



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.

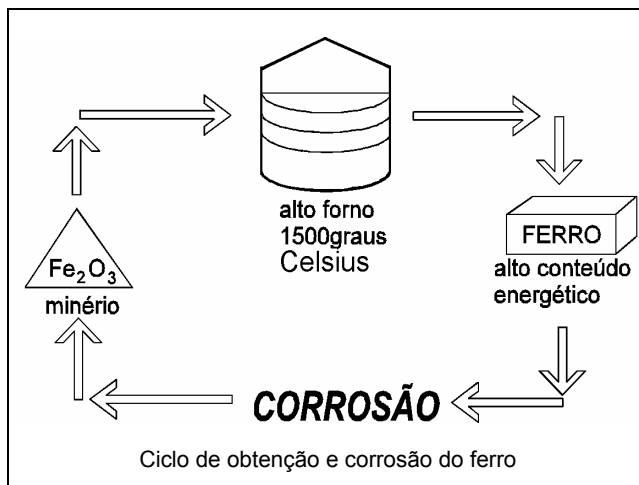
Portanto, é necessário evitar ou, no mínimo, controlar as reações químicas e eletroquímicas dos metais. Caso contrário, eles se estragam ou se tornam inutilizáveis, ocasionando prejuízos

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, recobrando-a com uma camada de níquel e, depois, com uma camada de ouro.

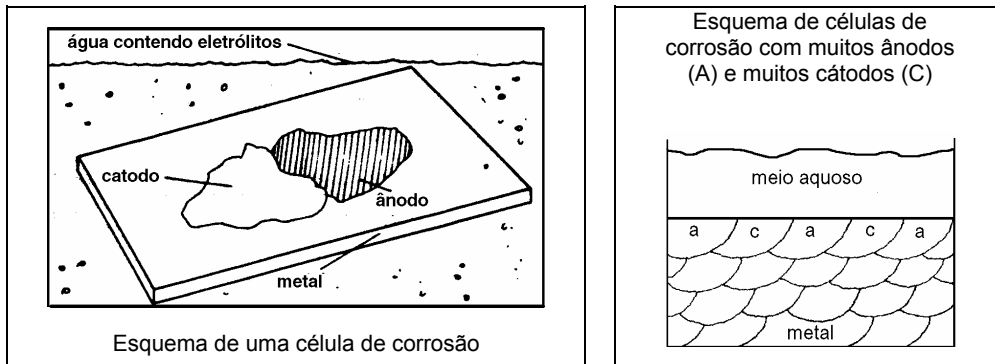
Como ocorre a corrosão

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

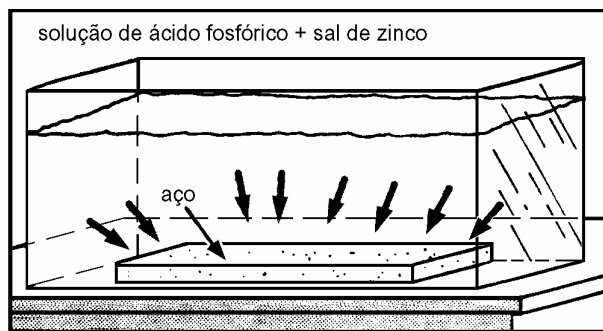
No processo de metalização, podemos aplicar somente um metal, como na zincagem de proteção. Também é possível aplicar vários metais para a proteção, dando efeito decorativo à peça.

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.

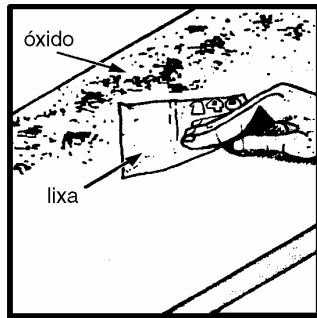
Pré-tratamento mecânico

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

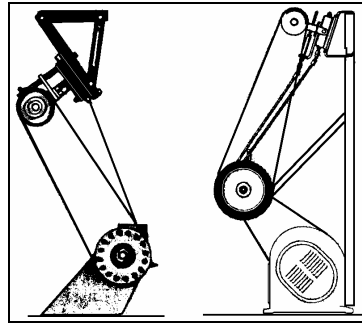
Lixamento

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.

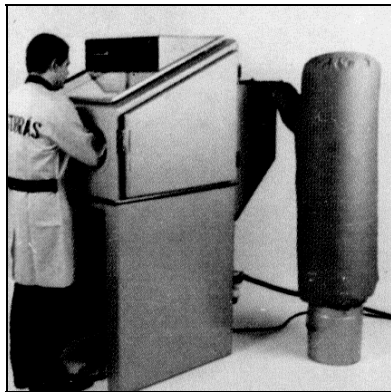
Em algumas operações de pintura, utilizam-se lixas de granulação mais fina, de 400 até 600 granas. Nesses casos, faz-se uso das lixas junto com um jato de água, para evitar seu empastamento e a perda do poder de corte.

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.

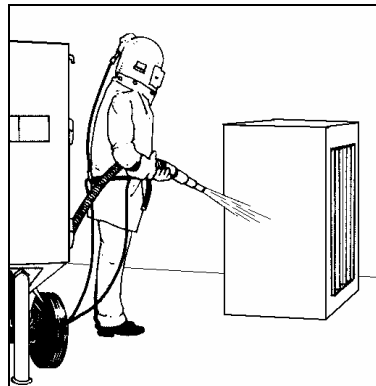
Duas outras operações são muito utilizadas para se obter uma superfície de boa qualidade após o lixamento: escovamento e polimento. Com esses processos obtemos superfícies espelhadas. Eles devem ser usados somente em circunstâncias que exijam esse tipo de acabamento. São empregadas escovas de pita ou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



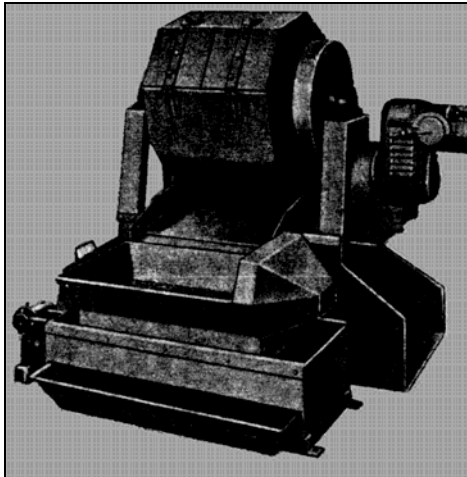
Jateamento de grandes estruturas

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: gralha 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”.

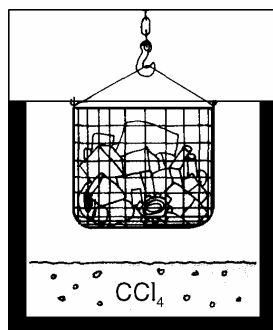
A superfície bem desengraxada deixa-se molhar em toda a sua extensão apresentando um filme contínuo sem interrupção. Essa é a melhor maneira de distinguir se uma superfície está bem ou mal desengraxada.

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).

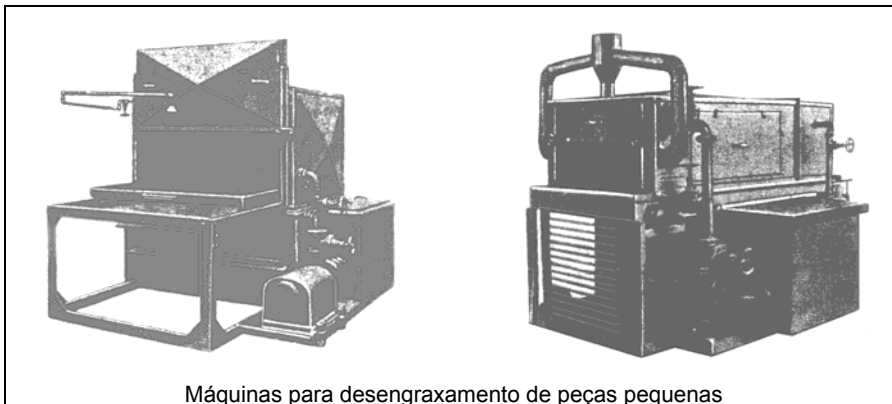
Os produtos mais utilizados na formulação de desengraxantes alcalinos são soda cáustica (ou hidróxido de sódio), silicato de sódio, carbonato de sódio, fosfatos de sódio e tripolifosfato de sódio.

- **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**.

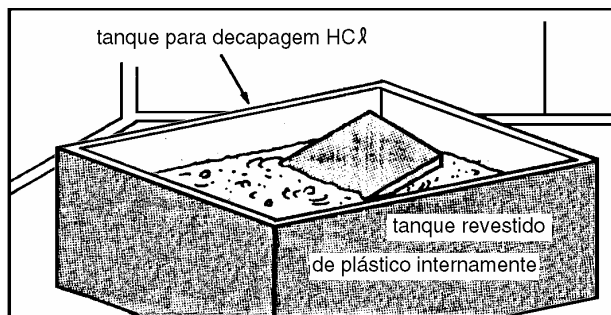
- **Decapagem**

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

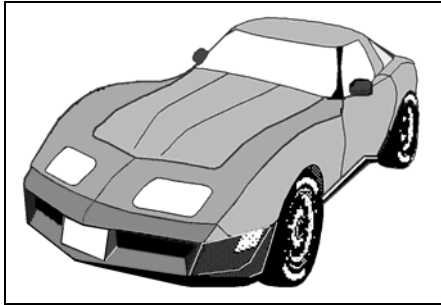
Podemos proteger e preservar produtos por meio de revestimento. Entre as várias substâncias adequadas ao revestimento, destacam-se as tintas.

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.

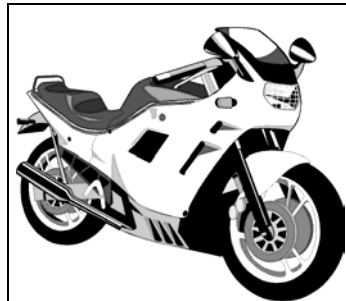
Outra vantagem das tintas é que elas podem ser aplicadas em superfícies irregulares e em locais de difícil acesso, como cavidades, colunas, contornos de cabines de ônibus.



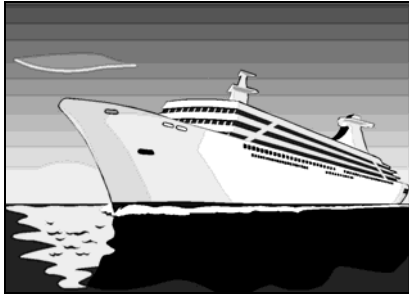
Finalidades da pintura

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.

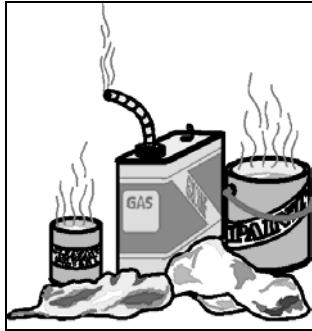
Essas quatro fases são baseadas em normas, procedimentos e padrões que definem os critérios de qualidade a serem observados.

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 (primeres) 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.

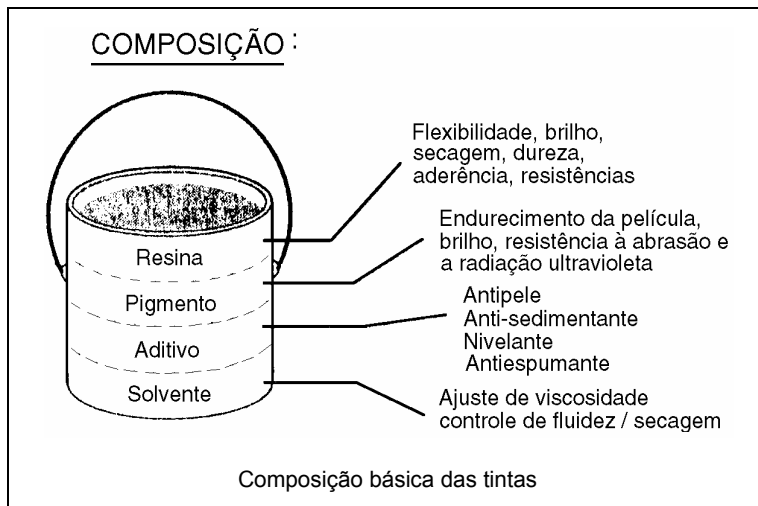
Introdução

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.

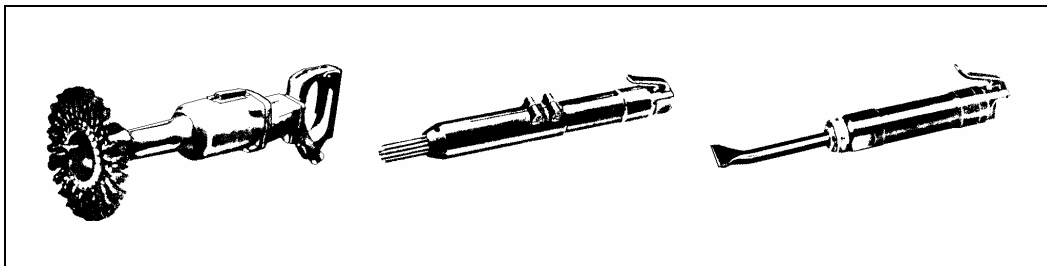
Os procedimentos para limpeza e criação da rugosidade podem ser dos tipos:

- 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.

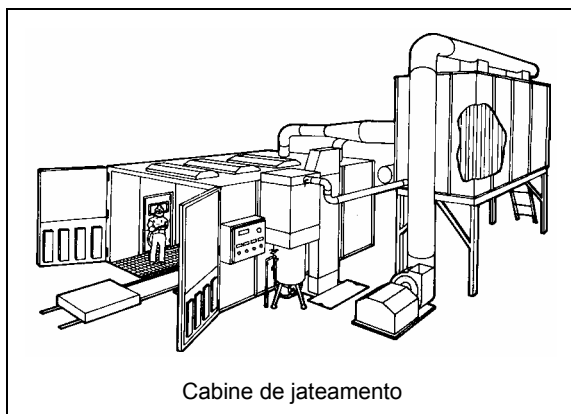


Limpeza mecânico-manual - São usadas ferramentas como escovas rotativas, marteletes de agulhas, lixadeiras. Apresenta rendimento um pouco melhor do que a limpeza manual. Está normatizada pela Petrobrás com a norma N - 6.



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

Um problema

A técnica de pintar é uma questão importante porque não basta simplesmente passar tinta na superfície dos materiais. Uma série de requisitos deve ser considerado para que a pintura atenda, efetivamente, ao objetivo de proteger e conservar as peças tratadas.

Como aplicar a tinta?

Deve-se aplicar a tinta de modo a obter películas de qualidade, com um custo compatível com o resultado esperado, e com a redução do consumo de solventes orgânicos e das perdas. Para isso, foram desenvolvidos diferentes processos de aplicação das tintas.

A escolha do processo de pintura depende dos fatores:

- tipo de tinta a ser aplicada;
- tipo, quantidade e dimensões do objeto que será revestido;
- nível de acabamento desejado;
- local de aplicação: ambiente aberto ou fechado.

Processos e técnicas de pintura

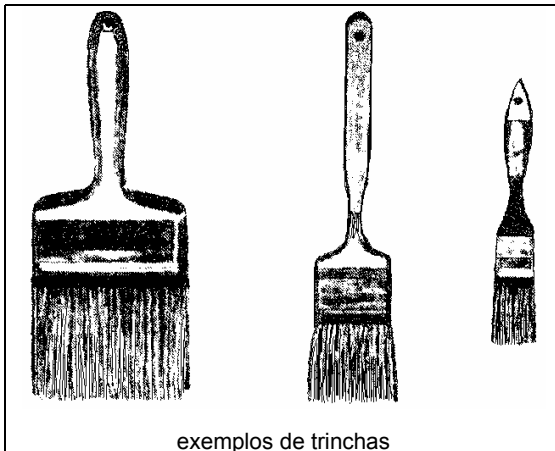
A tinta pode ser aplicada por meio de trincha, rolo, pistola a ar comprimido (pistola convencional), pistola hidráulica *air less* (sem ar), pistola eletrostática; imersão em tinta eletrocondutora (eletroforética).

Trincha

Este é o recurso mais simples para aplicação de tintas. Apresenta as seguintes características:

- é barato;
- não requer muita habilidade do pintor;
- a tinta pode ser aplicada praticamente sem diluição, proporcionando boa espessura;
- a perda de tinta é mínima;
- é de produtividade e rendimento baixos;
- espessura da película não fica uniforme, por mais hábil que seja o pintor.

É necessário usar pincel na pintura de cordões de solda, em reentrâncias, cantos vivos etc. As cerdas preenchem as irregularidades da superfície.



exemplos de trinchas

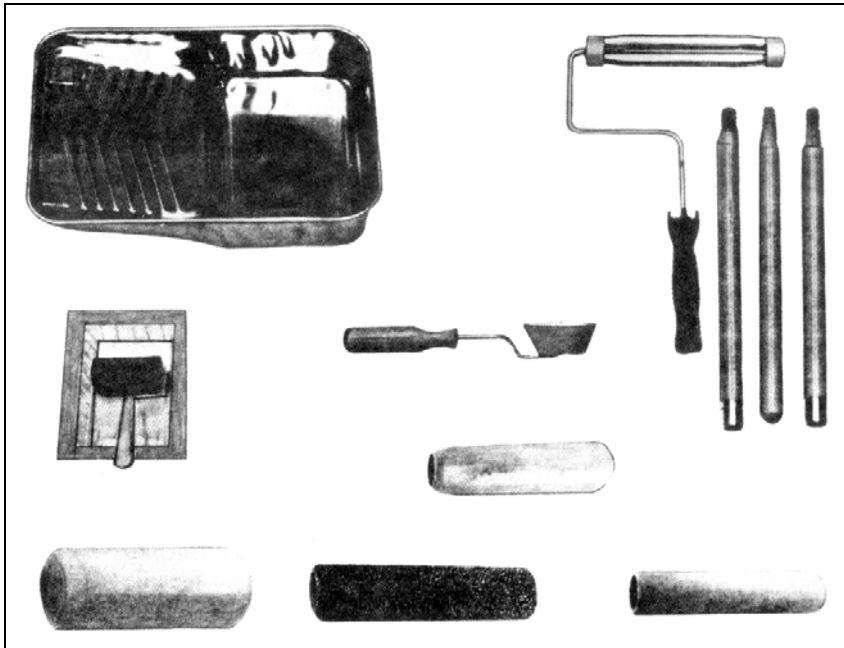
Rolo

A pintura com rolo é um dos recursos mais utilizados. Apresenta as seguintes características:

- obtenção de elevada espessura por demão;
- boa produtividade;
- espessura da película mais uniforme;
- pequena perda de tinta (respingos);
- necessidade de pouca diluição.

O rolo é utilizado na pintura de superfícies planas, ou com grande raio de curvatura, em equipamentos de médio e grande porte, bem como em edificações com estruturas metálicas ou

de alvenaria (pintura arquitetônica). Os rolos têm dimensões variadas, possibilitando a pintura de tubulações e de estruturas de menor porte.



Pistola a ar comprimido

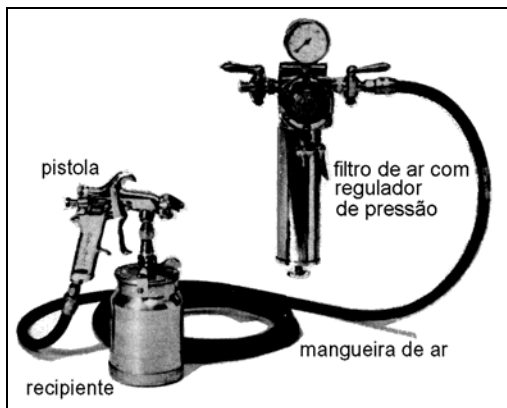
Este recurso é amplamente utilizado em oficinas e em ambientes abertos. Apresenta as seguintes características:

- grande produtividade;
- boa uniformidade da espessura da película;
- elevada diluição, com solventes, para possibilitar o escoamento da tinta pelas mangueiras;
- ocorrência de falhas como poros, crateras e bolhas;
- perda excessiva de tinta.

A pintura em oficina apresenta riscos de segurança devido à elevada concentração de vapores de solventes. A oficina precisa dispor, portanto, de sistemas de exaustão e de lavagem dos vapores e névoas de solventes e resinas, para evitar intoxicação e contaminação.

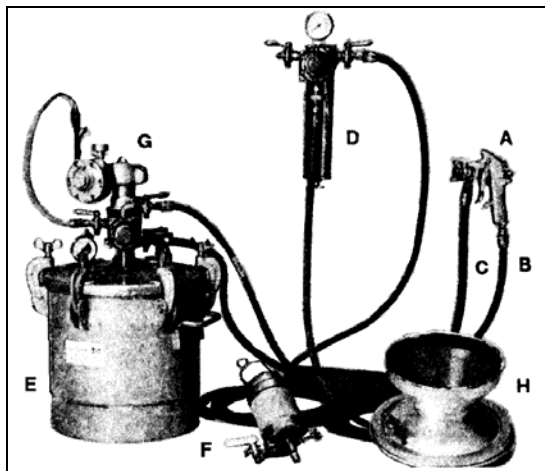
Como pode ser observado nas figuras, existem duas configurações de instalação. Na primeira figura, o recipiente de tinta acoplado à pistola dificulta sua manipulação e exige interrup-

ções para recarga de tinta, devido ao tamanho pequeno do seu copo.



exemplos de pistola convencional com o recipiente acoplado

A segunda figura ilustra uma instalação em que o recipiente tem um volume muito maior. Com isso, reduz-se a necessidade de recargas. A manipulação da pistola fica mais fácil porque ela não está acoplada ao recipiente. Portanto, têm-se as vantagens de maior conforto, maior produtividade e de obtenção de película mais uniforme.



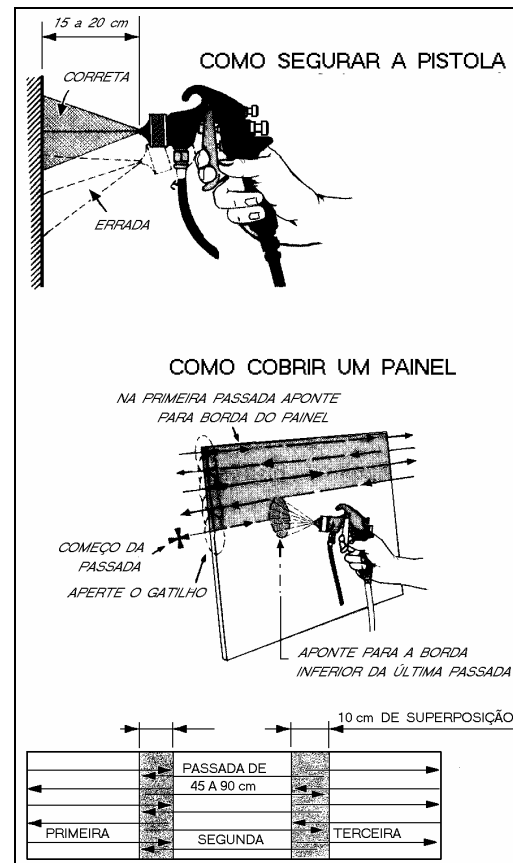
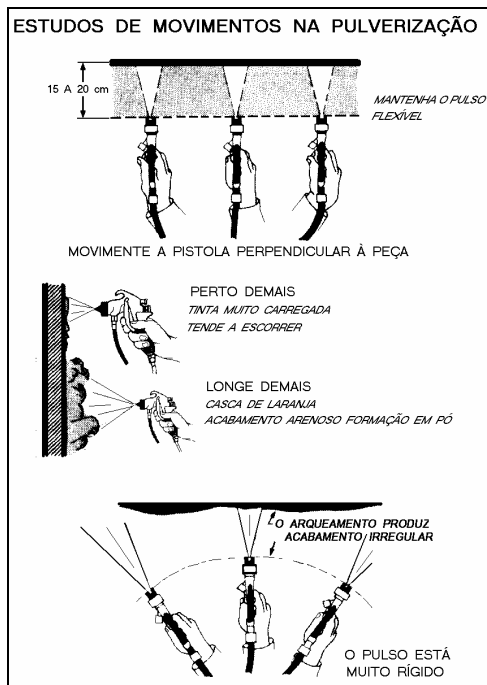
- A - Pistola
- B - Mangueira de ar
- C - Mangueira para tinta
- D - Filtro regulador
- E - Recipiente
- F - Limpador de mangueira
- G - Motor a ar
- H - Filtro à vácuo

exemplos de pistola convencional com o recipiente acoplado

No uso da pistola convencional, devem ser observados os seguintes cuidados:

- diluir a tinta de forma correta;
- selecionar bico da pistola adequado ao tipo de tinta;
- verificar pressão e vazão do ar para a tinta em uso.

As figuras mostram detalhes da técnica de aplicação da tinta, indicando posições e movimentos corretos e incorretos.



Pistola hidráulica *air less* (sem ar)

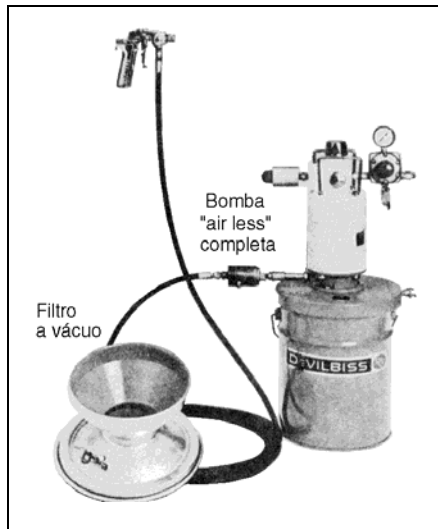
Neste processo, o ar aciona a bomba que impele a tinta, com pressões de até 300 kg/cm^2 . A força com que a tinta chega ao bico da pistola possibilita a pulverização.

As características desse processo são:

- aplicação de tintas com grandes quantidades de pigmento (tintas sem solvente), sem a necessidade de diluição, e em elevadas espessuras;
- diminuição de falhas como poros, crateras e bolhas;
- películas uniformes;
- elevada produtividade;
- redução de perda de tinta.

O uso da pistola sem ar possibilita melhor qualidade e mais tempo de vida útil à pintura. Entretanto, o custo da instalação é ele-

vado. Requer mão-de-obra qualificada e experiente para sua utilização, exigindo cuidados especiais de segurança devido às altas pressões.



Pistola eletrostática

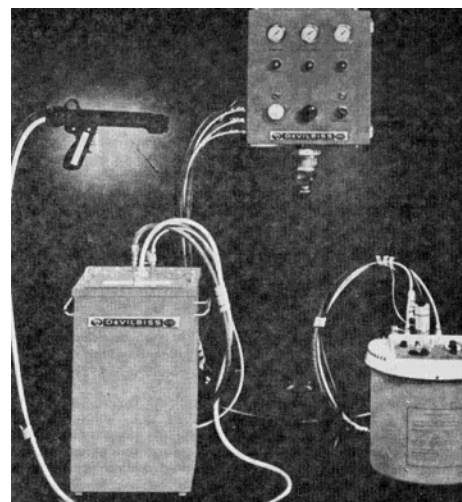
O processo consiste na aplicação de cargas elétricas, com sinais opostos, na tinta e na superfície a ser revestida. As tintas utilizadas podem ser líquidas ou em pó.

Esse processo oferece as seguintes vantagens:

- película uniforme;
- alta produtividade;
- pouca perda de tinta.

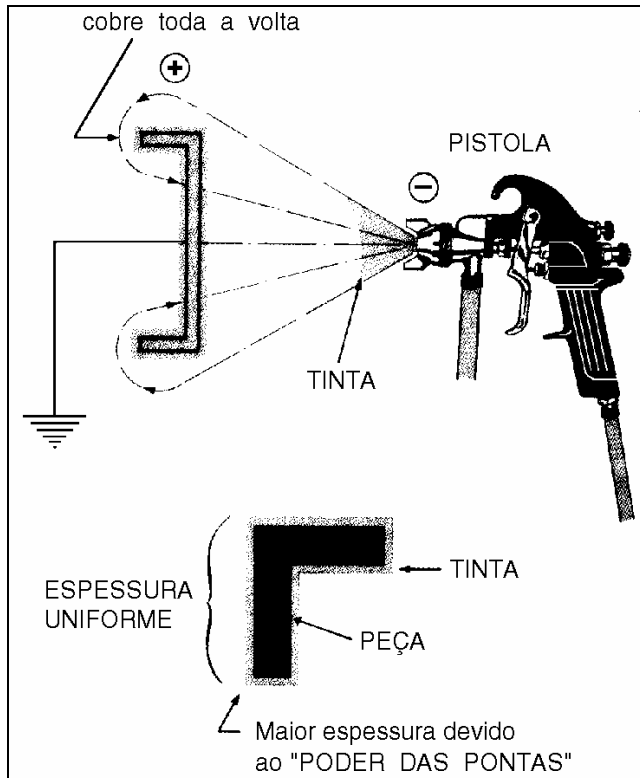
As tintas aplicadas a pó são curadas em estufa e apresentam as seguintes características:

- película de baixíssima porosidade;
- elevadas coesão e adesão;
- baixa resistência ao impacto e falta de flexibilidade em películas com espessuras maiores que 0,5 (meio) milímetro;
- películas uniformes em cantos vivos, reentrâncias e superfícies irregulares.



exemplo de pistola eletrostática de tinta líquida

O processo de pintura eletrostática a pó vem sendo utilizado, cada vez mais, nas indústrias automobilísticas, de autopeças, de eletrodomésticos, de móveis de aço, de ferramentas, de objetos fabricados com arame e de outros acessórios. As tintas especialmente fabricadas para esse fim são caras. A pintura eletrostática exige investimento elevado na compra dos equipamentos necessários.

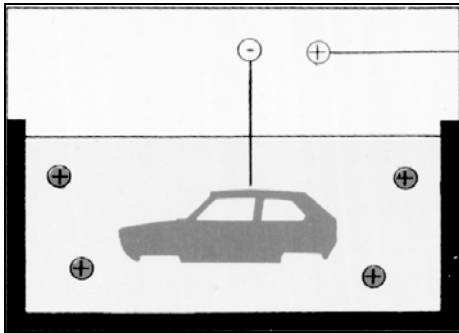


Imersão em tinta eletrocondutora (eletroforética)

Esse tipo de pintura é um aperfeiçoamento do processo eletrostático. A pintura é feita por imersão total do corpo (peça, gabinete, carroceria, cabine, chassi) na tinta líquida. A resina do veículo da tinta forma cátions que são atraídos para a peça que está ligada ao pólo negativo de um gerador de corrente contínua. O tanque metálico está ligado ao pólo positivo do gerador. É utilizado somente em pintura de fábrica e apresenta as seguintes características:

- elevada produtividade;
- baixa perda de tinta;
- boa uniformidade da espessura da película.

Requer alto investimento, sendo utilizada somente em linhas de montagem de produção seriada.



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 recurso mais simples usado para pintura é:
 - a) pistola;
 - b) trincha;
 - c) brocha;
 - d) espátula.

2. A pintura de cordões de solda, reentrâncias e cantos vivos é feita com:
 - a) espátula;
 - b) pistola;
 - c) trincha;
 - d) rolo.

3. Quando se deseja pintura com alta espessura por demão, recomenda-se o uso de:
 - a) pistola convencional;
 - b) rolo, pistola sem ar ou pistola eletrostática;
 - c) trincha;
 - d) pintura com tinta eletrocondutora.

4. Nas funilarias, é comum pintar com:
- a) () rolo;
 - b) () trincha;
 - c) () brocha;
 - d) () pistola convencional.
5. As pinturas com aplicação de cargas elétricas são chamadas de:
- a) () termoelétrica e rolo;
 - b) () jateamento e trincha;
 - c) () eletrostática e com tinta eletrocondutora;
 - d) () rolo e com tinta eletrocondutora.
6. A pintura em que uma peça ou equipamento é imerso na tinta, pode ser:
- a) () eletrostática ou por imersão;
 - b) () banho de tinta ou a rolo;
 - c) () eletrocondutora ou por imersão;
 - d) () por imersão ou pistola convencional.

Gabarito

1. b

2. c

3. b

4. d

5. c

6. a

Um problema

Já sabemos que o tratamento de superfície tem, principalmente, a finalidade de proteger peças ou materiais da corrosão e de outros tipos de desgaste.

Essa proteção pode consistir num tratamento por meio da pintura. Outra proteção importante é o recobrimento metálico de peças ou materiais.

O problema está na escolha de um destes dois tipos – pintura e recobrimento metálico - para o tratamento de superfícies. Conforme o tipo da peça desejada e a natureza do material que será usado, a pintura pode ser o tratamento adequado. Mas, em outros casos, é preferível o recobrimento metálico à pintura.

Introdução

Para modificar ou proteger a superfície dos metais é preciso levar em conta aspectos econômicos e funcionais. Do ponto de vista econômico, o que se quer é proteger o material de uma possível corrosão ou desgaste e, assim, aumentar seu tempo de vida útil.

Os aspectos funcionais consistem na modificação da superfície dos metais, de modo que eles adquiram certas

qualidades, como boa aparência, maior dureza, novas dimensões, capacidade de refletividade e condutividade.

Recobrimento metálico

Uma das formas de modificar as propriedades da superfície dos metais consiste no recobrimento metálico, método pelo qual se deposita uma camada de outro metal sobre a superfície da peça metálica. Às vezes, é possível depositar várias camadas de metais diferentes, ou até de ligas metálicas, na peça que será tratada.

A aplicação correta de metal numa peça é aquela que proporciona boa aderência ao depósito desejado e que recobre toda a extensão da superfície de modo uniforme.

O recobrimento metálico é uma forma de revestimento cujas características são estabelecidas em especificações ou normas.

A escolha do metal ou liga de revestimento depende das propriedades físicas e químicas dos metais, a saber: vaporização, ionização, condensação, fusão, redução (quando o metal se encontra dissolvido na forma de íons), solidificação ou cristalização. Vejamos cada uma dessas propriedades.

Vaporização é a mudança do estado líquido para vapor.

Ionização é um processo de ionizar um material de modo que seus componentes adquiram carga elétrica positiva ou negativa. Estando ionizada, cada partícula pode se deslocar sob o efeito de um campo elétrico. Essa propriedade é muito utilizada nos recobrimentos metálicos e até mesmo na deposição de tintas. Quando um metal se apresenta na forma de íon, pode ser dissolvido na água, formando soluções.

Condensação é a passagem de vapor para o estado líquido.

Fusão é a passagem do estado sólido para o estado líquido.

Redução é um fenômeno químico e, numa das suas manifestações, corresponde à passagem do íon para o estado de metal.

Solidificação ou cristalização é a passagem do estado líquido para o sólido. A temperatura de vaporização de uma substância diminui à medida que se diminui a pressão a qual ela está submetida. Assim, muitos processos de revestimento ou recobrimento metálico são feitos sob pressão reduzida.

Processos de recobrimento metálico

Os processos mais empregados são:

- eletrodeposição (galvanização);
- imersão a quente (galvanização a fogo);
- deposição química.

Eletrodeposição

Nesse processo, os metais são dissolvidos em água na forma de íons com **cargas positivas**. Os íons podem se deslocar durante a passagem de uma corrente elétrica (eletrolise). Os elétrons da corrente elétrica se deslocam num condutor.

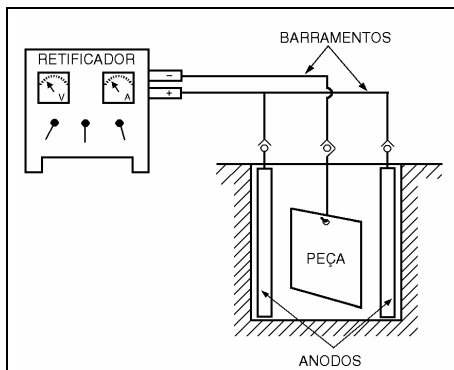
Os elétrons são fornecidos por uma fonte externa denominada **retificador**, uma máquina elétrica que **transforma a corrente elétrica alternada em corrente contínua**. A saída do retificador tem dois pólos: um positivo e

outro negativo. O pólo negativo fornece elétrons que são **cargas negativas**.

Durante a eletrólise, os elétrons - sendo cargas negativas - neutralizam os íons carregados positivamente, transformando-os em metal.

A instalação de eletrodeposição é projetada de modo que a peça que será revestida com metal fique sempre ligada ao pólo negativo do retificador.

A eletrodeposição requer, no mínimo, um retificador, ou fonte de corrente contínua; barramentos para conduzir a corrente elétrica; tanque; solução, conhecida como **banho**; e os ânodos, que são os eletrodos que fecham o circuito elétrico. Os ânodos são ligados ao pólo positivo do retificador. O esquema, ao lado, ilustra a montagem.



A composição dos banhos varia. Cada banho atende a determinadas necessidades técnicas. Atualmente, pesquisam-se banhos menos poluentes e que permitam depositar ligas zinco-níquel e zinco-ferro. Esses processos protegem mais o aço contra a corrosão.

Eletrodeposição: processos de zincagem eletrolítica

Os processos de zincagem eletrolítica constam de três tipos de banhos de:

- zinco alcalino com cianeto;
- zinco levemente ácido à base de cloretos;
- zinco alcalino sem cianeto.

Banho de zinco alcalino com cianeto - Este banho é usado em 80% dos casos de revestimento porque seu emprego é bastante conhecido. Trata-se de um processo barato, embora seja poluente e venenoso. Deve-se trabalhar com luvas, botas, avental e óculos de segurança.

Os outros dois processos têm menos uso porque são mais sensíveis às impurezas e, em geral, mais caros.

Preparação do banho de zinco alcalino com cianeto -

O banho prevê os seguintes procedimentos:

- a) selecionar a fórmula e pesar a matéria-prima utilizada;
- b) encher o tanque até a metade com água;
- c) adicionar soda cáustica e agitar a água para dissolução;
- d) adicionar o cianeto de sódio e agitar a mistura;
- e) colocar óxido de zinco, aos poucos, com forte agitação;
- f) adicionar o purificador e aguardar duas horas;
- g) juntar o abrillantador na quantidade recomendada pelo boletim técnico do processo.
- h) o próximo passo é limpar a peça e pendurá-la no banho, com auxílio de um gancho de metal (de preferência, cobre).

A escolha da amperagem - Este é um dos pontos mais importantes para se obter um bom resultado em qualquer processo de eletrodeposição.

A amperagem depende da área e do formato geométrico das peças que serão tratadas. Cada processo requer um valor adequado e, no caso do banho de zinco com cianeto, esse valor é da ordem de 1 a 2 ampères por decímetro quadrado da superfície que será recoberta.

Embora o zinco seja eficiente na proteção do aço contra a corrosão, ele é corroído quando exposto ao ambiente. Por esse motivo necessita de uma proteção adicional, que se

obtém por meio da cromatização, que é um pós-tratamento usado para proteger o zinco da corrosão ambiental.

A peça zincada é mergulhada numa solução de cromato. Essa solução reage com o zinco, formando uma película de cromatos de zinco. As camadas de cromatos podem ser obtidas em diferentes cores, desde que se variem as condições do banho cromatizante.

Controle do banho de zinco alcalino com cianeto - O controle do banho do zinco é feito por meio de análises para determinar os teores de zinco, cianeto de sódio total e soda cáustica total. De posse desses teores, faz-se a correção do banho, adicionando os produtos que faltam.

As análises são feitas por químicos, em laboratório equipado para os controles. Além do controle do banho, as peças também são submetidas a testes de corrosão em câmaras especiais. No interior dessas câmaras, simula-se uma atmosfera corrosiva que atua sobre as peças. O tempo em que a peça permanece fechada na câmara, sem ser corroída, dá uma idéia da qualidade de proteção oferecida pelo revestimento.

Recobrimento por imersão a quente

Esse tipo de tratamento também é conhecido como **zincagem a fogo**. Trata-se de um processo diferente do anterior, principalmente porque **não usa** corrente elétrica para depositar o metal.

O zinco é mantido em estado de fusão, a 450°C, numa cuba de aço aquecida por resistências elétricas ou maçaricos a óleo.

O pré-tratamento consta de desengraxamento e decapagem com ácido clorídrico, seguido de lavagens. Depois,

procede-se à **fluxagem**, que consiste em mergulhar a peça numa solução de cloreto de amônio.

A peça permanece mergulhada no metal fundido por um período que varia de 30 segundos a alguns minutos, dependendo do formato e do tamanho da peça. A peça deve entrar seca no banho porque a água, encontrando o zinco numa alta temperatura, evapora instantaneamente arremessando o zinco fundido a grandes distâncias.

Após a zincagem a fogo, as peças pequenas devem ser centrifugadas, e as grandes, escorridas para a remoção do excesso de zinco da superfície.

Deposição química

O processo consta da deposição de metais em solução aquosa, sem passagem de corrente elétrica. É um processo vantajoso porque permite deposição em todas as cavidades da peça, por mais escondidas que estejam.

Outras técnicas

Além dos processos descritos para recobrimento metálico, existem certas técnicas para depositar metais, como a aspersão térmica em que um arame ou pó do metal é introduzido num maçarico. O metal fundido é arremessado contra a peça e se solidifica, formando uma camada metálica.

Vem sendo muito empregado um processo denominado **plasma**, no qual os óxidos de metais são fundidos em temperaturas muito altas e arremessados contra a peça. Desse modo, a peça é revestida com uma camada de altíssima dureza e com grande resistência à abrasão.

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 vaporização é a passagem do estado líquido para:
 - a) sólido;
 - b) vapor;
 - c) líquido;
 - d) geléia.
2. Um processo muito utilizado para depositar metais é a:
 - a) eletrocorrosão;
 - b) eletrocoagulação;
 - c) eletrocussão;
 - d) eletrodeposição.
3. A fonte de corrente contínua muito usada em eletrodeposição é:
 - a) retificador;
 - b) acendedor;
 - c) carburador;
 - d) normatizador.
4. O pólo negativo fornece:
 - a) pósitrons;
 - b) elétrons;
 - c) cargas positivas;
 - d) cargas positivas e negativas.
5. O processo de zincagem mais empregado tem na sua formulação:
 - a) cianetos;
 - b) cianatos;
 - c) cloretos;
 - d) nitratos.
6. A seqüência da adição dos produtos na preparação do banho é:
 - a) cianeto de sódio, soda cáustica e óxido de zinco;

- b) () óxido de zinco, cianeto de sódio e soda cáustica;
- c) () soda cáustica, cianeto de sódio e óxido de zinco;
- d) () cianeto de sódio, óxido de zinco e soda cáustica.

7. A cromatização serve para:

- a) () lubrificar o zinco;
- b) () corroer o zinco;
- c) () proteger o zinco;
- d) () aumentar a espessura do zinco.

8. No processo de imersão a quente, o zinco se encontra:

- a) () sólido;
- b) () fundido;
- c) () condensado;
- d) () frio.

9. Uma característica importante da deposição química é:

- a) () uniformidade na espessura do depósito;
- b) () desigualdade de cores no depósito;
- c) () altíssima dureza dos metais depositados;
- d) () permitir que se aplique corrente elétrica.

Gabarito

1. b

2. d

3. a

4. b

5. a

6. c

7. c

8. b

9. d

Um problema

Como saber se um tratamento de superfícies metálicas atingiu bom nível de qualidade? Uma tendência, atualmente, é a de atribuir ao profissional a responsabilidade pelo seu próprio trabalho, incluindo a verificação do nível de qualidade alcançado.

Desse modo, o profissional, hoje, deve estar sempre atualizado e conhecer muito bem o seu trabalho. Esse conhecimento deve possibilitar os controles da matéria-prima, do processo de fabricação e do acabamento do produto.

Controle

O controle da matéria-prima é feito por meio de ensaios, de acordo com normas estabelecidas.

A fabricação de produtos pode ser controlada por processos estatísticos, conhecidos como **controle estatístico do processo** (CEP).

Para controlar o produto acabado, faz-se uma comparação entre o produto e a amostra tida como ideal.

Uma das dificuldades do controle de qualidade é a de que uma peça com boa aparência nem sempre atende aos requisitos de qualidade. Por sua vez, o controle por ensaios torna-se muito caro, porque o material empregado num ensaio é descartável.

Controle de qualidade de tratamento de superfícies

Para analisar e controlar a qualidade de um tratamento de superfícies metálicas, é necessário que se saiba, em primeiro lugar, qual o objetivo do tratamento e a que local a peça se destina. Por exemplo: ambiente de indústria, marinho, urbano; local úmido, em contato, ou não, com algum produto químico. É preciso saber, ainda, qual a vida útil desejada para a peça tratada e a que tipos de esforços ela será submetida.

Quanto ao objetivo ou finalidade do tratamento, são possíveis quatro situações de tratamento:

- proteger uma peça da corrosão, sem preocupação com sua aparência. Por exemplo: revestir arames com zinco, proteger torres de alta tensão com galvanização a quente e com aplicação de tintas zarcão e alumínio;
- proteger o metal-base da corrosão e atender a outra finalidade como, por exemplo, depositar ouro na peça, possibilitando um bom contato elétrico;
- proteger a peça da corrosão e dar-lhe aspecto decorativo como, por exemplo, a pintura de um veículo.
- tratar uma superfície para que ela possa ficar bem lubrificada e resistente ao desgaste.

A qualidade de um tratamento depende da configuração física da peça. O projetista e o operador encarregados do tratamento devem trabalhar em conjunto na elaboração do desenho da peça, levando-se em conta os aspectos que possibilitem um tratamento de boa qualidade. Por exemplo:

- evitar arestas vivas (são preferíveis arestas arredondadas com, no mínimo, 1mm de raio);
- os furos devem ter o diâmetro maior do que a profundidade;
- nas ranhuras, a largura deve corresponder, no mínimo, a três vezes a sua profundidade;
- prever, no projeto, a possibilidade de se lavar a superfície, sem que ela retenha líquidos durante essa limpeza.

Avaliação do pré-tratamento

Para saber se um pré-tratamento apresenta qualidade, precisamos avaliar o polimento, o desengraxamento e a decapagem.

Avaliação do processo de polimento - Neste caso, observa-se a peça a olho nu, ou com o auxílio de uma lupa ou microscópio, para verificar se ela apresenta riscos e porosidades no metal-base.

Quando se trata de peça retificada, o **rugosímetro** é indispensável para se controlar a qualidade do acabamento. São detectadas irregularidades da ordem de microns, por meio de um apalpador com uma agulha que percorre determinado trecho da superfície da peça. O estado da superfície é reproduzido num papel gráfico.

Avaliação do processo de desengraxamento - O objetivo é verificar se óleos e graxas foram removidos da superfície da peça. Vários métodos podem ser empregados:

- a formação da lâmina contínua de água na superfície;
- a aderência de carvão ativo;
- o deslocamento galvânico de cobre;
- a fluorescência.

No primeiro caso, o desengraxamento pode ser considerado bom quando a peça, submetida a uma corrente de água, apresenta uma lâmina d'água contínua sem o aparecimento de ilhas secas na superfície. É comum referir-se a essas ilhas secas como sendo "quebras d'água".

No segundo caso, a peça é mergulhada num recipiente que contém uma suspensão de 5 g/λ de carvão ativo. Quando a peça é retirada, o carvão fica retido nos locais em que houver óleo ou graxa.

No terceiro caso, submete-se a peça a uma substância que é um corante fluorescente solúvel em óleo e, em seguida, a uma luz ultravioleta. A intensidade da fluorescência indica o grau de contaminação da superfície por óleos ou graxas.

Para o quarto caso, faz-se a imersão da peça numa solução de sulfato de cobre. Em peças de base ferrosa, as zonas limpas apresentam uma fina película de cobre e, nos locais onde ainda houverem resíduos oleosos, o depósito é falho ou de má aparência.

Avaliação do processo de decapagem - É feito por exame visual para verificar se todos os óxidos foram removidos.

Controle dos banhos (soluções) de pré-tratamento

Grande parte do êxito no pré-tratamento se deve a um bom controle da composição das soluções usadas. Um técnico químico, num laboratório, faz o controle e mantém a concentração dos banhos (soluções).

A função do químico é mais ampla do que apenas analisar os banhos. Os metais se comportam de modo diferente ao serem submetidos a produtos químicos, e o técnico deve indicar os produtos adequados às diversas tarefas do tratamento de superfície dos metais.

Controle dos banhos desengraxantes

De modo geral, as concentrações dos banhos são determinadas por meio de técnicas de laboratório, denominadas técnicas de titulação.

A vida útil de um banho desengraxante depende muito da quantidade de óleos e gorduras que estiverem dispersos nele. A concentração de oleosidade é difícil de ser determinada.

Essa dificuldade e o fato de os desengraxantes serem relativamente baratos fazem com que seja mais conveniente estabelecer um tempo de vida útil para os banhos e, depois, descartá-los, substituindo-os por banhos novos.

Controle dos banhos decapantes

Na maior parte das vezes, os decapantes são soluções ácidas cuja concentração é identificada com as mesmas técnicas empregadas para os desengraxantes.

Em algumas situações, é importante determinar o teor de ferro que tende a aumentar com o tempo, como acontece com os decapantes de ferro à base de ácido sulfúrico.

O químico, que sabe como os metais se comportam nos diferentes ácidos, especifica o produto e a concentração do banho ideal para um determinado metal.

Controle dos processos de tratamento de superfície

Sempre que for especificada uma determinada concentração, ela deve ser mantida por meio de métodos adequados. A concentração do banho tem de ser verificada periodicamente pela comparação com soluções-padrão, de modo a evitar erros de análise.

O controle estatístico do processo é um meio de grande valor no controle e manutenção dos banhos.

Deve-se adotar um **caderno de ocorrências**, principalmente quando o serviço se desenvolver em turnos de produção. O caderno de ocorrências serve de guia para que o próximo turno possa se inteirar dos acontecimentos ocorridos, como, por exemplo, curto-circuitos, queima de motores, vazamentos em tanques, troca de filtros, reforços efetuados em determinados banhos.

Os valores das concentrações, temperaturas, pressões devem ser registrados em formulários e mantidos em local visível a todos. O controle dessas variáveis aumenta a confiança na qualidade do produto.

Controle de qualidade do produto final

As peças produzidas são analisadas por meio de diferentes técnicas e métodos, para se verificar se estão de acordo com uma determinada especificação, norma ou amostra. São realizadas medições, testes e ensaios, os mais variados possíveis. Alguns são adotados com maior frequência: **ensaio de aderência, medição da espessura do depósito, teste de exposição a radiações ultravioleta e ensaio de corrosão em diferentes meios.**

Devemos usar **técnicas e métodos normalizados** sempre que possível.

A falta de aderência é um dos defeitos mais freqüentes de tratamento de superfície de metais. Pode se manifestar na forma de uma lâmina de metal ou tinta que se solta e é removida com facilidade. Trata-se de um defeito grave, pois deixa a peça desprotegida. Geralmente, esse defeito decorre de pré-tratamento malfeito.

Os ensaios para identificar a aderência são de difícil execução, requerendo preparação cuidadosa da amostra. Os ensaios mais utilizados são os de **dobramento, corte, lima, choque térmico.**

Verifica-se a espessura de revestimento de um produto para saber se ela está adequada. Se a espessura estiver acima da especificação, há a desvantagem de um custo elevado sem necessidade. Se a espessura estiver abaixo do especificado, a proteção da peça fica comprometida. Por isso, é importante o controle da espessura do revestimento.

Como a espessura do depósito não é uniforme ao longo de toda a peça, convém efetuar medições em diferentes pontos, identificando as regiões de menor espessura. Existem muitos **métodos para a medição de espessura.** Os mais empregados são o **magnético** (ISO 2178), o **metalográfico** (ISO 1463), o **coulométrico** (ISO 2177); o **químico**, o de **raios β** (beta) e o de **raios X.**

O **método magnético** se baseia na atração do metal-base a um ímã apoiado na peça. É empregado em metal-base magnético com revestimento não magnético. É o caso, por exemplo, de depósito de zinco ou de tintas sobre ferro.

O **método metalográfico** consta das técnicas de corte do corpo de prova, embutimento em resina, lixamento, polimento, ataque químico e observação no microscópio metalográfico.

O **método coulométrico** aplica o princípio inverso da eletrodeposição. Um retificador é usado para aplicar corrente elétrica entre a peça e uma célula de metal que é apoiada sobre o local onde se quer medir a espessura do depósito.

A área de contato da célula com a peça é bem determinada.

Coloca-se na célula um eletrólito específico para o metal que será medido e aplica-se corrente elétrica de grande estabilidade com auxílio do retificador.

A peça é ligada ao pólo positivo e a célula, ao pólo negativo.

O tempo necessário para remover o revestimento é proporcional à espessura do depósito.

O aparelho converte o tempo diretamente em micrômetros de espessura.

A vantagem é que se pode medir vários metais num mesmo local apenas trocando o eletrólito usado na célula.

Neste método, o revestimento é destruído, porém a peça pode ser recuperada.

Com o **método químico**, remove-se o metal de revestimento de uma área demarcada, usando-se um reagente. Determina-se, então, o peso do metal removido. Relaciona-se peso, volume e

densidade do metal numa fórmula matemática e determina-se a espessura do depósito.

Os métodos que empregam **raios X** e **raios β** (beta) servem para medir com precisão espessuras muito finas. Por isso, são usados em situações em que se deposita ouro sobre um metal, como é o caso das fábricas de bijouterias e de equipamentos eletrônicos.

Além desses métodos existem os **ensaios acelerados de corrosão**. Nesses ensaios, as peças são submetidas a condições de corrosão acelerada. O objetivo, portanto, é avaliar a qualidade do revestimento aplicado.

Esse conjunto de técnicas e métodos constitui o principal meio para se alcançar um bom nível de qualidade das superfícies metálicas tratadas.

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 controle da matéria-prima utilizada nos banhos é feito por meio de:
 - a) () paquímetro;
 - b) () observação;
 - c) () ensaios;
 - d) () metro.

2. A fabricação de produtos pode ser controlada por meio de:
 - a) () supervisão;
 - b) () controle estatístico do processo (CEP);
 - c) () programa de controle (PC);
 - d) () inspeção.

- 3 O controle da qualidade de pré-tratamento consiste na avaliação de:
 - a) () decapagem, limpeza, oleosidade;
 - b) () desengraxamento, limpeza, brilho;
 - c) () limpeza, oleosidade, polimento;

- d) () polimento, desengraxamento, decapagem.
- 4 Para controlar espessura de revestimento de uma peça com depósito de zinco sobre ferro, usa-se o método:
- a) () magnético;
 - b) () metalográfico;
 - c) () coulométrico;
 - d) () químico.
- 5 O método mais preciso para determinar espessuras finais é o:
- a) () método magnético;
 - b) () método metalográfico;
 - c) () método químico;
 - d) () método raio X e raio β .
- 6 O método de medição que se baseia na atração ao metal base por um ímã é o:
- a) () método metalográfico;
 - b) () método magnético;
 - c) () método coulométrico;
 - d) () método raio X e raio β .
- 7 O método que se utiliza de microscópio para determinar a espessura de camadas é o:
- a) () método químico;
 - b) () método magnético;
 - c) () método metalográfico;
 - d) () método coulométrico.

Gabarito

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

Um problema

A preservação do meio ambiente constitui um dos principais desafios ao governo brasileiro e, em especial, às indústrias, principalmente no que se refere a tratamento de efluentes.

O tratamento de superfícies metálicas, por exemplo, ocasiona problemas relacionados à preservação do meio ambiente e ao trabalhador. A toxidez dos produtos químicos utilizados exige cuidados por parte de quem lida com eles, e procedimentos adequados ao descarte de resíduos metálicos e químicos.

Nesta aula serão abordados esses assuntos, a partir da identificação dos produtos químicos usados em tratamento de superfícies metálicas e dos cuidados que se deve ter durante e após a realização do trabalho.

Cianeto

Atualmente esse produto é citado como forte poluidor de nossos rios, em regiões altamente industrializadas.

Três tipos de cianeto são muito utilizados em tratamento de superfícies de metais: o cianeto de sódio, o cianeto de potássio e o cianeto de cobre. Em menor quantidade, utiliza-se cianeto de zinco, de cádmio, de prata e de ouro, conhecido como “sal de ouro”.

Os cianetos apresentam problemas que devem ser conhecidos e divulgados. Em contato com ácidos, mesmo diluídos, com vapo-

res de ácidos e vapor de água, os cianetos liberam gás cianídrico que é extremamente venenoso.

Quando o trabalhador aspira gás cianídrico, o oxigênio deixa de circular no sangue causando morte por sufocação (asfixia).

Os sais de cianeto são menos perigosos quando ingeridos, pois sua absorção é mais demorada. Entretanto, sempre causam danos ao organismo. Também é preciso evitar o despejo de soluções nas canaletas que atravessam a instalação. Muitos funcionários acreditam que essas canaletas estão sempre limpas, ignorando que elas possam ter produtos perigosos. Por exemplo: ácidos em contato com soluções de sulfeto, liberam gás sulfídrico, com cheiro forte e característico; misturas de ácidos com cianetos liberam um gás incolor dificilmente percebido.

Por isso, é necessário deixar escoar bastante água pelas canaletas antes, de utilizá-las. O cianeto absorvido em pequenas doses, de forma constante, pode ser causa de dores de cabeça, perda de apetite, fraqueza, náuseas, e irritações das vias respiratórias superiores.

Ácido sulfúrico

Esse ácido concentrado pode causar sérias queimaduras, com destruição rápida dos tecidos cutâneos. Sua ingestão, em pequenas quantidades diluídas, pode não ser tão nociva. Porém, a constante aspiração dos seus gases ataca as vias respiratórias, podendo ocasionar bronquite crônica. O contato direto com os dentes destrói o esmalte dentário.

Freqüentemente, as pessoas colocam as mãos nas soluções por desconhecerem o risco que correm. Trata-se de um procedimento **perigosíssimo**, pois, se as soluções penetrarem profundamente na pele, causarão sérias ulcerações e dores intensas.

Os acidentes ocorrem sempre que se desvia um pouco dos procedimentos normais.

Compostos de cromo

Os compostos de cromo, como o ácido crômico ou os cromatos, têm efeitos corrosivos na pele e, de modo especial, nas mucosas. Esses produtos afetam, principalmente, a parte interna da boca e do nariz, provocando lesões que cicatrizam com muita lentidão. As lesões no nariz são purulentas e formam crostas. Já as lesões de ácido crômico a 20% causam cegueira, quando atingem os olhos da pessoa.

Solventes clorados

A ação desses produtos varia bastante em função da natureza das substâncias. Algumas são altamente tóxicas e seu efeito narcótico pode causar vertigem e desmaios após algum tempo de inalação.

Entre produtos dessa natureza, três deles são muito utilizados pela indústria, em razão de suas excepcionais qualidades como desengraxantes: tricloretileno, percloroetileno e tricloretoano.

Os sintomas de envenenamento com esses produtos são náuseas freqüentes, vômitos, perda de peso e amarelamento da pele e dos olhos. Também podem ocorrer sérios problemas no fígado, coração, sistema nervoso e rins. Algumas mortes relacionadas com o coração têm sido causadas pela inalação de tricloretileno.

Também são comuns os acidentes durante a limpeza de tanques de desengraxamento com solventes clorados. Os vapores desses produtos são pesados e permanecem no fundo do tanque. Expulsam o ar, podendo sufocar o operador. Em vários casos, operadores foram encontrados mortos no fundo do tanque, o que poderia ser evitado se o trabalho fosse feito por duas pessoas.

Compostos de níquel

O contato com sais de níquel ou com o próprio metal causa dermatite (afecções da pele) em pessoas com predisposição para essa doença. A irritação ocorre em ambientes nos quais a temperatura e a umidade são mais altas que o normal.

Compostos de cobre

O contato prolongado com compostos de cobre causa vômito, dores gástricas, convulsão e choque. Têm ocorrido casos de danos ao rins e ao sistema nervoso, e de aumento do volume do fígado.

Compostos de cádmio

São extremamente venenosos, comprometendo rins e vias respiratórias, quando inalados em forma de pó ou fumos. Por esse motivo, os resíduos de cádmio nunca devem ser incinerados, e as mãos e braços do operador devem ser bem lavados, após manuseio de compostos de cádmio.

Ácido clorídrico

Esse ácido é extremamente corrosivo. O contato com os olhos provoca cegueira e, se ingerido, ocasiona queimaduras no esôfago e na boca. Inalado, seus vapores causam tosse e sufocação, além de queimaduras nas fossas nasais e na traquéia.

Ácido nítrico

Os vapores desse ácido, tal como os de ácido clorídrico, sufocam e atacam as mucosas da boca e do esôfago, e podem causar queimaduras. Em contato com metais, liberam gás nitroso, de

coloração marrom, extremamente tóxico. As queimaduras da pele com esse ácido são graves, destruindo os tecidos rapidamente.

Solventes

Os solventes são empregados na formulação de tintas. Há muito tempo são responsáveis por moléstias respiratórias. Mas pesquisadores vêm desenvolvendo tintas à base de água, e modificando a técnica de aplicação tornando mais segura a operação de pintura.

Tanques aquecidos

Determinadas soluções são aquecidas a temperaturas de 80°C a 90°C. Em alguns processos utiliza-se água quente, próxima à fervura, para secagem de peças. Uma queda do operador nesses tanques pode ser fatal, se não houver socorro imediato.

Poluição das águas

Quem não gostaria de descansar, numa tarde ensolarada, às margens de um rio? O que antigamente era tão comum, hoje é quase impossível porque os rios, de modo geral, estão poluídos. Grande parte dessa poluição se deve ao desenvolvimento industrial. Mas a poluição é, também, um problema da comunidade.

A indústria de tratamento de superfície de metais é, sem dúvida, uma das mais poluentes, pois faz uso de um número muito grande de produtos químicos, misturados com água, que são descartados quase sempre num rio.

Os principais elementos poluidores da indústria de tratamento de superfícies metálicas são os próprios resíduos metálicos, provenientes dos diversos processos empregados.

Outros produtos de natureza não metálica respondem, em escala menor, pela poluição. É o caso do cianeto, fosfato, fluoreto e nitrato.

Os poluentes podem se apresentar nos estados sólido, líquido e gasoso. Os poluentes sólidos provêm das operações de lixamento, polimento e jateamento. São removidos por técnicas de tratamento do pó, que passa por filtros de abertura que seguram as partículas sólidas. Outra técnica é a da eletrostática. Os efluentes gasosos passam por colunas de absorção ou colunas lavadoras de gases e são transformados em efluentes líquidos.

O tratamento desses líquidos exige conhecimento de química e físico-química para que os efluentes sejam tratados de acordo com a legislação. A lei estabelece os limites máximos de poluentes que podem ser lançados numa rede receptora.

Os metais, na forma de material solúvel, são mais poluentes porque se infiltram no subsolo, atingindo facilmente os lençóis subterrâneos de água. Portanto, deve-se purificar a água antes de lançá-la em rios. Essa purificação consiste em remover os metais da água. O processo mais usado para isso é conhecido como **precipitação**. O tratamento é feito em tanques projetados especialmente para esse fim.

São necessários procedimentos especiais para a destruição de compostos de cianetos ou de cromo, antes da precipitação. Os reagentes devem ser bem dosados. Se forem usados na quantidade errada, podem poluir mais ainda a água que queremos descartar.

No processo de precipitação, os metais, após se tornarem insolúveis, são arrastados para o fundo do tanque, formando um lodo. A água limpa, livre dos metais, é retirada por um sistema de tubulações, e o lodo é encaminhado para um sistema de filtros que remove até 80% da água.

Mas nem sempre é possível eliminar completamente todos os metais das águas. Nesse caso, recorre-se a processos mais modernos como, por exemplo, as desmineralização com resinas

de troca iônica ou com membranas que permitem a osmose reversa.

As dimensões das estações de tratamento dos efluentes e o gasto com reagentes são proporcionais ao volume da água que será tratada. Por isso, devemos nos esforçar para diminuir ao máximo o consumo de água sem, contudo, prejudicar a qualidade do serviço.

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

Exercícios

Marque com **X** a resposta correta.

1. Um trabalho completo de tratamento de superfícies metálicas deve levar em conta o tratamento de:
 - a) () metais;
 - b) () tanques;
 - c) () efluentes;
 - d) () soluções.

2. As indústrias são responsáveis, em grande parte, pela:
 - a) () legislação da preservação ambiental;
 - b) () poluição dos rios;
 - c) () caça e pesca;
 - d) () extinção do oxigênio.

3. A segurança do trabalhador depende do conhecimento que ele tem a respeito de:
 - a) () processos de produção;
 - b) () produtos químicos e suas reações;
 - c) () trabalho em célula;
 - d) () tratamento de superfícies.

4. A inalação de solventes clorados causa:
- a) () crise de choro;
 - b) () tremor;
 - c) () cegueira;
 - d) () vertigem e desmaio.
5. O contato com compostos de níquel causa:
- a) () afecção da pele;
 - b) () diarreia;
 - c) () cegueira;
 - d) () vertigem.
6. As inalação de vapores de ácidos causa queimaduras na:
- a) () traquéia;
 - b) () boca;
 - c) () mão;
 - d) () pele.
7. Poluentes sólidos são provenientes de:
- a) () decapagem;
 - b) () lavagem;
 - c) () polimento;
 - d) () secagem.

Gabarito

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