

ACÇO INNOX

Acabamentos

Programa de **Módulo Capacitativo**
Capacitação da Cadeia Produtiva



ACESITA

ACESITA S.A. ASSOCIADA À USINOR

Acabamentos dos aços inoxidáveis

Valdir Luís Fodra Filho

Engenheiro Metalurgista - ACESITA



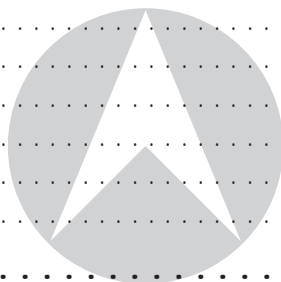
ACESITA S.A. ASSOCIADA À USINOR
www.acesita.com.br

DEZEMBRO/1997

ÍNDICE

ACABAMENTOS DOS AÇOS INOX	5
INTRODUÇÃO	5
IMPORTÂNCIA DO ACABAMENTO	6
ACABAMENTO SUPERFICIAL E RESISTÊNCIA À CORROSÃO.	8
ACABAMENTOS PADRONIZADOS	10
POLIMENTO DE AÇO INOX	13
DEFINIÇÃO	13
OBJETIVOS	13
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.	13
PROCESSOS	16
RESULTADOS ESPERADOS.	18
VANTAGENS.	18
DESVANTAGENS.	18
CUIDADOS	19
APLICAÇÕES TRADICIONAIS	19
DECAPAGEM E PASSIVAÇÃO	19
DEFINIÇÃO	19
OBJETIVOS	20
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.	20
PROCESSOS	22
Jateamento de granalhas:	22
Escovação:	22
Quebradores de carepas:	22
Decapagem/Passivação por imersão ácida:	23
Decapagem por imersão salina:	24
Decapagem/Passivação com pasta ou gel decapante:	25
Decapagem eletrolítica:	25
Eletropolimento	25
Resultado Esperado	25
VANTAGENS.	26
Processos mecânicos:	26
Processos químicos:	26
Processos eletrolíticos:	26
DESVANTAGENS.	27
Processos mecânicos:	27
Processos por imersão ácida:	27
Processos eletrolíticos:	27
CUIDADOS	27
APLICAÇÕES TRADICIONAIS	29
ELETROPOLIMENTO.	29
DEFINIÇÃO	29
OBJETIVOS	29
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.	29
PROCESSOS	31
RESULTADO ESPERADO	32

VANTAGENS.	32
DESVANTAGENS.	33
CUIDADOS	33
APLICAÇÕES TRADICIONAIS	34
ESMERILHAMENTO	34
DEFINIÇÃO	34
OBJETIVOS	34
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	35
PROCESSOS	35
RESULTADO ESPERADO	36
VANTAGENS.	36
DESVANTAGENS.	36
CUIDADOS	36
APLICAÇÕES TRADICIONAIS	36
LIXAMENTO	37
DEFINIÇÃO	37
OBJETIVOS	37
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	37
PROCESSOS	40
RESULTADO ESPERADO	41
VANTAGENS.	41
DESVANTAGENS.	41
CUIDADOS	41
APLICAÇÕES TRADICIONAIS	42
ETCHING	43
DEFINIÇÃO	43
OBJETIVOS	43
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	43
RESULTADO ESPERADO	43
VANTAGENS.	43
DESVANTAGENS.	43
CUIDADOS	44
APLICAÇÕES TRADICIONAIS	45
CONSIDERAÇÕES FINAIS.	45
AGRADECIMENTOS	47
polimento	47
eletropolimento/decapagem e passivação.	47
esmerilhamento	47
lixamento	47
fitas dupla face.	47
BIBLIOGRAFIA	48



ACESITA

ACABAMENTOS DOS AÇOS INOX

INTRODUÇÃO

O intuito deste trabalho é focalizar os tipos de acabamentos mais empregados nos aços inox, tanto os produzidos diretamente pela Acesita quanto aqueles feitos por clientes e prestadores de serviços, bem como suas características principais.

A importância do acabamento dos produtos em aço inox é muito grande. É conhecido que a resistência à corrosão dos aços inox se deve à formação de uma película protetora na superfície do material, resultante da combinação entre o oxigênio do ambiente e o cromo existente na composição química do aço (todo aço inox possui no mínimo 11% de cromo em sua composição química). A formação desta fina, invisível e resistente película de óxidos de cromo, chamada de “camada passiva”, é praticamente instantânea e espontânea. Portanto, além de conferir ao material uma superfície com características que sejam compatíveis com as exigências de cada produto a ser fabricado, os processos de acabamento dos aços inox têm ainda a responsabilidade de:

- garantir que a camada passiva se mantenha uniforme ao longo de toda superfície do material através da adoção de procedimentos de trabalho claros e de treinamento do pessoal operacional;
- não introduzir na superfície do inox elementos ou substâncias que possam atrapalhar a formação da camada passiva ou comprometer sua eficiência. Isto pode ser conseguido pela utilização de insumos específicos para aço inox e equipamentos adequados.

As etapas de acabamento podem ser realizadas em vários momentos da cadeia produtiva: quando o aço ainda está na usina siderúrgica (jateamento, decapagem, esmerilhamento de placas), em prestadores de serviço após a fabricação do aço (lixamento, lixamentos decorativos, polimento), entre etapas de fabricação nas indústrias (esmerilhamento, decapagem e passivação de cordões de solda) ou após a fabricação como última etapa antes de ser enviado ao consumidor final (polimento de pias e cubas, eletropolimento de conexões).

É muito comum quando se aborda qualquer um dos processos de acabamento dos aços inox, citar sua facilidade em obter superfícies mais lisas ou mais ásperas, e até mesmo compará-los quanto às diferentes “rugosidades” de suas superfícies. A rugosidade da superfície é um conceito que está intimamente associado ao desempenho do material frente a um número muito grande de aplicações. Por mais planas que possam parecer a olho nu, as superfícies metálicas quando ampliadas mostram que são formadas na realidade por uma seqüência de picos e vales. Quanto maiores forem os picos e mais profundos os vales e quanto mais freqüentes eles forem, tanto maior será a rugosidade do material. Essa rugosidade é um elemento particularmente importante em materiais que serão empregados nas indústrias alimentícia, farmacêutica ou química pois dificultam a limpeza e aumentam a probabilidade de partículas indesejáveis alojarem-se entre os picos e vales do material, podendo contaminar os produtos fabricados e até mesmo originar pontos de corrosão. A rugosidade de uma superfície pode ser medida em escalas específicas através de um aparelho denominado “rugosímetro”.

IMPORTÂNCIA DO ACABAMENTO

Devido ao grande uso dos aços inox como matéria-prima nos mais variados setores da indústria, diversos tipos de acabamentos são plenamente utilizados com sucesso. Frequentemente diferentes aplicações exigem características superficiais também diferentes para que a peça ou produto fabricado tenha o melhor desempenho em serviço. Vamos, por exemplo, imaginar um mesmo aço inox tipo 304, espessura 1,20 mm para duas aplicações distintas: piso para estabelecimentos comerciais e leitos hospitalares. O aço é o mesmo, a espessura é a mesma, a composição química é a mesma, as propriedades mecânicas são as mesmas. Porém se o material empregado nos leitos hospitalares tiver um acabamento rugoso, sua limpeza será mais difícil e conseqüentemente a remoção de bactérias não será tão eficiente. Em contrapartida, se o piso tiver um acabamento superficial bastante liso, com rugosidade bem baixa, será desastroso. A partir deste enfoque, vamos classificar os acabamentos de aços inox não pelos tipos de produtos, mas sim pelas suas exigências, ou seja, quais os benefícios que se espera que sejam incorporados ao produto ou ao seu processo de fabricação, com a escolha do acabamento correto:

- **Recuperação:** neste grupo vamos considerar os acabamentos aplicados a materiais cujas superfícies sofreram alguma modificação em conseqüência de etapas de processamento (como por exemplo soldagem, estampagem ou tratamentos térmicos) com a finalidade de restabelecer uma boa condição superficial para a aplicação a que será destinado ou para permitir a continuidade do processo de fabricação;
- **Sanitariedade:** estão agrupados aqui os acabamentos aplicados quando se deseja que a superfície do material não apresente poros, cavidades ou sulcos onde possam se alojar partículas ou bactérias. São os tratamentos superficiais de baixa rugosidade especificados formalmente como “sanitários” pela indústria alimentícia, farmacêutica ou de química fina, entre outras, e também implicitamente o que se deseja na área hospitalar para permitir uma limpeza correta dos utensílios, leitos, revestimentos, etc. Vale ressaltar aqui que os acabamentos brilhantes ou espelhados são popularmente reconhecidos como materiais muito limpos, apesar de que, tecnicamente falando, nem sempre materiais com baixa rugosidade são brilhantes e nem sempre materiais brilhantes têm uma superfície isenta de poros ou cavidades;
- **Decoração:** este grupo seria o mais aberto de todos, uma vez que a beleza é um conceito abstrato, não pode ser medida como a rugosidade ou avaliada em termos remoção dos óxidos ou dos arranhões. Na realidade o conceito estético varia de produto para produto, conforme design, aplicação final e público alvo. Além disso, as tendências de arquitetura e decoração mudam de tempos em tempos, fazendo com que um dos grandes requisitos dos processos de acabamentos para este grupo seja a versatilidade.

De uma maneira esquemática, podemos representar um quadro-resumo dos acabamentos superficiais dos aços inox, suas principais finalidades e os processos atualmente utilizados, como segue:

O QUÊ ?	PARA QUÊ ?	QUANDO ?	POR QUÊ ?	COMO ?
	RECUPERAÇÃO	APÓS SOLDAGEM	REMOÇÃO DE ÓXIDOS	ESCOVAMENTO / LIXAMENTO / DECAPAGEM
			REMOÇÃO DO CORDÃO	LIXAMENTO / ESMERILHAMENTO
	RECUPERAÇÃO	APÓS CONFORMAÇÃO MECÂNICA	REMOÇÃO DE ARRANHÕES	LIXAMENTO / POLIMENTO
		APÓS TRATAMENTO TÉRMICO	REMOÇÃO DE ÓXIDOS	LIXAMENTO / POLIMENTO / DECAPAGEM / JATEAMENTO
	RECUPERAÇÃO	USO COM ALIMENTOS	FACILIDADE DE LIMPEZA	LIXAMENTO / POLIMENTO / ELETROPOLIMENTO
			RESISTÊNCIA À CARROÇÃO	
	RECUPERAÇÃO	USO COM REMÉDIOS	FACILIDADE DE LIMPEZA	LIXAMENTO / POLIMENTO / ELETROPOLIMENTO
			RESISTÊNCIA À CARROÇÃO	
	SANITARIEDADE	USO COM PRODUTOS QUÍMICOS	RESISTÊNCIA À CARROÇÃO	LIXAMENTO / POLIMENTO / ELETROPOLIMENTO
			BAIXA MANUTENÇÃO	
	SANITARIEDADE	USO HOSPITALAR	DESINFECÇÃO	LIXAMENTO / POLIMENTO
			RESISTÊNCIA À CORROÇÃO	
	DECORAÇÃO	USO ARQUITETURAL	VERSATIILIDADE	LIXAMENTO / POLIMENTO / ETCHING / JATEAMENTO / ELETROPOLIMENTO
			ASPECTO ESTÉTICO	
			RESISTÊNCIA À CORROÇÃO	

ACABAMENTO SUPERFICIAL E RESISTÊNCIA À CORROSÃO

Apesar de ser popularmente conhecida apenas como “ferrugem”, existem na realidade várias formas de corrosão. Algumas delas aparecem sob condições muito específicas e possuem uma maneira bastante peculiar de se manifestar. Para não nos alongarmos muito, vamos abordar resumidamente somente as principais formas de corrosão para os aços inox:

Condição	Forma de Corrosão	Aparência
<ul style="list-style-type: none"> • presença de ácidos redutores, como por exemplo, o sulfúrico • contaminação por partículas de ferro. 	uniforme	ataque generalizado em toda a superfície do material, com coloração em tom marrom
<ul style="list-style-type: none"> • aparece em regiões com frestas, onde há “falha” no suprimento do oxigênio necessário para a formação da camada passiva e presença de meios agressivos. 	por frestas	similar à corrosão uniforme, mas inicialmente localizado junto às frestas. Depois pode se espalhar, generalizando-se pela superfície
<ul style="list-style-type: none"> • presença de íons como cloreto, hipoclorito e brometo, entre outros. • presença de meios clorados. • água do mar. 	pites (pontual)	os pites são pequenos “buracos”, normalmente com profundidade bem maior do que o diâmetro. Uma vez iniciados, progridem rapidamente podendo até perfurar a chapa.
<ul style="list-style-type: none"> • exposição a temperaturas entre 400 a 800°C por um tempo razoável (caso de soldagem, por exemplo). O cromo se combina com o carbono, enfraquecendo a camada passiva em regiões específicas. A corrosão intergranular acontece se o material nesta situação (sensitizado) for exposto a meios agressivos. 	intergranular	o material começa a “esfarelar”, a perder massa como se estivesse dissolvendo.
<ul style="list-style-type: none"> • podem aparecer nos inox da série 300 sempre que houver ao mesmo tempo tensão residual de tração no material, ambiente agressivo e temperaturas maiores que 60°C. 	sob tensão	trincas não reparáveis por solda (elas progridem com o aquecimento dos processos de soldagem).

O desenvolvimento ou não dos processos corrosivos de um modo geral, são ainda influenciados por fatores relacionados ao meio ambiente e ao material. Os principais fatores que interferem na corrosão são:

Concentração: o grau de agressividade do meio ambiente está diretamente relacionado com sua concentração (ou diluição), mas isso não quer dizer que produtos mais concentrados são sempre mais agressivos que os diluídos. Na prática existem tabelas baseadas em testes práticos para se conhecer o desempenho de cada tipo de inox nos meios agressivos mais comuns a variadas concentrações;

Velocidade: quanto maior for a velocidade com que o meio agressivo passa pelo inox, menor será a possibilidade de aparecimento de corrosão. Isto porque o contato entre material e o meio ambiente não dura o tempo suficiente para inciar as reações químicas envolvidas na corrosão;

Temperatura: de um modo geral, quanto maior a temperatura, mais fácil o aparecimento de corrosão. No caso de corrosão sob tensão, por exemplo, ela deve ser superior a 60°C e tende a aparecer mais facilmente quanto mais alta for;

Composição química do material: nos aços inox o papel do cromo é determinante para a resistência à corrosão. Quanto maior for sua porcentagem na composição do aço, melhor será o desempenho frente à corrosão. Porém outros elementos podem ser adicionados para aumentar a resistência à corrosão em casos específicos, como por exemplo o molibdênio (que melhora bastante a resistência a corrosão por pites) e o titânio (que melhora a resistência à corrosão intergranular);

Acabamento superficial: o acabamento do material pode influenciar tanto positivamente como negativamente nos processos corrosivos do aço inox. A tabela abaixo mostra qual o tipo de acabamento mais recomendado a ser utilizado contra os principais tipos de corrosão:

Influência do Acabamento na Corrosão	
Tipo de Corrosão	Acabamento
uniforme	<ul style="list-style-type: none"> a superfície deve ter baixa rugosidade para evitar que o meio agressivo possa se alojar facilmente sobre o material e permitir o livre escoamento de líquidos e gases, quando este for o caso. Acabamentos recomendados: lixamento 180 ou mais fino, polimento, eletropolimento. superfície isenta de resíduos e partículas de ferro e óxido de ferro (contaminação). Acabamentos recomendados: decapagem e passivação, eletropolimento.
por frestas	<ul style="list-style-type: none"> a superfície deve ter baixa rugosidade para evitar que o meio agressivo possa se alojar facilmente sobre o material, mas as condições de frestas na superfície devem ser eliminadas.
pites	<ul style="list-style-type: none"> a superfície deve ter baixa rugosidade para evitar que o meio agressivo possa se alojar facilmente sobre o material e permitir o livre escoamento de líquidos e gases, quando este for o caso. Acabamentos recomendados: polimento, eletropolimento.
intergranular	<ul style="list-style-type: none"> o acabamento influencia muito pouco neste tipo de corrosão.
sob tensão	<ul style="list-style-type: none"> a superfície não deve ter tensões residuais de tração. O jateamento promove tensões residuais de compressão na superfície, melhorando seu desempenho. O desempenho será melhor se for seguido de um processo de passivação. O jateamento, porém, deve ser utilizado com cuidado, pois as superfícies rugosas favorecem o aparecimento de corrosão por pites e uniforme.

*obs.: as recomendações nesta tabela são de caráter orientativo e aplicáveis à grande maioria dos casos.
No entanto, cada situação em particular deve ser analisada individualmente,
pois existem outros fatores que influenciam na corrosão.*

Teoricamente, todos os fatores citados devem ser trabalhados simultaneamente. Na prática, porém, de todos esses fatores, os mais fáceis de serem trabalhados são os referentes ao material, já que concentração, velocidade e temperatura normalmente são parâmetros de processos e não podem ser mudados. No caso de um equipamento para pasteurização de leite, por exemplo, a temperatura de trabalho é um item importantíssimo, a concentração do leite é extremamente controlada e não pode ser alterada e a velocidade é restrita ao uso ou não de agitadores dentro dos tanques. Assim, na maioria das vezes uma correta especificação do aço (composição química) associada à utilização de um acabamento adequado, resulta em um excelente desempenho.

ACABAMENTOS PADRONIZADOS

A padronização de acabamentos tem por finalidade possibilitar que produtores e clientes falem a mesma língua em qualquer lugar do mundo. Normas técnicas americanas, alemãs, japonesas, brasileiras e de vários outros países sobre materiais inox planos, procuram ser bastante semelhantes entre si nos tipos de acabamentos padronizados. Existem também alguns conceitos que são bastante difundidos, apesar de não constarem em normas, pois são inerentes aos processos de fabricação do aço:

- Aços produzidos por laminação a quente (LQ - Laminado a Quente ou BQ - Bobina a Quente) compreendem as faixas de espessura mais grossas e têm uma rugosidade superficial maior do que aços laminados a frio (LF ou BF). Ou seja: um inox tipo 304 BQ, espessura = 3,00 mm terá rugosidade maior do que um inox tipo 304 BF, espessura = 3,00 mm.
- Se dois aços inox iguais forem laminados pelo mesmo processo, mas para espessuras diferentes, o mais fino terá rugosidade menor. Isso equivale dizer que um inox tipo 304 BF, espessura = 2,00 mm terá rugosidade maior que um inox 304 BF, espessura = 0,60 mm.

Esses casos, a princípio curiosos, tornam-se importantes à medida que para medirmos o trabalho precisaríamos conseguir um acabamento sanitário (rugosidade bem baixa) a partir de um material laminado a quente e compará-lo com o mesmo trabalho a partir de um material laminado a frio. Se por um lado certamente nos materiais laminados a frio é mais fácil de se chegar a um acabamento de baixa rugosidade, por outro lado devemos ponderar que o preço do material laminado a quente é menor. Feitas essas considerações, podemos citar como os principais tipos de acabamentos:

Acabamentos Padronizados para Aços Inox		
Tipo	Descrição	Aparência
N.º 1	material laminado a quente, recozido (solubilizado) e decapado	superfície cinza clara e fosca. É a "BQ Branca"
2D	material laminado a frio, recozido (solubilizado) e decapado	superfície cinza fosca, mas bem menos rugosa que n.º 1
2B	material laminado a frio, recozido (solubilizado) e decapado, mas que recebe um pequeno passe de laminação com cilindros polidos (brilhantes)	superfície com brilho, sendo muito reflexiva nos aços inox ferríticos e pouco nos autenéticos e martensíticos
BA	material laminado a frio com cilindros polidos e recozido (solubilizado) em forno com atmosfera inerte controlada	superfície com brilho e refletividade acentuada
N.º 3	material lixado em uma direção com abrasivos de granulometria intermediária ⁽¹⁾	"escovado" rugoso
N.º 4	material lixado em uma direção com abrasivos de granulometria fina ⁽²⁾	"escovado" menos rugoso que o anterior
N.º 6	idem ao n.º 4, mas recebe ainda um acabamento com tecido embebido em pasta abrasiva e óleo, não mais unidirecional	"escovado" fosco-acetinado
N.º 7	material lixado em uma direção com abrasivos de várias granulometrias progressivamente até atingir um grau de alta refletividade, mas mantendo ainda as linhas de polimento	muito brilhante e refletivo
N.º 8	material lixado em uma direção com abrasivos de várias granulometrias progressivamente, até chegar a grãos muito finos, onde não é mais possível perceber as linhas de polimento	acabamento tão brilhante e refletivo que permite o uso de inox em espelhos e refletores

Conforme norma ASTM A 480 - ed. 94

obs. 1: normalmente são empregadas lixas de granulometria em torno de 100

obs. 2: normalmente são empregadas lixas de granulometria entre 120 e 150

Porém, se filosoficamente a idéia é boa, na prática ela tem suas limitações. Apesar de alguns processos de acabamento permitirem um controle muito rigoroso durante o processamento, é bem pouco provável que duas fábricas ou prestadores de serviços diferentes conseguirão fazer exatamente o mesmo acabamento. Nos materiais lixados, por exemplo, mesmo utilizando lixas de mesma granulometria, as pressões aplicadas sobre a superfície da peça podem ser diferentes, bem como enquanto uma empresa pode estar utilizando uma lixa novinha, a outra utiliza uma lixa meia vida ou já próxima do fim. Nenhuma das especificações existentes em normas determina valores para rugosidade da superfície ou para o índice de reflectância (refletividade) ou para o brilho. É mais ou menos como pedir para um pintor usar nas paredes de sua casa uma cor azul "não muito clara e um pouco brilhante": a probabilidade de ele acertar exatamente a cor que você quer é mínima... Os acabamentos padronizados são, portanto, uma referência, devendo

estar acompanhados sempre de especificações complementares de acordo com o produto a ser fabricado. A Acesita, através da Acemap, empresa do grupo localizada dentro da própria usina e especializada em prestação de serviços de acabamento e beneficiamento de inox, oferece a maioria dos acabamentos padronizados citados e mais alguns especiais:

Acabamentos Especiais para Aços Inox		
Tipo	Descrição	Aparência
butterfly	lixamento decorativo circular	sobreposições de círculos em distribuição padronizada sobre a superfície
exclusive design	lixamento decorativo circular	sobreposições de círculos em distribuição padronizada, com espaçamento diferenciado em relação ao "butterfly"
hair line	lixamento linha contínua com granulometria 80	"escovamento" com as linhas de polimento contínuas ou bem longas (as tradicionais são curtas, interrompidas)

Todos os acabamentos relacionados nas tabelas anteriores, como foi possível perceber, dizem respeito ao inox como matéria-prima, seja ele em bobinas, tiras, chapas ou blanques. A utilização de matéria-prima com um acabamento já agregado pode ser muito vantajosa. Reduz tempo de fabricação (cortando etapas de acabamento), confere uma superfície com aparência homogênea ao produto e, sobretudo, reduz custos com mão-de-obra e materiais. No entanto, alguns cuidados são muito importantes para que o acabamento da matéria-prima se mantenha inalterado até o fim da fabricação do produto ou equipamento:

- evite arranhões que podem estragar o acabamento superficial, seguindo as recomendações da Acesita para transporte, manuseio e armazenagem de aços inox;
- as chapas podem ser fornecidas como uma película plástica de proteção colada na superfície. O material é então processado com a película, que somente será removida após a conclusão do processamento. É o que acontece no caso das mesas de fogões, gabinetes de lava-louças e fechaduras de aço inox, onde o inox é dobrado, furado, estampado e o plástico protetor só é removido no final, com a peça pronta. Apenas tome o cuidado de não permitir que as chapas, peças ou produtos com película plástica de proteção fiquem expostos ao sol ou chuva por longos períodos, pois a cola pode ser deteriorar e aderir na superfície, manchando-a;
- no caso de materiais lixados, brilhantes ou espelhados, evite trabalhar com uniões e fixações por solda. Processos de soldagem escurecem o material e deterioram completamente o acabamento. Além disso, o calor do processo gera tensões que irão deformar a superfície, deixando-a ondulada. Como último recurso, tente ao menos que as soldas fiquem em regiões não aparentes, bem escondidas;
- evite se valer de processos de lixamentos manuais nas regiões soldadas para tentar "copiar" o acabamento original removido. A emenda pode sair pior que o soneto;

- procure empregar, para fixações e uniões de chapas brilhantes ou lixadas, fita dupla face de espuma acrílica. Além do trabalho ser rápido, limpo e não estragar a superfície, também não gera o calor que pode deformar o material. As fitas dupla face têm uma adesão incrível no inox, mas tome o cuidado de consultar o fabricante para que ele especifique o tipo ideal de fita para o seu trabalho, bem como que ele forneça as orientações sobre a maneira correta de aplicá-la.
- parafusos e rebites (de inox) também podem ser empregados. Apresentam a desvantagem de ficarem quase sempre aparentes.

Existem, porém, vários casos onde, devido a fatores relacionados com o processo produtivo, como por exemplo, peças com estampagem profunda (cubas de pias, jarras), peças que sofrem tratamentos térmicos a altas temperaturas (facas, discos de freio de motocicletas), equipamentos que recebem grande quantidade de solda (tanques para cervejaria, trocadores de calor) e outros, onde o acabamento não pode vir da matéria-prima, e tem que ser feito durante ou após o processo de produção. Alguns tipos de acabamentos são muito parecidos com aqueles padronizados para as chapas e bobinas (lixamento, polimento, decapagem e passivação).

POLIMENTO DE AÇO INOX

DEFINIÇÃO

Polimento é uma das operações na qual a superfície do inox é modificada mecanicamente pelo atrito de abrasivos.

OBJETIVOS

- Diminuir a rugosidade;
- Conferir um acabamento brilhante e uniforme ao longo de toda superfície do inox.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O polimento não deve ser encarado como uma única operação e sim como a união de duas operações complementares, que podem ser assim definidas:

afinação: promove a remoção de quantidades consideráveis de material eliminando riscos profundos e outros defeitos superficiais, proporcionando um alisamento preliminar da superfície;

polimento propriamente dito: esta etapa remove muito pouco material, buscando apenas melhorar a aparência, indo desde um aspecto final semibrilhante até o espelhado.

Nas operações de afinamento e polimento estão envolvidas muitas variáveis a serem controladas para que se consiga o aspecto superficial desejado na peça ou chapa de inox. Como ambas as etapas são obtidas através da ação de partículas abrasivas sobre a superfície, a primeira associação que fazemos é que o resultado dessas operações podem variar de acordo com o abrasivo empregado. De fato, existem vários tipos de abrasivos com características e comportamentos diferentes, desde os naturais até os sintéticos que, embora mais caros que os naturais, têm atualmente lugar de destaque pela garantia e repetibilidade de resultados que apresentam.

Abrasivos			
Naturais		Sintéticos	
Sílica	Considerado um abrasivo de dureza média e baixo custo. É a denominação genérica para o quartzo ou as areias.	Óxido de alumínio (alumina)	Atualmente a substância mais importante na indústria de abrasivos, está dividida em calcinados e fundidos.
Granada	Tem valor abrasivo superior aos quartzos e sua principal aplicação se dá em lixas para madeira.	Bauxito calcinado	Mistura onde predomina o óxido de alumínio, o que deixa ambos abrasivos com propriedades parecidas.
Coríndon	É uma forma natural de óxido de alumínio com qualidade variável e preço próximo aos abrasivos sintéticos. Também conhecido como Emery.	Carbeto de silício	Obtido pela reação entre sílica e carbono, mais duro que óxido de alumínio e usado em lixas e rebolos para metais não ferrosos.
Trípoli	Rocha de cor branca, constituída principalmente por sílica fina.	Diamante	É o mais duro de todos os abrasivos. No entanto são muito caros.
Terra diatomácea	Usada em metais não ferrosos e plásticos, é constituída por sílica de origem orgânica.	Óxido de ferro	Pó vermelho de granulometria fina, usado principalmente com metais preciosos.
Pedra pomes	É uma rocha constituída de lava ácida formada de vidro vulcânico.	Óxido de cromo	Pó verde usado quando se deseja brilho intenso em ferrosos ou não ferrosos.

Embora sejam muito importantes, os abrasivos por si só não têm como polir uma superfície. É necessário que sejam pressionados contra a superfície da peça ou chapa com uma força adequada. Para isso, os abrasivos são utilizados com os discos e as rodas.

Discos e rodas são, basicamente, tecidos cortados e montados sobre os eixos das politrizes. As rodas são compostas inteiramente de tecido, enquanto os discos são fabricados com o centro composto por peças como anel metálico, grampos cobreados, garras metálicas, papelão ou ainda outros materiais que não o tecido. Os discos com centro de "grapa", por exemplo, apresentam a grande vantagem de admitir o trabalho com altas velocidades.

As rodas podem ser soltas (uma simples montagem de telas de tecidos) ou costuradas. As principais funções das costuras são a redução do desfiamento e o aumento da dureza e agressividade das rodas. As costuras podem receber diferentes tipos de desenhos (espiral,

concêntricas, tangentes curvas, etc.) que irão resultar em durezas diferentes nas rodas, além de formarem diferentes quantidades de bolsas para absorver e reter massas de polimento.

Já os discos, quando fabricados de modo a aparecerem rugas pela dobra do tecido, são chamados de ventilados. Essas rugas, além de proporcionarem maior rigidez e melhor ventilação, atuam como captadoras de material abrasivo. O disco ventilado de face aberta (mais encorpado, com maior resistência à compressão, com rigidez constante ao longo de todo o corpo) é normalmente empregado para eliminação de riscos. O disco ventilado de face fechada (mais brando e flexível) é geralmente empregado para acabamento final de alto brilho. Quando no processo de fabricação produz-se pregas regulares e uniformes, os discos são chamados de plissados e caracterizam-se por serem rígidos e pouco flexíveis, indicados para acabamento de superfícies lisas. É importante salientar que, apesar de existirem ainda outros tipos, os discos ventilados e os plissados são considerados universais, pois adaptam-se a quaisquer tipos de metais.

Todos os tipos de rodas e discos necessitam de flanges, dispositivos para manter o conjunto de discos ou rodas fixos e unidos sob pressão no eixo da politriz, para uma operação segura. Além de ter uma resistência adequada, os flanges devem ser montados com diâmetros de 4 a 6 milímetros maiores que os centros dos discos.

Um fator de muita importância na escolha do disco ou roda, é a seleção do tecido adequado ao trabalho a ser executado.

Tecidos	
Tecido	Descrição
Algodão tela	é o tecido mais utilizado. Pode apresentar várias texturas, aspereza, dureza e resistência conforme a trama e o fio empregado.
Sarja	também de algodão, é um tecido mais pesado, grosso e áspero usado quando se deseja alto poder de abrasão.
Flanela	devido à sua maciez e flexibilidade são usadas em casos onde os outros tecidos falham na obtenção de brilho.
Sisal	fibra de cânhamo extremamente dura, eficiente na remoção de defeitos de superfície. Podem ser usados combinado com tecidos (conhecido como transisal).

Os tecidos podem ser tratados objetivando condições diferenciadas, como por exemplo, amaciados para obter-se maior flexibilidade permitindo acompanhar contornos, lubrificadas para prevenir queima, endurecidas e enrijecidas, etc. Porém os tratamentos devem ser feitos uniformemente, evitando pontos com comportamento diferente no mesmo disco.

A aplicação dos abrasivos nas rodas ou discos pode se dar de duas maneiras diferentes: através de massas ou por colagem.

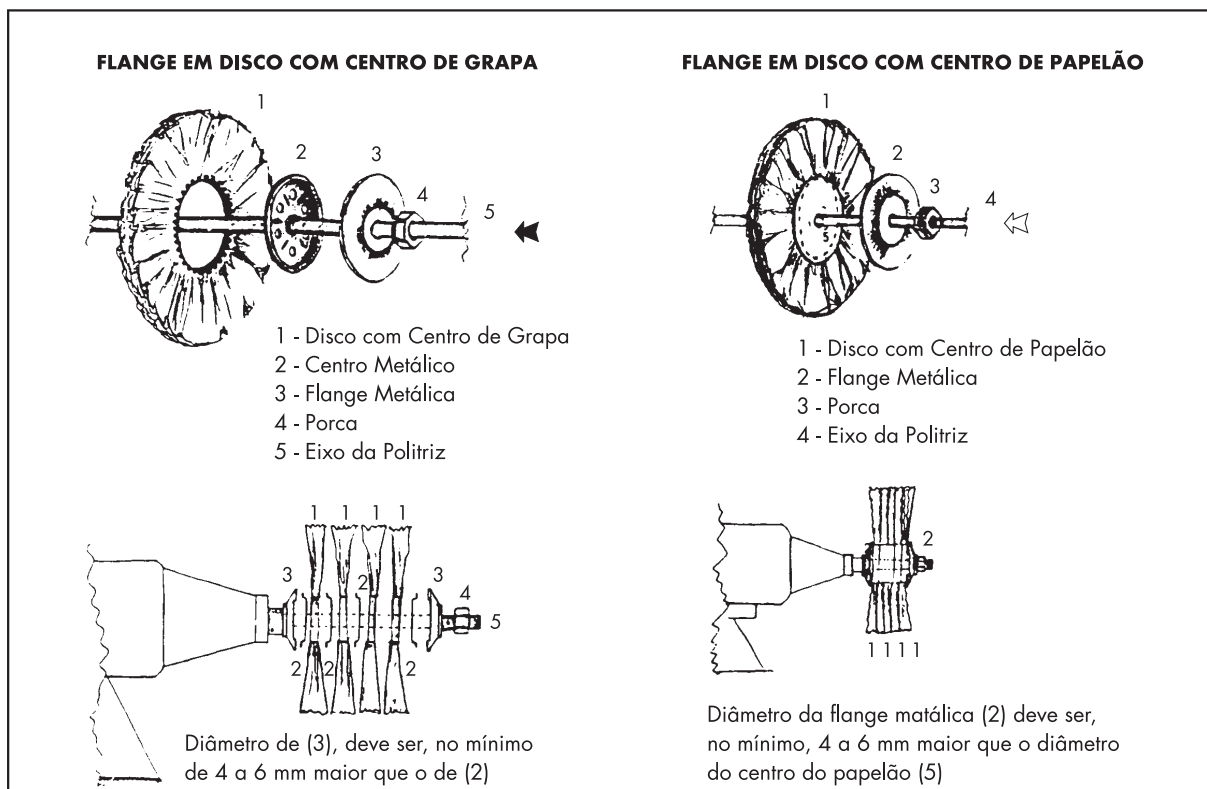
As massas utilizadas para afinação são misturas de cola, grãos abrasivos e produtos químicos para secar e endurecer. Podem ser utilizadas em quase todos os tipos de roda com uma velocidade de operação entre 1.500 a 1.800 rpm. As massas utilizadas para polimento são constituídas basicamente pelo ligante, responsáveis pelo efeito de lubrificação e aderência, e o abrasivo. Para aço inox, normalmente utiliza-se como abrasivo o óxido de alumínio fundido ou o bauxito e, em casos onde se requer alto brilho, o óxido de cromo. No caso de polimento, também podem ser empregadas massas líquidas, com um sistema de pulverização montado atrás dos discos, trazendo significativa economia de tempo do operador, uma vez que não tem que interromper o polimento periodicamente para aplicar a massa sólida no disco ou roda.

A aplicação de abrasivos por colagem consiste no preparo de uma mistura de um adesivo (que deve ser um misto entre forte, para não desprender, e flexível para não quebrar com facilidade) e água, que será utilizada para colar o abrasivo no tecido do disco ou roda. A operação de colagem é de fundamental importância para obtenção de um bom acabamento e, para tanto, recomenda-se cuidados quanto à seleção e distribuição granulométrica do abrasivo e prevenção contra contaminações de partículas estranhas que possam riscar as peças.

PROCESSOS

Antes que seja iniciado qualquer processo de remoção de riscos, polimento ou lustração, é interessante que as peças tenham suas rebarbas inerentes ao processo de fabricação removidas.

Montagem das rodas e discos



Afinação de Superfícies de Aço Inox	
Convencional	Flexível
<ul style="list-style-type: none"> • Cola fria com alumina • Sebo como lubrificante • Rodas costuradas de brim, lona, ou feltro • Velocidade de 1.800 a 2.400 m/min 	<ul style="list-style-type: none"> • Massas de afinação de alumina • Rodas soltas ou costuradas de brim, lona ou feltro • Velocidade de 1.800 a 2.400 m/min

Aplicação dos abrasivos - colagem com cola fria

1. misturar bem a cola para homogeneizá-la;
2. aplicar uma fina camada de cola sobre a roda com o auxílio de um pincel de pêlos;
3. deixar secar por 30 minutos;
4. aplicar nova camada de cola;
5. rolar sobre o pó abrasivo bem distribuído sobre uma superfície plana e rígida;
6. repetir os procedimentos 4 e 5 tantas vezes forem necessárias.

obs.: os fabricantes recomendam a aplicação do adesivo em 3 camadas para um bom equilíbrio entre flexibilidade e resistência ao atrito.

Aplicação dos abrasivos - massa de afinação

1. colocar em movimento as rodas onde se pretende aplicar a massa;
2. colocar a massa em contato com a roda e desligar a politriz;
3. continuar a aplicação da massa na desaceleração, o que facilitará a formação de uma camada espessa de massa sem desperdício;
4. repetir os procedimentos de 1 a 3 até obter-se uma camada de em torno de 3 mm de espessura sobre a roda

obs.: as aplicações de massa devem ser intermitentes e não contínuas.

Polimento de Superfícies de Aço Inox		
Acabamento Acetinado	Polimento de Desbaste	Alto Brilho
<ul style="list-style-type: none"> • Massa de afinação de carbeto de silício ou óxido de alumínio • Roda de tecido com uma costura ou disco ventilado • Velocidade periférica de 1.400 a 2.000 m/min 	<ul style="list-style-type: none"> • Massa sólida ou líquida com alumina ou com bauxito • Disco de sisal costurado, disco ventilado, rodas de sisal costuradas • Velocidade periférica de 2.400 a 2.700 m/min 	<ul style="list-style-type: none"> • Massa sólida ou líquida de alumina calcinada • Roda de tecido com uma costura ou disco ventilado • Velocidade periférica de 2.100 a 2.700 m/min

Aplicação dos abrasivos - massa de polimento

1. massas sólidas: fricciona-se as barras nos discos ou rodas em movimento. O atrito causará um aquecimento que fundirá o composto, fixando-o nas fibras dos tecidos
2. massas líquidas: devem ser aplicadas com o auxílio de pistolas especialmente desenvolvidas para que o jato de massa consiga quebrar a barreira de ar formado quando os discos estão em movimento, permitindo sua penetração neles por cerca de 30 mm

RESULTADOS ESPERADOS

- Superfície isenta de riscos;
- Acabamento uniforme ao longo de toda a superfície;
- Eliminação dos vestígios de etapas anteriores de processamento (estampagem, tratamento térmico, soldagem);
- Eliminação de arranhões por manuseio inadequado.

VANTAGENS

- Adapta-se muito bem a formas variadas, desde que não muito complexas;
- O trabalho em peças seriadas pode ser automatizado com relativa facilidade;
- Produz um acabamento espelhado melhor do que o obtido por eletropolimento, embora não tenha a mesma capacidade de reflexão de luz (brilho);
- Pode ser usado com sucesso em qualquer tipo de aço inox nos estados recozidos, endurecidos por deformação a frio ou temperados;
- Não gera efluentes nocivos a natureza.

DESVANTAGENS

- Alta geração de poeira no local de trabalho, sendo por vezes recomendada sua separação física das outras etapas de fabricação;
- Dificuldade em geometrias complexas;
- Gera tensões superficiais e deformações mecânicas nas camadas mais externas da superfície;
- É um processo que pode apresentar variações de resultados, principalmente quando não automatizados;
- O trabalho é todo realizado a partir de elementos consumíveis (abrasivos pasta ou pó, discos e rodas, etc).

CUIDADOS

- O setor de polimento deve ser montado em local ventilado e os polidores deverão ser orientados a utilizar máscaras, principalmente quando estiverem sendo empregados como abrasivos sílica, trípoli ou terra diatomácea. A inalação do pó destes produtos por períodos longos pode resultar em um problema denominado silicose (doença pulmonar);
- Os discos de polimento necessitam de flanges para uma operação segura. Se as flanges não forem bem projetadas e fabricadas, as forças geradas pelas altas velocidades e os choques durante a execução dos trabalhos podem causar colapso das garras de fixação, rompimento dos anéis, dos grampos, etc pondo em risco os operadores;
- Nos trabalhos com aço inox não empregar como abrasivos o óxido de ferro, pois partículas residuais deste óxido que fiquem aderidas na superfície do inox podem desencadear processos corrosivos;
- Nunca utilizar os mesmos discos ou rodas de polimento para polir aço comum e inox, prevenindo a “contaminação” da superfície do inox com partículas do aço comum que poderão iniciar processos corrosivos.

APLICAÇÕES TRADICIONAIS

- Talheres e baixelas
- Painelas
- Pias e cubas
- Corrimãos soldados

DECAPAGEM E PASSIVAÇÃO

DEFINIÇÃO

Decapagem é o processo de remoção de camadas de óxidos formadas sobre superfícies metálicas. Passivação é a formação, nesta superfície, de uma camada de óxidos estável e homogênea (camada passiva) após a remoção da carepa.

OBJETIVOS

- Remover da superfície do inox óxidos indesejados formados a altas temperaturas em etapas de fabricação como tratamentos térmicos, soldagem, laminação a quente, etc;
- Promover a formação de uma camada de óxidos de cromo estável e homogênea característica dos aços inox;
- Eliminar resíduos de partículas de ferro e seus óxidos aderidas à superfície do inox (processos de contaminação).

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Apesar de serem comumente utilizados nas indústrias quase puros ou combinados entre si, os metais de um modo geral (com exceção feita aos metais nobres como o ouro e a platina) são encontrados na natureza sempre na forma de óxidos, uma combinação entre oxigênio e um metal ou sais. Enquanto o homem busca alternativas através da tecnologia para separar os metais do oxigênio, empregando para isso grande quantidade de energia, altas temperaturas, reações químicas complexas e processos complicados, a natureza se encarrega de promover o retorno dos metais à sua forma natural (um óxido) espontaneamente. Isso implica em dizermos que enquanto as usinas siderúrgicas se aplicam em obter os aços, a natureza se encarrega de devolver as partículas de ferro existentes neste aço à sua forma natural: o óxido de ferro, popularmente conhecido como ferrugem. Enquanto existirem condições favoráveis ao seu aparecimento teremos sempre os óxidos, de vários tipos, cada um com suas características próprias, dependendo do tipo de metal envolvido e das condições do meio ambiente (temperatura, quantidade de oxigênio, presença de outros elementos químicos). A resistência a corrosão dos aços inox, por exemplo, se deve à formação de uma camada de óxidos de cromo com propriedades bastante específicas na sua superfície. Se este óxido formado não apresentar algumas características típicas (ser estável, inerte, homogêneo ao longo da superfície, extremamente fino, pouco poroso e impermeável) os inox não terão o desempenho esperado frente a um grande número de meios agressivos. Óxidos que aparecem nos aços inox a partir de tratamentos térmicos como têmpera e recozimento, em processos de soldagem ou brasagem, nas laminações ou forjamentos a quente, por exemplo, não têm as propriedades necessárias, devendo ser removidos para que se possa provocar em seu lugar o aparecimento de outros óxidos com as características adequadas. A este processo de remoção de óxidos não desejáveis chamamos decapagem. Ao processo de provocar o aparecimento de uma camada de óxidos de cromo estável e homogênea sobre a superfície do inox, chamamos passivação.

Enquanto os processos de decapagem podem ser mecânicos, químicos ou eletrolíticos, a passivação é obtida sempre por uma reação química de oxidação do cromo, seja através de banhos em soluções próprias, seja através do contato natural com o oxigênio do ar. De um modo geral, em todos os processos industriais ou naturais de decapagem e passivação, superfícies limpas e livres de contaminantes orgânicos como gordura, óleos e tintas apresentarão melhores resultados. Recomenda-se, portanto, uma operação prévia de limpeza/desengraxe antes de qualquer tipo de decapagem.

Os processos mecânicos de decapagem devem ser sempre empregados com muito cuidado, pois podem incrustar partículas de óxido na superfície ao invés de removê-las. Escondidas na sub superfície dos materiais, as partículas de óxidos podem manifestar-se após algum tempo, desencadeando processos corrosivos. Comumente as decapagens mecânicas são empregadas como um pré tratamento para facilitar ou tornar mais eficientes as decapagens químicas.

Mecânicos	
Jateamento de granalhas	este processo baseia-se na conversão da energia cinética das partículas em energia de impacto, promovendo a quebra das carepas de óxidos. Entre as variáveis a serem controladas, podemos citar o tipo das partículas (areia, vidro, aço, aço inox), distribuição granulométrica, ângulo de incidência sobre a superfície e velocidade das partículas.
Escovação	pode ser feita manualmente, com ferramentas pneumáticas ou em processos automatizados. Além das escovas metálicas (aço, aço inox) podem ser utilizadas as fibras naturais (sisal, pita) e escovas sintéticas (scotch brite)
Quebradores de carepas	utilizados mais comumente no processamento de bobinas, os quebradores de carepa baseiam-se no processamento em rolos não alinhados, com tracionamento ou não, com a finalidade de trincar e desprender os óxidos superficiais grosseiros. Está sempre associado a uma decapagem química.

Os processos químicos de decapagem e passivação empregam sempre reagentes químicos com composições específicas para cada tipo ou família de produto que se deseja processar. Portanto, soluções decapantes para aços carbono comuns não são necessariamente eficientes para aços inox e outros metais. Pelo contrário, a utilização de decapantes não adequados para um determinado material pode desencadear fortes processos corrosivos.

Químicos	
Por imersão ácida	Apesar da decapagem e passivação por imersão do material em banho ácido utilizar freqüentemente uma combinação de ácidos oxidantes e redutores (no caso dos aços inox, enquanto os ácidos redutores removem os óxidos da superfície, os oxidantes reconstruem a camada passiva), ácidos orgânicos também podem ser empregados. Tempo de processamento, temperatura, que influi diretamente na velocidade de reação, e quantidade de resíduos precipitados no banho são importantes fatores a serem controlados para garantir o sucesso da operação.
Por imersão salina	Este processo consiste na imersão do metal em um banho contendo um sal fortemente redutor (que irá reduzir óxidos mais ricos em metais) e/ou em banho com sal oxidante (que irá dissolver óxidos mais ricos em oxigênio). Após cada banho, o material deve seguir para um resfriamento rápido em água, para que o choque térmico desprenda os resíduos de óxidos e uma limpeza ácida leve para remover resíduos do sal e clarear a superfície.
Pasta ou gel decapante	O princípio geral é o mesmo do banho por imersão ácida, mas além dos ácidos oxidantes e redutores é adicionada a composição agentes ligantes conferindo uma consistência tal que permita sua aplicação localizada (por exemplo cordões de solda). Além de não exigir a imersão total do material como nos banhos, a decapagem com pasta ou gel permite ainda o trabalho em superfícies inclinadas e verticais, podendo ser executada em campo.

Os processos eletrolíticos de decapagem associam o banho ácido e a aplicação de uma corrente contínua controlada. Os banhos (eletrólitos) empregados variam conforme o tipo de material a ser processado e devem ser sempre muito bem controlados, assim como a corrente aplicada.

Eletrolíticos	
Decapagem eletrolítica	O processo é baseado na transferência de elétrons entre materiais com diferença de potencial elétrico (anodos e catodos). O material a ser decapado é imerso em um banho em tanques com eletrodos que recebem corrente contínua de retificadores. Além disso, durante o processo o banho eletrolítico (uma solução de sulfato de sódio) gera ácido sulfúrico em quantidades controladas.
Eletropolimento	Tem o mesmo princípio da decapagem eletrolítica: um item a ser eletropolido é exposto a um eletrólito que, com a passagem de corrente, dissolve partículas de metal da superfície da peça, sendo que as saliências são dissolvidas mais rapidamente que as depressões. Oferece a vantagem porém, de também poder ser aplicado em regiões localizadas. Devido à sua importância como um acabamento que confere baixa rugosidade ao inox, merece destaque e será abordado separadamente.

PROCESSOS

Jateamento de granalhas:

O jateamento deve ser feito apenas com esferas de vidro ou de aço inox com uso exclusivo em material inox. Nunca aproveite granalhas que já foram utilizadas com outros materiais como ferro fundido ou aços comuns para jatear inox, pois podem conter resíduos de ferro ou de óxidos de ferro que ficarão impregnados na superfície do inox. Pelo mesmo motivo, o uso de areias e esferas de aço carbono somente podem ser utilizadas se houver uma outra forma de decapagem eficiente subsequente. A distribuição granulométrica e a velocidade do material jateado devem ser adequadas com a rugosidade superficial final que se deseja obter.

Escovação:

Utilizar sempre escovas de aço inox ou sintéticas. Escovas de aço comum deixam resíduos sobre a superfície do inox que poderão posteriormente iniciar processos corrosivos. As fibras naturais, como o sisal e a pita, também são uma boa opção em processos automáticos e semi-automáticos.

Quebradores de carepas:

Somente são empregados em processos contínuos e para óxidos grosseiros. Requerem equipamentos específicos.

Decapagem/Passivação por imersão ácida:

1. preparar a solução decapante ou passivante conforme o tipo de aço, segundo a tabela abaixo. É importante lembrar-se sempre de que **o ácido concentrado deve ser adicionado à água e nunca o inverso.**

Tratamento	Aço Inox	Banho Ácido	Temp. (°C)	Tempo (min)
passivação	301, 304, 304-L, 316, 316-L, 430, 439	20% HNO ₃	50 a 60	determinado por testes
passivação	420, 410-S, 409	20% HNO ₃ + 2% Na ₂ Cr ₂ O ₇ . 2H ₂ O (dicromato de sódio)	50 a 60	determinado por testes
passivação	420, 410-S, 409	50% HNO ₃	50 a 60	determinado por testes
decapagem e passivação	301, 304, 304-L, 316, 316-L	15% HNO ₃ + 2% HF	50 a 60	determinado por testes
decapagem e passivação	420, 410-S, 409	15% HNO ₃ + 0,5% HF	50 a 60	determinado por testes

obs. 1: existem no mercado soluções prontas para decapagem e passivação química. Recomenda-se somente a utilização de soluções a base de ácido nítrico e específicas para aço inox.

obs. 2: o tempo deve ser determinado para cada caso em particular através da avaliação de amostras tratadas a partir de 5 minutos (tempo mínimo). O tempo depende da concentração e temperatura do banho e do resultado que se deseja obter.

obs. 3: no cálculo da quantidade volumétrica dos reagentes citados na tabela, deve-se levar em conta que os produtos nunca são comercializados 100% puro, devendo estar indicado claramente no rótulo, a diluição.

2. desengraxar/desengordurar a superfície da peça. Conforme o estado da superfície, a limpeza pode ser feita desde uma simples lavagem com água e sabão ou detergente (limpeza leve) até o desengraxe com solventes do tipo álcool isopropílico ou água rás;
3. mergulhar a peça no banho pelo tempo adequado. Certifique-se que a temperatura está correta e que os reagentes estão na proporção adequada, principalmente se o banho já foi utilizado anteriormente;
4. retirar a peça do banho e lavá-la com água em abundância, se possível sob pressão (jato d'água), assegurando que não permaneçam resíduos dos ácidos na superfície da peça. A água resultante deste processo não deve ser jogada ao esgoto antes de receber um tratamento de neutralização adequado.

Decapagem por imersão salina:

1. preparar a solução decapante ou passivante conforme o tipo de aço, segundo a tabela abaixo.

Tratamento	Aço Inox	Banho Ácido	Temp. (°C)	Tempo (min)
decapagem	todos os tipos	NaOH.H ₂ O (hidróxido de sódio mono hidratado) 1 a 2%	375	determinado por testes
decapagem	todos os tipos	NaNO ₃ (nitrato de sódio)	450 a 480	determinado por testes

obs. 1: o tempo deve ser determinado para cada caso em particular através da avaliação de amostras tratadas a partir de 5 minutos (tempo mínimo). O tempo depende da concentração e temperatura do banho e do resultado que se deseja obter.

obs. 2: no cálculo da quantidade volumétrica dos reagentes citados na tabela, deve-se levar em conta que os produtos nunca são comercializados 100% puros devendo estar indicado claramente no rótulo a diluição.

2. desengraxar/desengordurar a superfície da peça. Conforme o estado da superfície, a limpeza pode ser feita desde uma simples lavagem com água e sabão ou detergente (limpeza leve) até o desengraxe com solventes do tipo álcool isopropílico ou água rás;
3. mergulhar a peça no banho pelo tempo adequado. Certifique-se que a temperatura está correta e que os reagentes estão na proporção adequada, principalmente se o banho já foi utilizado anteriormente;
4. as peças são resfriadas bruscamente em água (o choque térmico serve para soltar os resíduos de óxidos);
5. mergulhar as peças em banho ácido (ácido sulfúrico a 10%);
6. enxaguar com água em abundância;
7. mergulhar as peças em banho ácido de passivação com ácido nítrico a 10% em temperaturas entre 60 e 70 °C ;
8. retirar a peça do banho e lavá-la com água em abundância, se possível sob pressão (jato d'água), assegurando que não permaneçam resíduos dos ácidos na superfície da peça. A água resultante deste processo não deve ser jogada ao esgoto antes de receber um tratamento de neutralização adequado.

Decapagem passivação com pasta ou gel decapante:

1. selecionar pasta ou gel a base de ácido nítrico, específica para aço inox;
2. seguir as recomendações do fabricante quanto à aplicação, tempo de exposição e demais procedimentos gerais;
3. lavar a peça com água em abundância, se possível sob pressão (jato d'água), assegurando que não permaneçam resíduos dos ácidos na superfície da peça. A água resultante deste processo não deve ser jogada ao esgoto antes de receber um tratamento de neutralização adequado.

Decapagem eletrolítica:

1. o eletrólito empregado para aços inox é normalmente uma solução de sulfato de sódio (Na_2SO_4) com densidade em torno de $1,10 \text{ g/cm}^3$ e condutividade elétrica controlada. Durante o processamento, a geração de ácido sulfúrico e regeneração de sulfato de sódio deve ser equilibrada, com o pH do banho se mantendo em torno de 7. É importante observar que **os banhos eletrolíticos produzem cromo hexavalente, extremamente venenoso se ingerido e, portanto, é imprescindível que sejam tratados antes de serem descartados na rede pública.**
2. em processamento contínuo (tiras e bobinas), os eletrodos devem ser dispostos ao longo do tanque de forma a serem alimentados com correntes que os tornem alternadamente anódicos e catódicos em relação ao material a ser decapado. A troca de polaridade tem por finalidade evitar a polarização do eletrodo e do próprio material a ser decapado devido ao acúmulo de gases como o hidrogênio (polarização catódica) e o oxigênio (polarização anódica);
3. garantir que a distância do material a ser decapado até os eletrodos permaneça constante para garantir a uniformidade de fluxo de corrente e, conseqüentemente, do processo de decapagem;
4. ao ser retirado do tanque, o material deve ser lavado com água em abundância. A água resultante deste processo não deve ser jogada ao esgoto antes de receber um tratamento de neutralização adequado;
5. para a total remoção dos óxidos, recomenda-se promover ao final do processo eletrolítico uma decapagem por imersão ácida complementar.

Eletropolimento

Será abordado mais detalhadamente devido à sua importância também como um acabamento sanitário empregado nas indústrias química, alimentícia e farmacêutica.

Resultado Esperado

Após um tratamento bem sucedido de decapagem e passivação, o material deve se apresentar completamente isento de partículas de ferro ou óxido de ferro na superfície e a

camada passiva deve estar homogeneamente restabelecida ao longo de toda a superfície do material.

Para verificação das condições superficiais quanto a contaminação ferrosa utiliza-se o teste ferroxil, conforme a norma ASTM A-380. Este teste consiste na aplicação de um reagente específico para contaminações ferrosas sobre a superfície do material. As regiões ou pontos contaminados tomarão uma coloração específica em menos de um minuto, perceptível a olho nu.

VANTAGENS

Processos mecânicos:

- têm procedimentos simples e rápidos;
- não apresentam as dificuldades do trabalho com produtos químicos, como questões de segurança e de tratamento de efluentes;
- pode ser aplicado em peças de qualquer tamanho;
- por gerar tensões de compressão na superfície do material (jateamento de granalhas), melhora a resistência à corrosão sob tensão;
- podem ser facilmente automatizados para produções seriadas.

Processos químicos:

- se adaptam muito bem a peças de qualquer geometria;
- podem ser aplicados em regiões localizadas (na forma de pasta ou gel);
- podem ser aplicados na fábrica ou em campo (na forma de pasta ou gel);
- não altera mecanicamente a superfície do material tratado;
- apresenta excelente repetibilidade, permitindo a padronização de processos.

Processos eletrolíticos:

- o processo de decapagem eletrolítica é muito eficiente para remoção de óxidos pesados e grosseiros;
- não trabalha diretamente com reagentes ácidos, apesar de haver formação de ácido sulfúrico no processo;
- não altera mecanicamente a superfície do material a ser tratado;
- apresenta excelente repetibilidade, permitindo a padronização de processos.

DESVANTAGENS

Processos mecânicos:

- as decapagens mecânicas, principalmente o jateamento, tendem a produzir superfícies rugosas, indesejáveis em muitas aplicações;
- podem não apresentar bons resultados em peças com geometria complexa;
- podem, dependendo da velocidade e ângulo de ataque, incrustar partículas de óxidos de ferro na superfície da peça ao invés de removê-las;
- pode gerar microdeformações na superfície do material;
- usualmente requer um tratamento de passivação complementar.

Processos por imersão ácida:

- exige um esforço de conscientização em relação ao trabalho com ácidos, abrangendo aspectos de segurança e meio ambiente;
- os tratamentos por imersão (banhos em tanques) apresentam restrições quanto ao tamanho das peças;
- os banhos exigem controles freqüentes de concentração, temperatura e metais pesados depositados;
- apresenta consumo excessivo de ácidos para remoção de óxidos pesados e grosseiros.

Processos eletrolíticos:

- na decapagem eletrolítica existem muitas variáveis a serem controladas durante o processo (concentração, densidade de corrente, condutividade, distância da peça aos eletrodos, temperatura, pH do banho, teor de ferro do banho, etc) e elas variam de acordo com o tipo de inox processado;
- a manutenção das condições ideais de operação nos banhos de decapagem eletrolítica exige um controle muito apurado das variáveis envolvidas;
- Posteriormente, exige um tratamento de passivação química.

CUIDADOS

No manuseio de ácidos, soluções decapantes prontas (banhos, pasta ou gel) e demais produtos químicos:

- lembrar-se sempre no preparo de banhos e soluções que o ácido concentrado deve ser adicionado à água e nunca o inverso;

- usar somente reagentes adquiridos de empresas autorizadas a comercializá-los, sempre acondicionados em recipientes próprios, correta e claramente identificados. O armazenamento deve ser feito em locais limpos e adequados;
- solicitar aos fornecedores informações sobre procedimentos de emergência a serem seguidos em caso de inalação, respingos, contato casual com a pele ou olhos, etc. Treinar os operadores quanto a estes procedimentos e manter as informações em local de fácil acesso;
- solicitar aos fornecedores especificação sobre os equipamentos de proteção individual (EPI) que devem ser utilizados na trabalho com cada produto químico e garantir que os operadores os utilizem;
- certificar-se das regulamentações legais para o trabalho com produtos químicos, evitando transtornos posteriores;
- banhos e resíduos de processos de decapagem e/ou passivação devem ser devidamente tratados e neutralizados. Consulte sempre as autoridades locais e os fornecedores para saber quais são as exigências ambientais e como se deve proceder para atendê-las;
- os banhos eletrolíticos em operação produzem cromo hexavalente solúvel em água, um cátion venenoso, e devem ser cuidadosamente neutralizados. O tratamento adequado consiste em reduzi-lo para cromo trivalente e depois tratá-lo com cal até obter-se pH 9, ocasionando a sua precipitação como o hidróxido $\text{Cr}(\text{OH})_3$;
- o local das instalações para processamentos químicos e eletroquímicos, além de ser separado das demais áreas da empresa, deve ser ventilado e dotado de equipamentos para exaustão de vapores. Áreas sujeitas a respingos devem ser revestidas com material resistente aos produtos químicos empregados;
- não deve ser permitido comer, beber ou fumar nos locais de trabalho com ácidos e produtos químicos. Os operadores devem ser orientados a lavar bem as mãos e o rosto antes de ingerir quaisquer alimentos;
- os materiais decapados e/ou passivados devem ser lavados com água em abundância, se possível sob pressão (jato d'água), para que sejam removidos eventuais resíduos da superfície. A água resultante deste processo não deve ser jogada ao esgoto antes de receber um tratamento de neutralização adequado.

Na decapagem mecânica:

- nas etapas de jateamento de granalhas, nunca direcionar o equipamento contra qualquer parte do próprio corpo ou de terceiros;
- a presença nas áreas de jateamento e escovação deve estar condicionada a utilização dos equipamentos de proteção individual (EPI) adequados tais como óculos de proteção, máscara contra inalação de pós, etc.

APLICAÇÕES TRADICIONAIS

- tratamento de cordões de solda em calderarias;
- recuperação de superfícies após soldagem e tratamento térmico de recozimento nas linhas de fabricação de tubos com costura;
- passivação de tanques e equipamentos para as indústrias alimentícias e farmacêuticas;
- remoção de contaminação por processamento ou estoque inadequados;

ELETROPOLIMENTO

DEFINIÇÃO

Eletropolimento pode ser definido como o processo inverso da eletrodeposição (galvanização, niquelação, etc). Enquanto nestes processos, íons metálicos presentes em uma solução são depositados sobre a superfície da peça, no eletropolimento íons da peça são dissolvidos e passam para a solução onde ela está imersa.

OBJETIVOS

- conferir acabamento sanitário para utilização em ambientes ou processos extra limpos;
- promover um “alisamento” superficial do inox, inclusive diminuindo o coeficiente de atrito;
- conferir um brilho superficial acentuado, melhorando a aparência e refletividade do inox;
- eliminação de rebarbas de processamentos mecânicos prévios;
- decapagem leve e passivação eficaz.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Como já foi dito anteriormente, as superfícies metálicas quando ampliadas mostram que são formadas na realidade por uma seqüência de picos e vales. Quanto maiores forem os picos e mais profundos os vales e quanto mais freqüentes eles forem, tanto maior será a rugosidade

do material. Também foi mencionado que essa rugosidade é um elemento particularmente importante em materiais que serão empregados nas indústrias alimentícia, farmacêutica ou química pois dificultam a limpeza e aumentam a probabilidade de partículas indesejáveis alojarem-se entre os picos e vales do material, podendo contaminar os produtos fabricados e até mesmo originar pontos de corrosão.

Durante o processo de eletropolimento do inox, a peça a ser trabalhada é conectada ao terminal positivo (anódico) de um circuito elétrico e um eletrodo a um terminal negativo (catódico). O circuito é fechado por um eletrólito, normalmente (mas não necessariamente) uma solução contendo um ou mais ácidos inorgânicos, e uma corrente contínua controlada é aplicada, formando uma célula galvânica. Durante o processo, a peça (anodo) cede íons para a solução e pode dar origem a formação de dois “filmes” sobre a superfície da peça: um líquido supersaturado (ou próximo da saturação) com as partículas dissolvidas do metal e outro composto pela descarga de um gás (freqüentemente oxigênio). Nas soluções tradicionais, ambos os filmes aparecem simultaneamente, porém a predominância de um ou outro dependerá do tipo de metal que está sendo eletropolido e do eletrólito (solução) empregado. Em ambos os casos, no entanto, devido a presença de picos e vales na superfície da peça, ela não é recoberta homoganeamente pelos filmes formados: os vales tendem a concentrar camadas mais densas enquanto, em contrapartida, os picos são cobertos por camadas mais finas. Isto acarreta em um fluxo de corrente elétrica maior nos picos, onde encontra pouca resistência, do que nos vales, onde a resistência à passagem de corrente é maior devido a maior espessura do filme formado. O resultado é uma dissolução diferenciada do metal, mais rápida nos picos do que nos vales, conferindo à peça eletropolidada um perfil menos rugoso. Este perfil apresenta como “efeito colateral” uma menor dispersão dos raios luminosos incidentes, conferindo às superfícies eletropolidas um aspecto brilhante. A quantidade de metal removido em uma operação de eletropolimento é proporcional à densidade de corrente (corrente aplicada dividida pela superfície a ser eletropolidada) e ao tempo de exposição.

Durante as operações de eletropolimento, as soluções (eletrólitos) que permitem a incorporação cada vez maior do metal dissolvido vão perdendo a eficiência e têm uma vida finita, devendo ser completamente substituídas de tempos em tempos. No caso de processos por imersão da peça (banho), algumas soluções possibilitam que os sais originados pelos íons removidos da peça formem um resíduo em forma de lama, que não interfere na eficiência e pode ser facilmente removida. Estas soluções, apesar de não dispensarem correções de composição periódicas, são chamadas de “vida infinita”, uma vez que permitem o trabalho por longos períodos de tempo sem troca.

Como distâncias variadas entre o anodo e o catodo implicarão em diferentes intensidades de ataque numa mesma peça, pois a eletricidade tende a percorrer os caminhos com menor resistência elétrica, superfícies a serem eletropolidas (anodo) devem estar dispostas de maneira a deixar, o máximo possível, sua área equidistante ao catodo. Quanto maior a distância, maior a voltagem necessária para vencer a resistência elétrica da solução. Quando as peças estão mergulhadas em um eletrodo as bordas, rebarbas, cantos e partes salientes da peça são regiões naturais de alta densidade de corrente, enquanto os rebaixos, furos, ângulos internos e partes distantes da peça recebem menos corrente elétrica. É recomendável,

também, que a área da peça seja aproximadamente o dobro da área do catodo. Os catodos podem ser feitos de inox (série 300), cobre, chumbo ou aço carbono.

Alguns fatores externos ao processo mas inerentes ao material que será eletropolido podem afetar os resultados finais esperados como, por exemplo, o tamanho dos grãos da estrutura, presença de inclusões não metálicas e outros.

PROCESSOS

O processo de eletropolimento do inox como um todo pode ser dividido, operacionalmente, em 3 partes básicas:

- **preparação do material** (remover óleos ou lubrificantes, remover marcas de dedo, limpeza, desengravar)
- **eletropolimento propriamente dito** (remoção seletiva dos íons metálicos)
- **pós-tratamento** (remover resíduos químicos, enxágue, secagem)

Preparação do material:

1. identificar, a partir do conhecimento dos requisitos que a peça deve ter para atender a aplicação final, o que se deseja obter como resultado do eletropolimento da peça. Requisitos como rugosidades muito baixas ou brilhos extremamente intensos e homogêneos certamente irão exigir processos muito bem controlados e cuidados extras do pessoal operacional;
2. desengravar/desengordurar a superfície da peça. Conforme o estado da superfície, a limpeza pode ser feita desde uma simples lavagem com água e sabão ou detergente (limpeza leve) até o desengraxe com solventes do tipo álcool isopropílico ou água rás. Ainda podem ser empregados produtos específicos para limpeza de aço inox disponíveis no mercado.

Eletropolimento

1. a seleção e preparação da solução adequada conforme o material e o tipo de resultado que se deseja obter é uma etapa muito delicada. Não existe uma solução que seja apropriada ao trabalho com todos os tipos de materiais. Da mesma maneira, as densidades de corrente podem variar largamente, bem como o tempo e a temperatura de operação para cada caso. Os eletrólitos são patenteados (algumas patentes já expiraram) e comercializados por empresas especializadas, que também podem especificar qual a melhor alternativa para cada tipo de trabalho, bem como as especificações ideais de tempo e temperatura para o processo;
2. a peça a ser eletropolidada deve ser imersa no eletrólito (eletropolimentos em componentes que não podem ser imersos, grandes superfícies ou em partes localizadas podem ser feitos através de dispositivos próprios) com atenção aos seguintes pontos:
 - a peça não deve ser posicionada mais perto das laterais ou do fundo do tanque do que do eletrodo (catodo);

- a área a ser eletropolida deve ser o máximo possível paralela ao eletrodo (catodo), mesmo que para isso se utilize catodos especialmente conformados para cada peça;
 - o catodo deve ter uma área no mínimo igual a duas vezes a da peça (anodo).
3. a corrente pode então ser aplicada, de tal forma que a peça receba a densidade de corrente necessária pelo tempo determinado;
 4. recomenda-se que a peça seja agitada para se obter um eletropolimento mais uniforme ao longo de toda a superfície.

Pós-tratamento:

1. cessada a aplicação da corrente, a peça deve ser retirada e lavada com água em abundância para remoção dos resíduos de produtos químicos que porventura tenham permanecido na chapa. A água resultante deste processo não deve ser jogada ao esgoto antes de receber um tratamento de neutralização adequado
2. deve ser feita na seqüência uma lavagem alcalina ou ácida, como por exemplo um banho em solução passivante a base de ácido nítrico, à temperatura ambiente ou produtos comerciais específicos para limpeza de inox;
3. em seguida a peça deve ser novamente lavada com água em abundância, mas desta vez deve também ser secada rapidamente para evitar que manchas possam aparecer na superfície. Alguns recursos como a troca freqüente da água deste último banho, adição de secantes na água e o emprego de água quente na última lavagem podem minimizar substancialmente o aparecimento de manchas. A água resultante deste processo não deve ser jogada ao esgoto antes de receber um tratamento de neutralização adequado.

RESULTADO ESPERADO

- rugosidade menor em relação à superfície antes de eletropolida;
- remoção da contaminação ferrosa da superfície do inox;
- superfície mais brilhante que a original.

VANTAGENS

- o eletropolimento é uma operação rápida. O tempo varia de caso para caso, mas geralmente um ciclo completo (preparação, eletropolimento e pós-tratamento) não ultrapassa 15 minutos;
- é um processo com excelente repetibilidade. É possível prever a quantidade de metal a ser removido, bem como aspecto final da superfície;
- pode ser realizado tanto em instalações específicas quanto no campo, tanto em peças inteiras quanto em partes localizadas;

- a passivação obtida com o eletropolimento é mais eficiente do que a obtida quimicamente;
- não gera tensões residuais superficiais, tampouco deforma mecanicamente a superfície como acontece nos processos mecânicos de acabamento;
- o coeficiente de atrito da superfície diminui significativamente após eletropolida.

DESVANTAGENS

- além de ser de execução mais complexa, o eletropolimento de inox da série 400 não apresenta resultados tão bons em relação à aparência e ao brilho quanto os inox da série 300;
- existem muitas variáveis a serem controladas, como por exemplo: tempo, temperatura, composição do banho, distância e paralelismo entre os eletrodos, metal incorporado ao banho, etc.;
- peças de geometrias complexas exigem um catodo especialmente projetado para que a densidade de corrente seja uniforme ao longo de toda a superfície;
- superfícies polidas mecanicamente apresentam um espelhamento melhor do que superfícies eletropolidas.

CUIDADOS

No manuseio de ácidos, soluções patenteadas para eletropolimento e demais produtos químicos:

- lembrar-se sempre no preparo de banhos e soluções que o ácido concentrado deve ser adicionado à água e nunca o inverso;
- usar somente reagentes adquiridos de empresas autorizadas a comercializá-los, sempre acondicionados em recipientes próprios, correta e claramente identificados. O armazenamento deve ser feito em locais limpos e adequados;
- solicitar aos fornecedores informações sobre procedimentos de emergência a serem seguidos em caso de inalação, respingos, contato casual com a pele ou olhos, etc. Treinar os operadores quanto a estes procedimentos e manter as informações em local de fácil acesso;
- solicitar aos fornecedores especificação sobre os equipamentos de proteção individual (EPI) que devem ser utilizados na trabalho com cada produto químico e garantir que os operadores os utilizem;
- certificar-se das regulamentações legais para o trabalho com produtos químicos, evitando transtornos posteriores.

- banhos e resíduos de processos de eletropolimento devem ser devidamente tratados e neutralizados. Consulte sempre as autoridades locais e os fornecedores para saber quais são as exigências ambientais e como se deve proceder para atendê-las;
- os banhos eletrolíticos em operação produzem cromo hexavalente, um cátion venenoso, e devem ser cuidadosamente neutralizados. O tratamento adequado consiste em reduzi-lo para cromo trivalente e depois tratá-lo com cal até obter-se pH 9, ocasionando a sua precipitação como o hidróxido $\text{Cr}(\text{OH})_3$;
- o local das instalações para processamentos eletrolíticos deve ser ventilado e dotado de equipamentos para exaustão de vapores. Áreas sujeitas a respingos devem ser revestidas com material resistente aos produtos químicos empregados;
- não deve ser permitido comer, beber ou fumar nos locais de trabalho com ácidos e produtos químicos. Os operadores devem ser orientados a lavar bem as mãos e o rosto antes de ingerir quaisquer alimentos;
- os materiais eletropolidos devem ser lavados com água em abundância, se possível sob pressão (jato d'água), para que sejam removidos eventuais resíduos da superfície. A água resultante deste processo não deve ser jogada ao esgoto antes de receber um tratamento de neutralização adequado.

APLICAÇÕES TRADICIONAIS

- tanques e vasos de pressão para as indústrias em geral
- tubos, conexões e válvulas para a indústria alimentícia, farmacêutica e química

ESMERILHAMENTO

DEFINIÇÃO

Esmerilhamento é o processo de remoção de material de uma superfície com uma ferramenta abrasiva conhecida como reboło.

OBJETIVOS

- a utilização de rebolos na indústria é bastante ampla, como por exemplo: afiação de serras, desbaste em retíficas, afiação de ferramentas, rebarbação de peças, etc. Como o intuito deste trabalho é tratar do acabamento dos aços inox, trataremos somente da parte relacionada à remoção rápida de grandes quantidades de material da superfície de peças, como por exemplo eliminar cordões de solda.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As ferramentas abrasivas, que são constituídas basicamente por grãos abrasivos ligados por um aglutinante, diferem das demais ferramentas de corte devido a sua capacidade de serem autoafiáveis. Os abrasivos, normalmente óxido de alumínio ou carbetto de silício, são classificados de acordo com seu tamanho (granulometria) por processos de peneiramento e/ou sedimentação em meio líquido. Os grãos grossos são recomendados para grandes remoções de material, mas em contrapartida originam um acabamento superficial muito rugoso. Por isso, a determinação do abrasivo a ser utilizado deve representar um balanço entre a maior ou menor remoção de material pretendida e a rugosidade desejada na peça. O aglutinante (liga), que tem a função de sustentar os grãos abrasivos, deve ter uma resistência especificada de forma a se romper com o aumento da pressão que ocorre naturalmente quando a peça entra em contato com grãos de abrasivo quebrados ou sem poder de corte. Desta forma estes grãos são destacados, deixando expostas novas partículas cortantes na superfície do rebolo (propriedade de auto-afiação). Conforme o aglutinante selecionado, os rebolos podem se apresentar mais duros, resistindo mais ao arrancamento dos grãos abrasivos, ou mais macios. Porém este comportamento do rebolo também será influenciado pelo tipo de material que será trabalhado, se foi tratado termicamente ou não, etc. Também é importante que a estrutura do rebolo apresente porosidades, espaços vazios que facilitarão a eliminação de cavacos durante o trabalho. A obstrução destas porosidades, chamada comumente de “empastamento”, acarreta a perda de corte da ferramenta.

PROCESSOS

Os rebolos devem ser selecionados de acordo com o material da peça e com o tipo de trabalho a ser realizado. Os fabricantes e fornecedores especializados podem ajudá-lo a especificar o tipo de rebolo mais indicado para cada caso de acordo com as opções oferecidas por cada fabricante. Em um rebolo é possível especificar desde o tipo e o tamanho dos grãos abrasivos (granulometria), o material de liga (vitrificada, resina, borracha), até as características do conjunto, como dureza e porosidade.

1. os rebolos devem ser montados com 2 flanges de diâmetros iguais (no mínimo 1/3 do diâmetro do rebolo). Ambos os flanges devem apresentar um rebaixo no lado de encosto do rebolo e não podem apresentar cantos vivos. Flanges com mais de 250 mm de diâmetro devem ser de aço. Entre os flanges e o rebolo deve existir um disco de assentamento de papelão (chamado de rótulo);
2. antes de utilizar um rebolo novo, deixe-o rodar em velocidade próxima a máxima recomendada pelo fabricante por algum tempo, mas com o dispositivo de proteção da máquina abaixada;
3. sempre que um rebolo é instalado no equipamento, seja novo ou usado, deixe a máquina operando sem carga por pelo menos 30 segundos sem pessoas por perto;
4. as peças devem ser esmerilhadas com uma pressão tal que não acarrete na “queima” da superfície (superaquecimento localizado e escurecimento da superfície). Se necessário, deve-se empregar lubrificantes próprios.

RESULTADO ESPERADO

- rápido desgaste de sobremetal

VANTAGENS

- é um processo rápido e barato
- pode ser utilizado em qualquer tipo de inox

DESVANTAGENS

- se não for utilizado com cautela pode introduzir arranhões de difícil remoção em processos posteriores de lixamento, escovamento e polimento

CUIDADOS

- os rebolos e discos abrasivos são frágeis e sensíveis aos impactos, batidas e vibrações. Devem ser estocados em locais secos, a temperaturas moderadas e em condições que evitem o atrito entre si ou contra outros objetos;
- use somente rebolos e discos abrasivos devidamente identificados pelo fabricante;
- nunca ultrapasse a velocidade máxima de operação recomendada pelo fabricante;
- tenha certeza que o rebolo e a máquina onde será empregado são compatíveis;
- no recebimento e antes da utilização faça sempre uma inspeção visual e somente libere para uso os rebolos e discos abrasivos que não apresentem nenhuma trinca ou quebra, mesmo que pequenas;
- só permita a operação e permanência no local de trabalho com óculos de segurança;
- selecione, com o auxílio dos fornecedores, o produto adequado ao seu equipamento e tipo de trabalho;
- nunca utilize os lados do rebolo ou disco de corte que não são projetados para isso, nem exerça pressões excessivas ou impactos durante a operação;
- evite utilizar rebolos com mais de dois anos de fabricação.

APLICAÇÕES TRADICIONAIS

- remoção de cordões de solda em calderaria pesada;
- confecção de chanfros para soldagem.

LIXAMENTO

DEFINIÇÃO

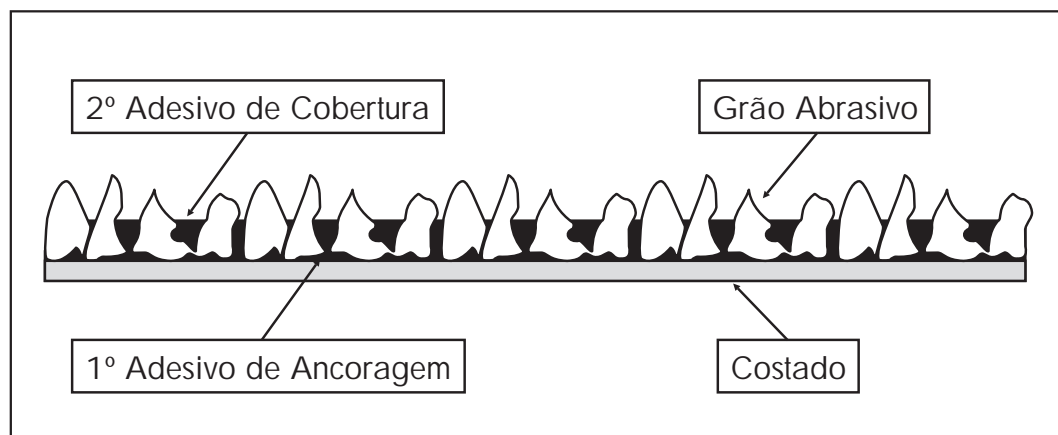
Lixamento é uma das operações em que a superfície do inox é modificada mecanicamente pelo atrito de abrasivos.

OBJETIVOS

- diminuir a rugosidade;
- promover um acabamento muito estético, porém não refletivo;
- eliminar imperfeições superficiais como arranhões, manchas, etc;
- eliminar cordões de solda.

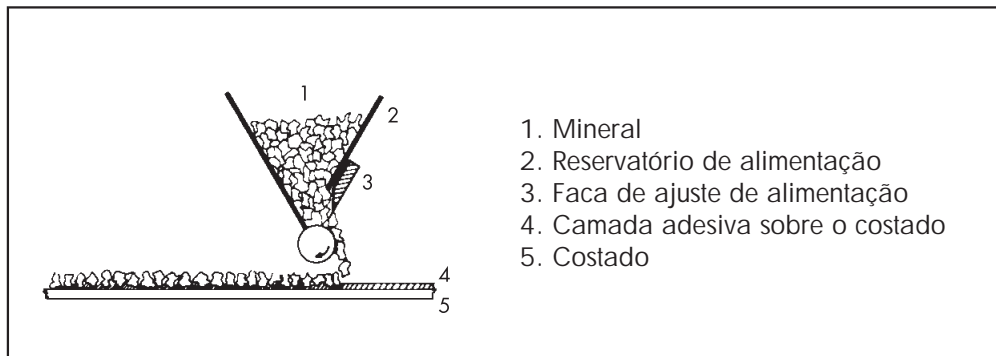
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Usadas em equipamentos de diversos tipos, as lixas se compõem basicamente de grãos abrasivos (óxido de alumínio, óxido de alumínio zirconado, carbetto de silício) fixados por adesivos em um costado como mostra o esquema abaixo:

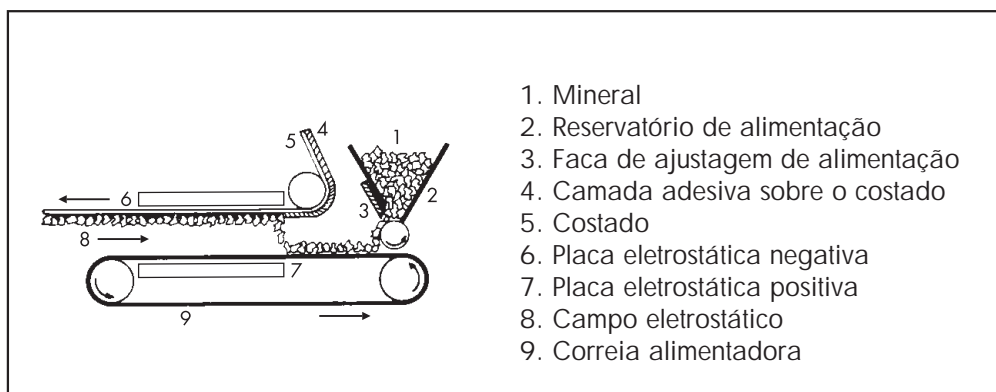


Toda lixa passa por um processo de tratamento do costado e de impressão de sua identificação e características antes do cobrimento com abrasivos. Este cobrimento pode ser feito de duas maneiras:

- Por gravidade: os grãos abrasivos são lançados em queda livre de um alimentador sobre o costado onde já está depositada a primeira camada de adesivo. Controles especiais permitem que as partes cortantes e pontiagudas dos grãos abrasivos fiquem expostas.



- Eletrostático: os grãos abrasivos entram num campo elétrico, sendo sempre atraídos ao costado da lixa (com adesivo) por sua base maior, permitindo que as partes pontiagudas e cortantes dos grãos fiquem expostas de uma maneira mais eficiente.



O lixamento é consequência do efeito da ação penetrante de grãos abrasivos na superfície da peça, removendo material e produzindo cavidades orientadas no sentido da movimentação da lixa. A lixa usada pode apresentar variações quanto ao tipo e granulometria dos abrasivos, sua disposição no costado, ao tipo do costado e ao tipo dos adesivos usados para fixar os grãos abrasivos. Podem ainda receber tratamentos específicos para determinados tipos de trabalhos. Resumidamente, apresentamos a seguinte tabela:

Tipos de Lixas	
Abrasivos	óxido de alumínio
	carbeto de silício
	óxido de alumínio zirconado
Granulometria	Quanto maior a numeração, menor o tamanho dos grãos. A granulometria varia entre 16 (grãos maiores) e 1000 (grãos menores)
Costado	Pano = lonita (é o mais leve de todos, usado em folhas ou combinado com papel), jeans (leve, macio, flexível e mais resistente que a lonita), drills (encorpado e resistente, indicado para operações mecânicas em geral) ou poliéster (robusto e resistente, usado em aplicações severas).
	Papel = variam entre papéis leves e pesados, conforme a gramatura
	Fibra = é o costado que apresenta maior resistência mecânica. Muito usado no formato de discos para equipamentos portáteis (chicote)
	Combinação = consiste na união entre um papel e um tecido
Camada abrasiva	Fechada = os grãos abrasivos cobrem toda a superfície do costado
	Aberta = os grãos abrasivos estão equidistantes, cobrindo parcialmente o costado (até aproximadamente 70%)
Adesivos	Natural = chamado de cola animal, é usado em operações manuais e mecânicas de baixa geração de calor
	Sintético = construído a base de resinas, indicados para operações mecânicas em geral
Tratamentos	Impermeabilização = executado no costado da lixa para permitir sua utilização em operações com fluidos refrigerantes
	Autolubrificação = recobrimento do adesivo com um produto que se funde com o calor gerado no trabalho, atuando como lubrificante

As lixas podem ser utilizadas com as extremidades unidas formando uma correia ou banda abrasiva sendo que as emendas, feitas por processos especiais, podem apresentar várias configurações conforme a aplicação.

Muitas lixadeiras se utilizam de uma roda de contato revestida com borracha para pressionar a lixa contra a superfície da peça. Algumas particularidades devem ser observadas para que o trabalho seja executado com uma boa qualidade e produtividade. O formato da roda de contato implicará diretamente no tipo de corte que exercerá a correia abrasiva (agressividade), assim como sua dureza. Quanto maior o diâmetro da roda de contato maior será a área de contato da lixa com a peça, conferindo um melhor acabamento superficial. Rodas de diâmetro menor removem mais material, porém conferem um acabamento mais áspero. Rodas de contato ranhuradas (comumente a 45°) proporcionam um corte mais agressivo e são indicadas para operações de desbaste.

Durante processos de lixamento, podem ser utilizados lubrificantes para controlar a velocidade de corte, auxiliar a produzir um acabamento mais fino, absorver calor e reduzir o empastamento.

Na interface entre o lixamento e o escovamento, existem ainda as mantas não tecidas de fibras sintéticas impregnadas por abrasivos. São as chamadas escovas sintéticas, utilizadas para processos de acabamento e limpeza, sendo comercializadas em várias formas e tipos. Estas escovas atuam mais superficialmente no material, diminuindo a rugosidade sem reduzir a espessura.

PROCESSOS

1. a especificação adequada de uma lixa deve levar em conta o tipo de trabalho a ser realizado, o acabamento superficial desejado e o equipamento que executará o lixamento. Os fabricantes e fornecedores especializados podem ajudá-lo a especificar o tipo de lixa e de emenda mais indicada para cada caso, bem como o tipo de lubrificante mais indicado, caso haja necessidade;
2. a potência do motor deve permitir que a correia de lixa trabalhe na velocidade adequada. Como referência, podemos considerar 1 HP para cada 25 mm de largura da correia de lixa;
3. as velocidades periféricas mais comuns das correias abrasivas para os aços inox estão entre 20 a 30 m/s. Pode-se calcular a velocidade periférica com a seguinte fórmula:

$$VP = \pi.D.N/60.000$$

onde: VP = velocidade periférica (em m/s)

$\pi = 3,1416$

N = rotação do eixo da lixadeira (em RPM)

D = diâmetro da polia motriz da
lixadeira (em mm)

5. a pressão de lixamento varia de acordo com a maior ou menor agressividade da roda de contato, como foi descrito anteriormente, e também implica na velocidade de corte e durabilidade da lixa.

obs.: referências sobre os principais problemas que podem ocorrer durante o processo de lixamento e suas prováveis soluções encontram-se resumidas no quadro abaixo:

PROBLEMAS	PROVÁVEIS SOLUÇÕES					CINTA					RODA DE CONTATO					LUBRIF.			ESPECIFICAÇÃO DA LIXA				
	MAIOR VELOCIDADE	MENOR VELOCIDADE	AUMENTAR TENSÃO	DIMINUIR TENSÃO	VERIFICAR EMENDA	MAIS DURA	MAIS MOLE	FRESADA	LISA	MAIOR DIÂMETRO	MENOR DIÂMETRO	VERIFICAR ESTADO DA FACE	BALANCEAMENTO	USAR	DIMINUIR	AUMENTAR	ÓXIDO DE ALUMÍNIO	CARBETO DE SILÍCIO	RESINA/COLA	RESINA/RESINA	GRANA MAIS GROSSA	GRANA MAIS FINA	
Vidramento ou Cegamento																							
Desgranamento ou soltura dos Grãos																							
Empastamento																							
Excesso de Agressividade																							
Falta de Agressividade																							
Queima da peça-obra																							
Riscos muito profundos																							
Não se adapta à peça-obra																							
Mal acabamento																							
Trepidação																							
Cinta sai da Roda de Contato																							
Rompimento da Cinta																							
Baixo Rendimento																							

RESULTADO ESPERADO

- acabamento uniforme ao longo de toda a superfície;
- recuperação de superfícies arranhadas por manuseio inadequado;
- eliminação dos vestígios de etapas anteriores de processamento, inclusive pontos de soldas;
- acabamento esteticamente muito agradável e homogêneo.

VANTAGENS

- pode ser aplicado em qualquer tipo de inox, tanto recozido quanto temperado;
- pode produzir uma gama variada de rugosidades e acabamentos, inclusive decorativos;
- não gera efluentes nocivos a natureza;
- adapta-se muito bem a formas variadas, desde que não muito complexas;
- o lixamento pode ser realizado tanto na indústria quanto no campo.

DESVANTAGENS

- apresenta muita influência da habilidade do operador;
- geração de poeira no local de trabalho;
- dificuldade em peças de geometria complexa;
- gera tensões superficiais e deformações mecânicas na superfície;
- pode haver variação no acabamento entre um lote e outro de peças devido ao uso de lixas no início, no meio e no fim da vida útil.

CUIDADOS

- superfícies decapadas e passivadas após o lixamento apresentam melhor resistência à corrosão;
- não use correias abrasivas com cortes nas bordas, dobras, rugas ou cortes na extremidade da emenda;
- usar dispositivos de fixação das peças a serem lixadas sempre que possível.
- a correia abrasiva deve sempre cobrir totalmente a roda de contato, evitando que a peça seja arrancada da mão do operador ou dispositivo de fixação;
- antes da utilização e montagem nos equipamento, verificar sempre a seta de indicação de direção da correia abrasiva (deve ser igual a direção de giro da roda de contato), evitando assim ruptura da emenda;
- excesso de tensão (esticamento) pode romper a correia abrasiva;
- trabalhar sempre na velocidade periférica adequada;
- executar o lixamento em instalações ventiladas ou com sistema de exaustão;
- certificar-se dos equipamentos de proteção individual (EPI) que devem ser utilizados nos processos de lixamento;
- as lixas, principalmente as de abrasivos revestidos, podem deformar com a umidade ficando côncavas ou convexas. Procure manter o estoque sempre em umidade relativa de 50 a 60% e temperaturas entre 20 e 25°C. Além disso, baixa umidade reduz a flexibilidade do costado, deixando-o duro e quebradiço;
- nos estoques de correias abrasivas, evite empilhar muitas caixas, o que pode acarretar na quebra das cintas acondicionadas nas caixas inferiores .

APLICAÇÕES TRADICIONAIS

- painéis de elevadores;
- painéis para revestimentos de interiores e exteriores;
- equipamentos para indústria alimentícia e farmacêutica (acabamento sanitário);
- corrimãos, portas e peças em geral para a construção civil;
- caixas eletrônicos de bancos.

ETCHING

DEFINIÇÃO

Etching é um ataque químico seletivo, uniforme e controlado na superfície do inox.

OBJETIVOS

- obter acabamentos decorativos para o aço inox, inclusive permitindo a personalização de projetos.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O Etching nada mais é do que um processo de corrosão muito bem controlado. A superfície de um material espelhado ou brilhante é exposta a um ácido, agressivo ao aço inox, tornando-a fosca. Se a aplicação do ácido for restrita a determinadas regiões da peça como por exemplo através um processo de máscaras semelhante ao usado nas impressões silk screen, a superfície formará desenhos ou padrões através do contraste espelhado/fosco.

Os pontos mais críticos do processo se baseiam no controle do tempo de exposição ao ácido e à sua composição, de forma a não atacar excessivamente a superfície. Após o ataque, a superfície deve ser muito bem limpa, evitando que resíduos da solução permaneçam na superfície do material, dando chance para o aparecimento de processos corrosivos posteriores.

RESULTADO ESPERADO

- desenhos em baixo relevo
- superfícies foscas

VANTAGENS

- possibilita a confecção de peças com desenhos personalizados por um custo baixo.

DESVANTAGENS

- deve ser sempre executado sobre um acabamento que permita o contraste com o padrão fosco da região atacada.

CUIDADOS

No manuseio de ácidos, soluções decapantes prontas (banhos, pasta ou gel) e demais produtos químicos:

- lembrar-se sempre no preparo de banhos e soluções que o ácido concentrado deve ser adicionado à água e nunca o inverso;
- usar somente reagentes adquiridos de empresas autorizadas a comercializá-los, sempre acondicionados em recipientes próprios, correta e claramente identificados. O armazenamento deve ser feito em locais limpos e adequados;
- solicitar aos fornecedores informações sobre procedimentos de emergência a serem seguidos em caso de inalação, respingos, contato casual com a pele ou olhos, etc. Treinar os operadores quanto a esses procedimentos e manter as informações em local de fácil acesso;
- solicitar aos fornecedores especificação sobre os equipamentos de proteção individual (EPI) que devem ser utilizados na trabalho com cada produto químico e garantir que os operadores os utilizem;
- certificar-se das regulamentações legais para o trabalho com produtos químicos, evitando transtornos posteriores;
- banhos e resíduos de processos de decapagem e/ou passivação devem ser devidamente tratados e neutralizados. Consulte sempre as autoridades locais e os fornecedores para saber quais são as exigências ambientais e como se deve proceder para atendê-las;
- os banhos eletrolíticos em operação produzem cromo hexavalente, um cátion venenoso, e devem ser cuidadosamente neutralizados. O tratamento adequado consiste em reduzi-lo para cromo trivalente e depois tratá-lo com cal até obter-se pH 9, ocasionando a sua precipitação como o hidróxido $\text{Cr}(\text{OH})_3$;
- o local das instalações para processamentos químicos e eletroquímicos além de ser separado das demais áreas da empresa, deve ser ventilado e dotado de equipamentos para exaustão de vapores. Áreas sujeitas a respingos devem ser revestidas com material resistente aos produtos químicos empregados;
- não deve ser permitido comer, beber ou fumar nos locais de trabalho com ácidos e produtos químicos. Os operadores devem ser orientados a lavar bem as mãos e o rosto antes de ingerir quaisquer alimentos;
- os materiais decapados e/ou passivados devem ser lavados com água em abundância, se possível sob pressão (jato d'água), para que sejam removidos eventuais resíduos da superfície. A água resultante deste processo não deve ser jogada ao esgoto antes de receber um tratamento de neutralização adequado.

APLICAÇÕES TRADICIONAIS

- baixelas;
- portas;
- objetos de decoração;
- placas e letreiros.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tão importante quanto executar um bom acabamento é especificá-lo corretamente. Este trabalho espera ter reunido as principais informações para permitir a identificação correta das necessidades de acabamento conforme as exigências de cada aplicação e seus requisitos específicos, suas características próprias e, principalmente, conforme os recursos disponíveis em cada empresa. Informações mais específicas e detalhadas, tanto técnicas quanto as que envolvem custos, devem ser conduzidas aos fornecedores de suprimentos para cada tipo de processo.

Por fim, a título ilustrativo, deixamos um quadro-resumo envolvendo as principais características exigidas pelo mercado de aços inox e os acabamentos que podem atendê-los:

Características X Acabamentos		
Características Principais	Como pode ser obtida	Aplicações mais comuns
fosca e um pouco porosa, rugosidade alta, baixo custo	acabamento padrão nº 1	tanques para indústrias, peças estruturais, tubos, flanges
fosca, rugosidade média (praticamente não se usa este tipo de acabamento nos aços inox 430)	acabamento padrão 2D	peças estampadas (tem uma rugosidade ideal para reter óleo lubrificante na superfície, facilitando processos de estampagem profunda)
brilhante, mas não refletiva (exceto nos aços 430 e 439 onde é também refletiva), rugosidade menor do que 2D	acabamento padrão 2B	mesas de fogão, talheres, balcões frigoríficos, fechaduras de portas
lixados (escovados) em várias granulometrias	escovamento e lixamento, incluindo os acabamentos padronizados nº 3, nº 4, nº 6	elevadores, revestimentos de fachadas, corrimãos (tubos), móveis tubulares
espelhados	polimento, eletropolimento, acabamentos padronizados nº 7 e nº 8	espelhos, refletores, uso arquitetural, peças para decoração

Características X Acabamentos		
Características Principais	Como pode ser obtida	Aplicações mais comuns
baixa rugosidade	polimento, eletropolimento, lixamento com granulometria 180 ou acima	equipamentos para indústria alimentícia, farmacêutica e de química fina, uso hospitalar
alta rugosidade	esmerilhamento, jateamento, lixamento com granulometria abaixo de 100	pisos e materiais antideslizantes, superfícies que serão pintadas (maior adesão da tinta)
superfície isenta de óxidos e de contaminação com resíduos de ferro	decapagem e passivação, eletropolimento, jateamento (normalmente seguido de passivação)	remoção de óxidos após tratamentos térmicos ou processos de soldagem, limpeza após processamento inadequado (contato com resíduos de aço carbono)
acabamento decorativo	acabamentos Hair Line, Butterfly e Exclusive Design (Acemap), etching, lixamento	carcaças de equipamentos, uso arquitetural, peças para decoração, gravação (etching)
grande remoção de material	esmerilhamento, lixamento com granulometria de 60 ou 80	remoção de cordões de solda, arredondamento de cantos, chanfros para soldagem

AGRADECIMENTOS

Agradecemos, sinceramente, às empresas que em muito nos auxiliaram a viabilizar este trabalho e, principalmente, aos colegas envolvidos pela atenção, e prestatividade: Sr. José Pedro Candelaria (Olga S.A.), Sr. Clemens Fein (Mecanochemie), Sr. Romeu Furgeri (Carborundum), Srta. Tatiana B. de Castro, Srs. Laureano Silva, Gerhard Walter Ecker Jr, Sílvio Martinelli Trinca e Marcelo de Abreu Marinzek (3M) e Sr. José Antônio Nunes (Acesita). Agradecimento especial ao amigo e "professor" Héctor Mario Carbó, que com sua humildade e paciência vem ensinando-me os caminhos do aço inox desde meus primeiros dias de Acesita.

polimento

Olga Indústria e Comércio Ltda
discos e rodas, massas de polimento, abrasivos e acessórios para polimento em geral
tel.: (011) 6412-4433 fax: (011) 6412-3273

eletropolimento/decapagem e passivação

Mecanochemie Indústrias Químicas Ltda
tecnologia, produtos e serviços - eletropolimento, gel decapante, cleaners, teste ferroxil
tel.: (011) 7298-2090 fax: (011) 7298-1175

esmerilhamento

Carborundum Abrasivos Ltda
ferramentas abrasivas, discos de corte, lixas e abrasivos
tel.: (019) 876-8274 fax: (019) 876-8257

lixamento

Carborundum Abrasivos Ltda
ferramentas abrasivas, discos de corte, lixas e abrasivos
tel.: (019) 876-8274 fax: (019) 876-8257

3M do Brasil Ltda
lixas, microabrasivos, escovas de fibras sintéticas tipo Scotch Brite
tel.: 0800 13-2333

fitas dupla face

3M do Brasil Ltda
fitas dupla face VHB, fitas e especialidades industriais para aplicações diversas
tel.: 0800 13-2333

BIBLIOGRAFIA

MANUAIS

Scotch-Brite Industrial

Manual de Treinamento 3M

autores: S. F. Duarte e J. Scolari

1996

Manual de Passivação e Limpeza do Aço Inoxidável

Avesta Welding

autores: Anders Bornmyr e Bjorn Holmberg

1996

Decapado, Passivado y Limpieza de Equipo Fabricado con Acero Inoxidable

Manual del Acero Inoxidable série nº 7

autor: Everaldo Treviño

1996

Ferramentas Abrasivas - Rebolos, Lixas, Discos de Corte e Desbaste

Manual de Treinamento Carborundum Abrasivos

Acabamento Superficial

Manual de Treinamento Olga S.A. Indústria e Comércio

autores: Gabriel Warwick Kerr de Paiva Côrtes, Écio Rodrigues de Araujo e

Julio Yasuo Shimabukuro

1996

APOSTILAS

Decapagem dos Aços Inoxidáveis

Apostila de treinamento interno Acesita

autor: José Antônio Nunes

O acabamento nos Aços Inox

Apostila de treinamento interno Acesita

autor: Héctor Mario Carbó

ARTIGOS PUBLICADOS

More than Just Scratching the Surface

publicado na revista Stainless Steel Focus nº 175

autor: Peter Davies

1996

Le Finiture Superficiali per Laminazione e per Abrasione il Problema della Rugosità

publicado na revista Inossidabile nº 115

Electropolishing - What, How and Why

autor: John F. Jumer

CATÁLOGOS

Lixas para a Indústria Metalúrgica

Catálogo 3M do Brasil

As informações contidas nesta publicação, resultam de testes de laboratório e de consultas às referências bibliográficas tradicionais e respeitáveis.

O desempenho dos aços inoxidáveis em serviço ou durante a fabricação de produtos, pode sofrer alterações com mudanças de temperatura, PH, traços de elementos contaminantes, bem como em função do estado de conservação e correta ajustagem dos equipamentos de soldagem ou conformação, sendo ainda a adequada qualificação de mão-de-obra operacional de grande importância no processo. Por estas razões, as informações contidas nesta publicação, devem ser consideradas apenas como referência inicial para testes ou para uma especificação mais precisa por parte do comprador. **A Acesita não se responsabiliza por perdas e/ou prejuízos decorrentes da utilização inadequada das informações aqui contidas.**