Ocorre nas cidades onde se tem razoável quantidade de gases provenientes de veículos automotores e setor industrial razoavelmente desenvolvido.

- **Rural e seca** - Locais, em geral no interior, onde não há gases industriais, sais em suspensão, e a umidade relativa do ar apresenta valores sempre baixos.

Imersão em meios líquidos

- **Líquidos aquosos** - A agressividade dependerá da resistência elétrica e da presença de sais ou de gases dissolvidos. A pior condição, neste caso, é a da água aerada.
- **Produtos de petróleo** - São de modo geral pouco agressivos, com exceção do **espaço de vapor** em tanques de armazenamento, que pode conter H₂S e tornar-se bastante agressiva, e do petróleo bruto, sempre associado à água salgada.
- **Produtos químicos** - A agressividade dependerá da presença de água, ou de umidade, e do grau de ionização da substância química.

***Espaço de vapor** é o espaço entre a superfície do líquido e o teto do tanque.*

Superfícies quentes

As superfícies quentes têm sua agressividade variável, de acordo com a temperatura e com as condições de operação. Na faixa de 80°C a 100°C ocorre condensação com menor intensidade, o que resulta em corrosividade desprezível. Em temperaturas mais altas, acima de 400°C, ocorre corrosão química. As condições de operação também influenciam na corrosividade. Num regime de intermitência, ou seja, em que o equipamento ou a instalação alternam temperaturas altas com temperaturas baixas, aumenta a corrosividade devido à ação eletroquímica.

A fim de facilitar a seleção dos esquemas de pintura, os ambientes e condições corrosivas podem ser agrupados em cinco tipos:

- **Atmosfera altamente agressiva** - É a atmosfera marinha e a industrial ou ainda a úmida, quando associada a qualquer uma das duas anteriores.
- **Atmosfera mediamente agressiva** - É a atmosfera úmida, a atmosfera urbana e a semi-industrial. Estão incluídos, neste caso, locais junto à orla marítima, com afastamento superior a 500 m.
- **Atmosfera pouco agressiva** - É a atmosfera rural e seca (umidade inferior a 60%).

- **Imersão** - Subdividida em quatro casos de imersão:
 - em água salgada;
 - em água doce;
 - em produtos de petróleo;
 - em produtos químicos.
- **Superfícies quentes** - Envolvem também quatro casos:
 - de 80° a 120°C;
 - de 120° a 250°C;
 - de 250° a 500°C;
 - acima de 500°C.

Teste sua aprendizagem. Faça os exercícios a seguir e confira suas respostas com as do gabarito.

Exercícios

Marque com **X** a resposta correta.

1. A pintura de uma peça pode ser prejudicada pelo seguinte fator:
 - a) () falta de óleo;
 - b) () agressividade do ambiente;
 - c) () falta de solvente;
 - d) () excesso de pigmentos.

2. É preciso analisar o ambiente de peças pintadas para identificar:
 - a) () causas da corrosão;
 - b) () qualidade da pintura;
 - c) () adequação das tintas;
 - d) () tempo útil das peças.

3. Uma das causas da corrosão de peças pintadas está relacionada:
- a) () ao tamanho da indústria;
 - b) () aos equipamentos antigos;
 - c) () ao desequilíbrio da temperatura ambiente;
 - d) () à localização geográfica.
4. Um ambiente corrosivo pode decorrer de:
- a) () arejamento precário;
 - b) () excesso de ar;
 - c) () excesso de ferrugem;
 - d) () condições atmosféricas.
5. No caso de indústrias que expõem gases poluentes, torna-se necessário o uso de:
- a) () medidas legais;
 - b) () equipamentos anti-poluentes;
 - c) () normas anti-poluição;
 - d) () medidas de fechamento da indústria.
6. Ar úmido, sais em suspensão e gases constituem:
- a) () fatores de risco;
 - b) () fatores de proteção de tintas;
 - c) () meios anticorrosivos;
 - d) () meios corrosivos.
7. O solo pode se tornar corrosivo quando apresenta:
- a) () umidade e adubos;
 - b) () sais minerais e gases;
 - c) () umidade e sais minerais;
 - d) () excesso de carvão.
8. As águas tornam-se mais corrosivas quando apresentam:
- a) () quedas d'água;
 - b) () resíduos industriais;
 - c) () excesso de evaporação;
 - d) () produtos medicinais.

9. Na presença de umidade e de temperatura inferior a 100°C, pode ocorrer corrosão:
- a) () química;
 - b) () eletroquímica;
 - c) () eletrolítica;
 - d) () física.
10. A atmosfera marinha junto à indústria pode ser considerada:
- a) () pouco agressiva;
 - b) () altamente agressiva;
 - c) () mediamente agressiva;
 - d) () não agressiva.

Gabarito

1. b

2. c

3. d

4. d

5. b

6. c

7. c

8. b

9. a

10. b

Um problema

Normalmente, a superfície metálica está sujeita ao fenômeno da corrosão. Entretanto, esse fenômeno pode ser atenuado, e até retardado, quando se prepara corretamente a superfície antes de ser pintada.

Existem diversos processos para essa preparação. O problema consiste em adotar o processo adequado à peça que será pintada e escolher a melhor tinta para isso.

Nesta aula, estudaremos os processos de preparação das peças que serão pintadas.

Introdução

O resultado desejado para uma pintura depende da preparação correta e adequada da superfície. Essa preparação envolve limpeza e formação de uma rugosidade na superfície, necessárias à fixação da película da tinta.

A limpeza e a rugosidade dependem dos seguintes fatores:

- Característica de adesão da tinta de fundo (primer) que será aplicada.
- Tipo de equipamento: móvel de aço, automóvel, reservatório, tubulação etc.
- Espessura total da película de pintura.
- Vida útil desejada para o sistema.

A limpeza tem a função de remover materiais da superfície como:

- óleos e graxas;
- óxidos metálicos de laminação (carepas);
- óxidos da corrosão (ferrugem);
- sais minerais;
- restos de pintura;
- poeiras e pós de abrasivos;
- umidade e resíduos de tratamentos especiais.

Tais substâncias precisam ser retiradas da superfície para que se possa obter perfeita adesão da tinta à superfície do metal.

Etapas da preparação

A preparação da superfície envolve três operações:

- **Inspeção** - Efetua-se uma inspeção em toda a superfície. Marcamos os locais que tenham óleo, graxa, outras sujidades e defeitos superficiais. Avaliamos o estado de oxidação. Com base nessa inspeção, define-se o tipo e a quantidade de solvente, assim como as ferramentas necessárias para remover os óxidos e os defeitos.
- **Limpeza com solvente e remoção de defeitos superficiais** - A oleosidade e as gorduras identificadas na operação de inspeção serão removidas. Os defeitos constatados também serão reparados. A limpeza com solvente deve ser feita antes da limpeza mecânica, caso contrário, o óleo será espalhado contaminando (sujando) as ferramentas mecânicas (lixas, escovas, palhas de aço, abrasivos).



- **Limpeza por ação mecânica** - Após a limpeza com solvente e a remoção de defeitos superficiais, procede-se à preparação

mecânica da superfície, a fim de obter o perfil de rugosidade necessário ao sistema de pintura.

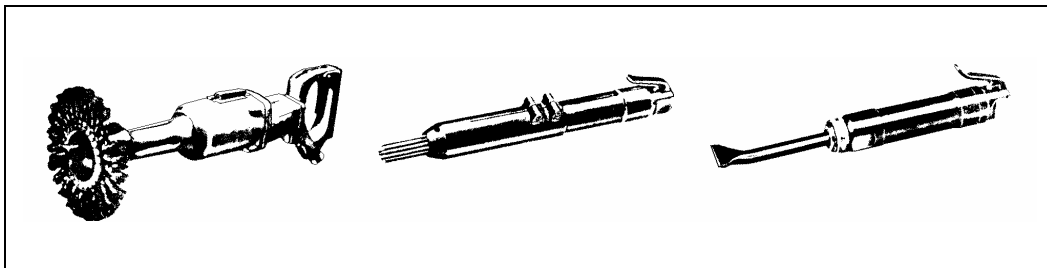
Os procedimentos para limpeza e criação da rugosidade podem ser dos tipos:

- limpeza manual;
- limpeza com ferramentas mecânicas manuais;
- limpeza por jateamento abrasivo.

Limpeza manual - Usamos ferramentas manuais como escovas de aço, palhas de aço, espátula, lixas, raspadores. O resultado é uma limpeza precária, de baixo rendimento de execução, normatizada pela Petrobrás com a norma N - 5.

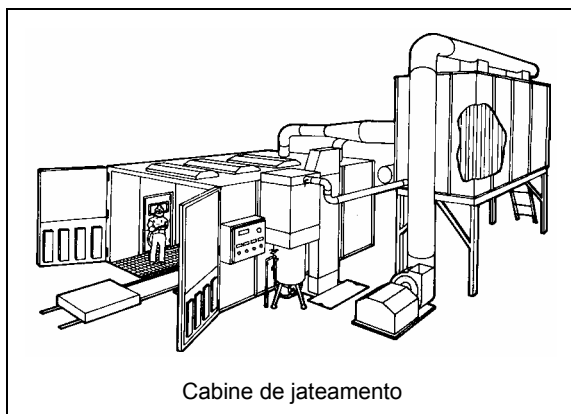


Limpeza mecânico-manual - São usadas ferramentas como escovas rotativas, marteletes de agulhas, lixadeiras. Apresenta rendimento um pouco melhor do que a limpeza manual. Está normatizada pela Petrobrás com a norma N - 6.



Jateamento abrasivo - Este é o tipo de preparação mais adequado e recomendável. Apresenta alto rendimento e proporciona

limpeza adequada. O jateamento deixa uma rugosidade na superfície que possibilita boa fixação da película de tinta.



A limpeza com jateamento é feita da seguinte maneira:

- **escovamento**: limpeza ligeira e precária usada em alguns casos de repintura;
- **comercial (ao metal cinza)**: limpeza com retirada de óxidos, carepa de laminação etc.;
- **metal quase branco**: limpeza com a retirada quase total dos óxidos, carepa de laminação etc.;
- **metal branco**: limpeza com a retirada total de óxidos, carepa de laminação, etc., deixando a superfície totalmente limpa.

A dimensão do perfil de rugosidade depende da espessura da camada de tintas, da espessura da película seca da primeira demão de tinta de fundo e das condições do ambiente em que permanece o equipamento, entre a aplicação da primeira e da segunda demão de tinta.

Os padrões dos diferentes tipos de jateamento são normatizados pela norma Petrobrás N - 9.

Tratamentos alternativos

Em algumas situações, as superfícies não podem ser jateadas. O fundo não fica convenientemente preparado para a aplicação da tinta, pois falta-lhe a limpeza adequada e/ou o nível de rugosida-

de necessário. Nesses casos, são feitos tratamentos complementares:

- **Fosfatização** - Consiste na aplicação de uma solução fosfatizante na superfície. A fosfatização forma uma película rugosa. Além de complementar a limpeza, aumenta a proteção contra corrosão. A fosfatização é o pré-tratamento aplicado nas pinturas de carrocerias de automóveis, caminhões, carcaças de eletrodomésticos.
- **Wash primer** - A aplicação do wash primer é necessária à pintura de superfícies galvanizadas, de alumínio e ligas de zinco e alumínio, aumentando a resistência à corrosão e promovendo maior aderência da tinta.

As superfícies galvanizadas não podem ser jateadas. O jateamento arranca o revestimento protetor (zinco metálico).

Teste sua aprendizagem. Faça os exercícios a seguir e confira suas respostas com as do gabarito.

Exercícios

Marque com **X** a resposta correta.

1. Antes de pintar uma superfície metálica, ela deve ser:
 - a) lixada;
 - b) engraxada;
 - c) preparada;
 - d) lavada;
2. A preparação de uma superfície metálica para pintura consta de:
 - a) limpeza e eliminação de rugosidade;
 - b) limpeza e formação de rugosidade;
 - c) limpeza e raspagem;
 - d) formação de rugosidade e aplicação de base.

3. A espessura total da película de pintura interfere na:
- a) () tinta selecionada;
 - b) () rugosidade a ser formada;
 - c) () qualidade da limpeza;
 - d) () extensão da rugosidade.
4. Ferrugem, óleos, graxas e sais minerais são removidos por meio de:
- a) () lavagem;
 - b) () jateamento;
 - c) () saponáceos;
 - d) () desengraxe.
5. A limpeza da superfície que será pintada é importante porque permite:
- a) () adesão perfeita da tinta ao metal;
 - b) () polimento do metal;
 - c) () consistência da tinta;
 - d) () solidificação rápida da tinta.
6. A preparação da superfície envolve:
- a) () limpeza com solvente, inspeção e lavagem;
 - b) () inspeção, limpeza com solvente e por ação mecânica;
 - c) () observação prévia, lavagem e ação mecânica;
 - d) () raspagem, lavagem e limpeza com solventes.
7. A rugosidade da superfície é feita:
- a) () mecânica ou quimicamente;
 - b) () naturalmente;
 - c) () automaticamente;
 - d) () eletricamente.
8. A limpeza pode ser feita:
- a) () com ferramentas mecânicas, manuais, decapagem;
 - b) () manual, com ferramentas mecânicas, por jateamento;
 - c) () por jateamento, raspagem, usinagem;
 - d) () manual, automática, mecânica, elétrica.

Gabarito

1. c

2. b

3. b

4. d

5. a

6. c

7. a

8. d