

MÓDULOS DE TREINAMENTO

CONHECENDO OS AÇOS INOXIDÁVEIS

Coordenação:

ABINOX

Por:

Eng. Ronaldo Claret Ribeiro da Silva

5

**TIPOS DE ACABAMENTOS
DOS AÇOS INOXIDÁVEIS**

MÓDULOS DE TREINAMENTO

CONHECENDO OS AÇOS INOXIDÁVEIS

Professor:

Ronaldo Claret Ribeiro da Silva

Engenheiro Mecânico, Mestre em Engenharia Metalúrgica pela UFMG.

Experiência Profissional: 40 anos na Aperam South America nas áreas de Produção, Metalurgia e Pesquisa, tendo ocupado as posições de Pesquisador (processos a quente e a frio dos aços Inox), Gerente Executivo de Metalurgia do Inox, Gerente Executivo do Centro de Pesquisa. Larga experiência internacional. Autor e coautor de inúmeros artigos técnicos e de várias patentes de produtos e processos.

Organizado por:

ABINOX

INTRODUÇÃO

É muito importante selecionar o tipo correto do acabamento do aço inoxidável de acordo com sua aplicação. Esta seleção é um dos fatores de sucesso para se obter uma longa vida útil, resistência à corrosão e baixa necessidade de manutenção. O acabamento correto é a forma de garantir que o aço inox tenha o desempenho esperado.

No entanto, o processo pode ser um tanto confuso. Existem diferentes normas com suas designações próprias para cada tipo de acabamento de superfície de aço inoxidável, bem como designações por fabricantes para os acabamentos de seus produtos.

Este artigo será baseado nas definições de acabamento da norma ASTM, que é a mais comum.

Acabamentos gerados no processo de produção do aço inox

Estes acabamentos refletem a condição básica de fornecimento dos aços inoxidáveis, sejam laminados a frio ou a quente, conhecidos como “mill finishes”. No entanto, o material pode requerer processos adicionais de acabamento para atender aos requisitos de certas aplicações, o que também será detalhado neste artigo.

Uma descrição detalhada dos acabamentos dos aços inoxidáveis que se enquadram neste grupo, mill finishes, é apresentada a seguir:

Acabamento ASTM No 1 - laminado a quente, recozido e decapado

Depois que o aço é laminado a quente, ele passa por um tratamento térmico denominado recozimento. Após o recozimento, o aço inoxidável passa pela etapa de decapagem, que consiste em limpar a superfície com jato de granalhas e ácidos para retirar os óxidos que se formam durante os processos anteriores de laminação a quente e recozimento.

A superfície resultante é ligeiramente áspera com refletividade muito baixa e uma rugosidade média típica (Ra) entre 4 a 7 μm , figura 1. O aço inoxidável com acabamento No 1 é às vezes usado como ponto de partida para acabamentos polidos. As aplicações comuns deste acabamento de aço inoxidável são aquelas onde a aparência visual e exigências sanitárias não são relevantes. Alguns exemplos incluem: suportes em geral, aplicações estruturais, aquecedores de ar, fornos, trocadores de calor, queimadores.

Estes acabamentos refletem a condição básica de fornecimento dos aços inoxidáveis, sejam laminados a frio ou a quente, conhecidos como “mill finishes”. No entanto, o material pode requerer processos adicionais de acabamento para atender aos requisitos de certas aplicações, o que também será detalhado neste artigo.

Uma descrição detalhada dos acabamentos dos aços inoxidáveis que se enquadram neste grupo, mill finishes, é apresentada a seguir:

Acabamento ASTM No 1 - laminado a quente, recozido e decapado

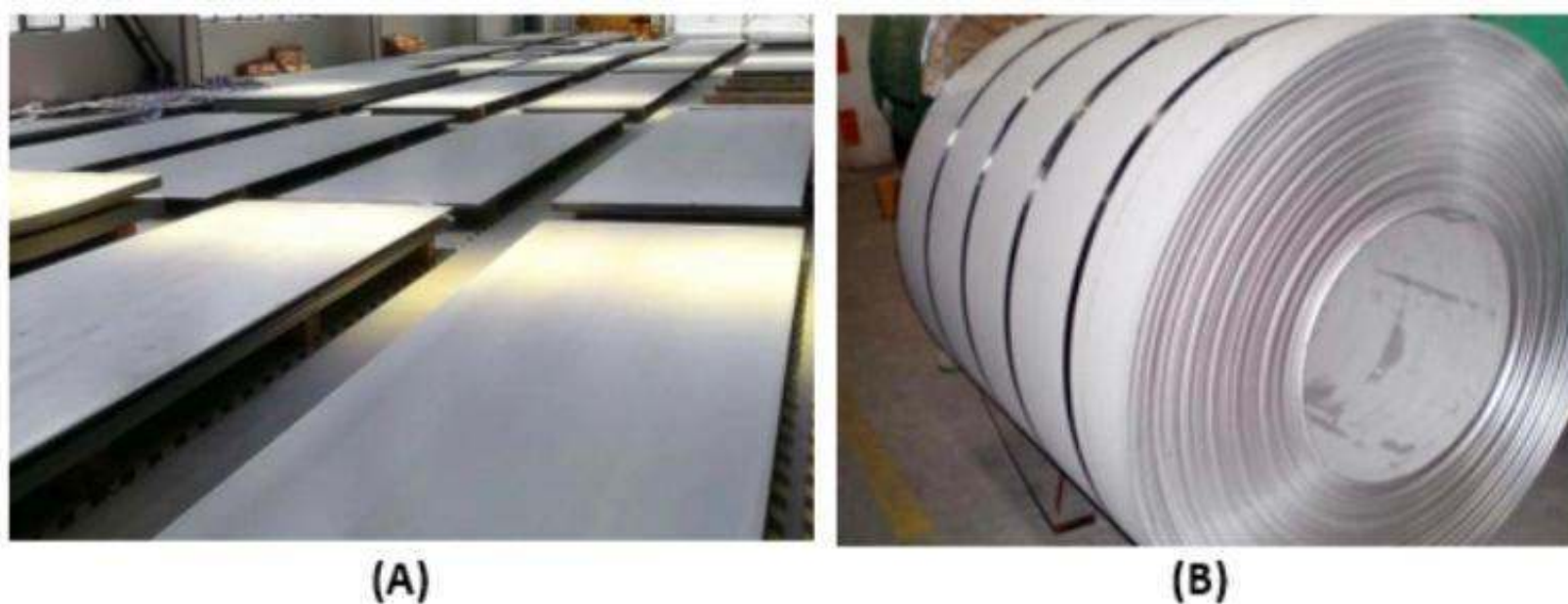


Figura 1: Exemplos de acabamento No 1: Chapas grossas (a) e Bobinas a Quente (b)

Acabamento ASTM No 2D - laminado a frio, recozido e decapado

Após a laminação a frio, o aço é novamente recozido e decapado. Como resultado da laminação a frio, tem-se uma superfície com acabamento mais fino. Neste caso com uma aparência fosca, com baixa reflexibilidade, e com valores médios de rugosidade típicos variando de 0,4 a 1,0 μm . Assim como no acabamento No 1, o acabamento 2D pode ser o ponto de partida para acabamentos polidos. Também pode ser usado para aplicações industriais e de engenharia com estética menos crítica. As aplicações comuns para aços inoxidáveis 2D são: vagões ferroviários, sistemas de exaustão automotivos, equipamentos para a construção civil, indústria química e petroquímica, fogões industriais.

Acabamento ASTM No 2B - laminado a frio, recozido e decapado, e com laminação de encruamento

O processo de produção é semelhante ao do acabamento 2D. A diferença é que há uma etapa extra que consiste em aplicar uma leve redução sob cilindros de grande diâmetro e altamente polidos.

Obtém-se uma superfície lisa, levemente a moderadamente refletiva, com bom controle de planicidade, a rugosidade média típica obtida está entre 0,1 e 0,5 μm , figura 2 (A).

Tem uma coloração cinza fosco e aparência não muito refletiva, só é usado em arquitetura quando a uniformidade de acabamento não é um requisito. As aplicações comuns para o acabamento de aço inoxidável 2B incluem, mas não estão limitadas a: fogões, refrigeração, processamento de alimentos, tanques e vasos, indústria farmacêutica. São também matéria prima para aplicação de acabamentos polidos.

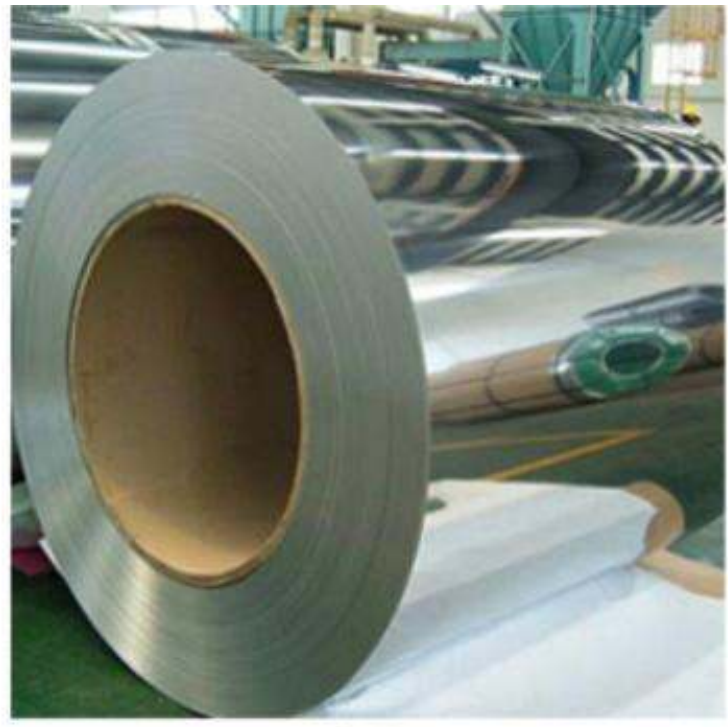
Acabamento ASTM BA - laminado a frio, recozido brilhante, e com laminação de encruamento

Há apenas uma pequena diferença com os acabamentos descritos anteriormente. Neste caso, tem-se o processo de recozimento brilhante em substituição ao recozimento comum. Trata-se de recozimento em atmosfera de hidrogênio. Não há oxidação, não havendo, portanto, a necessidade de decapagem. Após esta etapa, o material é processado no laminador de encruamento, como no acabamento 2B.

O acabamento resultante é capaz de refletir imagens nítidas, figura 2 (B). É muito suave e tem menos probabilidade de abrigar contaminantes transportados pelo ar e umidade, em comparação com qualquer outro acabamento de laminação. Este acabamento é fácil de limpar e possui um Ra típico entre 0,05 e 0,1 μm . O acabamento BA é comumente utilizado para aplicações domésticas. Também para aplicações onde a reflexão é importante, mas sua precisão não. Alguns exemplos são: máquinas de lavar e lava-louças, geladeiras comerciais, equipamentos de processamento de alimentos, instrumentos cirúrgicos, tanques rodoviários.



(A)



(B)

Figura 2: Exemplos dos acabamentos 2B (A) e BA (B).

Acabamento ASTM TR - laminado a frio e encruado

Este é um pouco diferente do resto dos demais acabamentos. Aqui, após o processo de laminação a frio, recozimento e decapagem, o aço inox é novamente laminado a frio, com redução controlada, para se obter maior resistência mecânica. Esta laminação para endurecimento pode ser realizada para alcançar 6 níveis de resistência, tabela I. O resultado é um acabamento bastante suave e reflexível. A rugosidade da superfície para o acabamento TR é definida pelos fabricantes e depende do processo de laminação empregado.

As aplicações mais comuns do acabamento de aço inoxidável TR incluem: indústria automotiva, vagões ferroviários, máquinas e equipamentos, instrumentos cirúrgicos, implantes, peças estampadas.

Acabamento	Limite de Resistência mínimo (MPa)	Limite de Escoamento mínimo (MPa)	Alongamento mínimo (%)
Recozido	515	205	40
1/16 Duro	620	310	40
1/8 Duro	690	380	40
1/4 Duro	860	515	25
1/2 Duro	1035	760	15
3/4 Duro	1205	930	10
Duro	1275	965	8
Super-Duro	1860	1790	-

Tabela 1: Propriedades Mecânicas do aço inox 301 nos diversos acabamentos TR

Acabamentos polidos e escovados

Algumas recomendações se aplicam ao selecionar um aço inoxidável: como ponto de partida, deve-se escolher um acabamento fornecido direto pelo fabricante que seja o mais próximo do desejado, dessa forma, o número de processos adicionais pode ser minimizado. No entanto, existem acabamentos que são obtidos somente polindo ou escovando mecanicamente a superfície, figura 3. Isso significa que a superfície será processada usando materiais abrasivos que efetivamente a cortam



Figura 3: Aspecto de um material escovado

O acabamento superficial resultante para aços inoxidáveis polidos e escovados dependerá de diferentes aspectos: a superfície original (ponto de partida), tipo e textura das cintas e escovas abrasivas, dos rolos e pastas de polimento, e do tipo de processo empregado. Mais detalhes serão vistos a seguir:

Acabamento ASTM TR - laminado a frio e encruado

Este acabamento é obtido por esmerilhamento ou lixamento. Neste processo, o acabamento resultante é uma superfície unidirecional bastante áspera e com baixa refletividade. A rugosidade da superfície pode ser definida pelo fabricante e acordada com o cliente mediante solicitação. A maioria dos fabricantes define o Ra em até 1 μm .

Ainda assim, depende do material e da aspereza dos abrasivos. Os grãos #180 e #240 são os mais comuns.

Geralmente, as aplicações comuns deste acabamento são: cervejarias, equipamentos de alimentos, equipamentos de cozinhas, aparelhos científicos, revestimentos internos.

Acabamento ASTM No 4

O ponto de partida para este acabamento é o mesmo do anterior. Mas agora os aços laminados a quente ou a frio são processados com cintas abrasivas ou escovas, objetivando-se uma superfície mais refinada que as da superfície No 3.

O resultado ainda é unidirecional e não muito reflexivo. O grau de abrasividade das escovas e cintas, e a rugosidade da superfície são especificados pelos fabricantes. A rugosidade média típica é normalmente inferior a 0,6 μm . Note que pode haver uma superposição entre os acabamentos No 3 e 4.

Algumas das aplicações mais comuns para o acabamento No 4: arquitetura, cervejarias, tanques rodoviários, mobiliário, elevadores, pias.

Acabamento ASTM N° 6 - Acetinado

O ponto de partida é geralmente o aço laminado a quente ou laminado a frio, 2B ou BA, que são processados com cintas, ou escovas, com granulação bem finas, dando um aspecto acetinado.

O acabamento No 6, ou acetinado, fornece uma superfície reflexiva lisa com uma rugosidade média de 0,5 μm ou menos, com alguns fabricantes chegando a 0,06 μm . É um acabamento altamente resistente à corrosão.

As aplicações comuns incluem: uso arquitetural, ambientes costeiros, usos ornamentais.

Acabamentos ASTM No 7 e No 8 - Polido brilhante

O ponto de partida também são aços laminados a quente e a frio, 2B ou BA. O processo neste caso é uma sequência de polimentos em rolos de sisal e algodão, fornecendo um acabamento polido brilhante, “buffing brite”. São acabamentos não direcionais, ultra suaves e altamente reflexivos com um alto grau de clareza de imagem no reflexo, figura 4. Os valores Ra típicos para esses aços inoxidáveis estão abaixo de 0,1 μm .

Considerada a melhor superfície para resistência à corrosão, os acabamentos No 7 e No 8 têm muitas aplicações. Por exemplo, essas aplicações são adequadas para o acabamento de superfície: ornamentação, painéis externos, espelhos, refletores, sinalização.

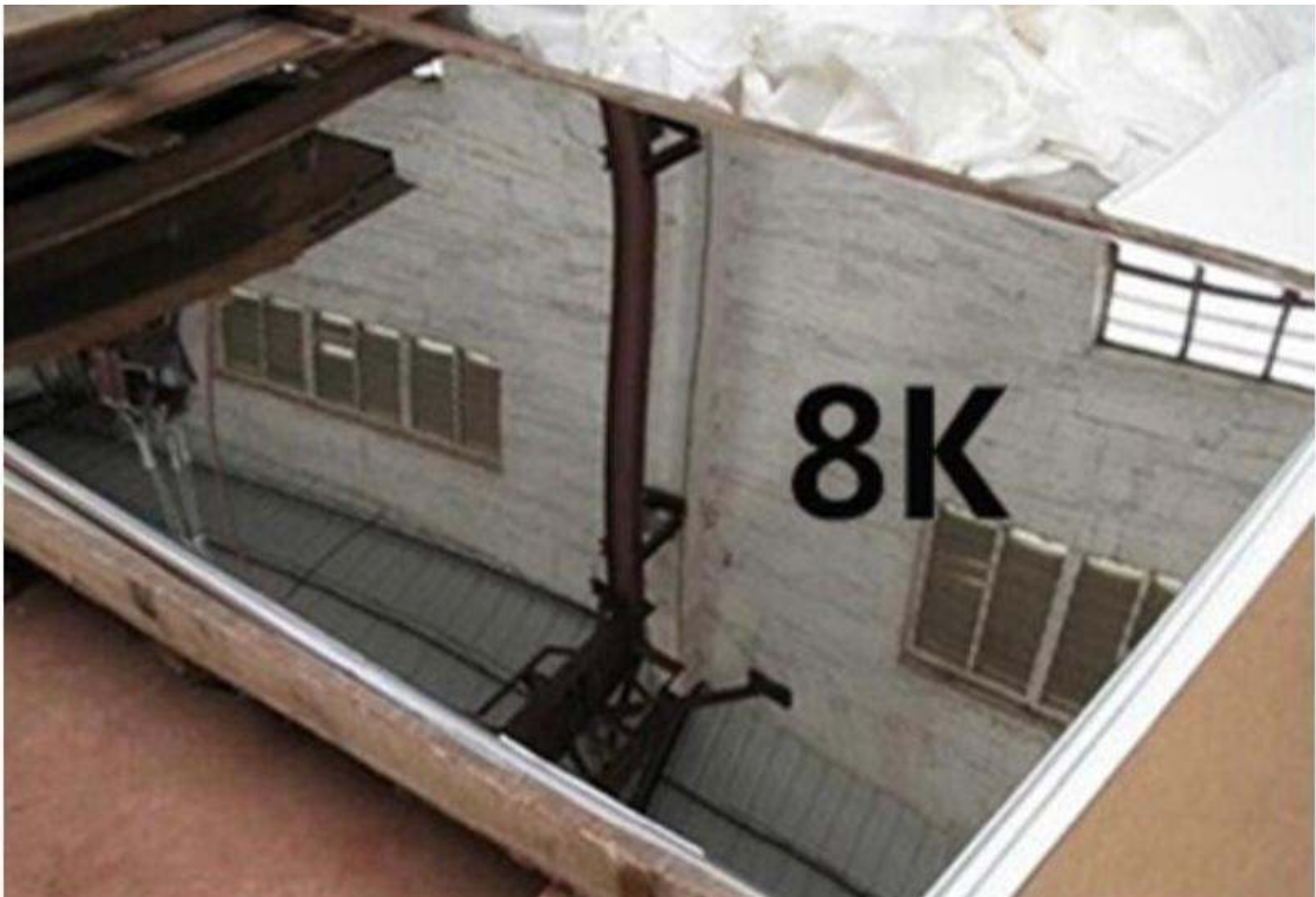


Figura 4: acabamento No 8 - “Buffing Brite”.

Acabamentos arquitetônicos (ASTM No 5)

Estes acabamentos são uma categoria separada e podem ser negociados entre comprador e vendedor, pois existem muitas técnicas e variações disponíveis em todo o mundo.

Acabamentos especiais e padronizados para aço inoxidável

A produção de acabamentos padronizados em aço inoxidável inclui prensagem ou laminação em cilindros rugosos ou texturizados. O padrão pode ser aplicado em uma ou em ambas as faces.

Acabamento laminado rugoso

Neste acabamento são utilizados cilindros rugosos no laminador de encruamento para processar os materiais laminados a frio recozidos e decapados, ou recozidos brilhante.

O resultado é um acabamento com baixa reflexibilidade e uma superfície uniforme em ambas as faces, “rolled-on”. A rugosidade da superfície é definida e acordada entre os clientes e os fornecedores.

As aplicações mais comuns para este acabamento são: sistemas de exaustão automotivos, indústria química, coberturas

Acabamento texturizado

Um acabamento texturizado muito comum são as chapas de piso. Uma face é plana e na outra, diferentes texturas podem ser obtidas, figura 5. O design xadrez é o mais utilizado. As entradas de edifícios usam esse acabamento de superfície de aço inoxidável para evitar acidentes causados por piso escorregadio. Os usos mais comuns são em entradas de edifícios e em gaiolas elevatórias.



Figura 5: acabamento típico de uma chapa para piso

No caso de material laminado a frio, pode-se aplicar texturas mais finas, notadamente para uso arquitetônico.

Acabamento corrugado

Este acabamento é obtido em uma conformadora de chapas por rolos. O design do padrão é definido mediante acordo. O resultado da superfície é uma textura ondulada, que aumenta a resistência do material, mas que também oferece valor estético. As aplicações são mais comuns são em revestimentos de galpões, e telhados.

Acabamento colorido

Esse acabamento aproveita a camada passiva de cromo na superfície dos aços inoxidáveis, que fornece ao material as propriedades de resistência à corrosão. Esta camada de cromo é facilmente colorida por processos químicos e então endurecida por um processo eletrolítico. Esses métodos alcançam o que é conhecido como acabamentos coloridos eletroliticamente.

Esses acabamentos dos aços inoxidáveis também podem ser padronizados, se necessário para a aplicação. As cores são acordadas entre o fabricante e o cliente. Existe uma ampla gama de possibilidades, figura 6.

As principais aplicações envolvem principalmente usos decorativos ou ornamentais. Às vezes, o acabamento colorido também é usado para combinar com outros materiais em designs complexos.



Figura 6: aço inox colorido

Acabamento Revestido

Geralmente o revestido com estanho, alumínio ou titânio é realizado para aumentar a resistência à corrosão. Também para melhorar a resistência a arranhões e produzir uma coloração única, como no caso do revestimento com Ti.

CONCLUSÕES

Finalmente deve-se considerar o conceito de acabamento sanitário.

Para os produtores de alimentos e produtos químicos, o nível de acabamento dos equipamentos de processamento é prescrito por agências regulatórias, que exigem que os acabamentos higiênicos tenham, na maior parte das vezes, uma rugosidade mínima média (Ra) inferior a $0,8 \mu\text{m}$ para equipamentos em geral e inferior a $0,6 \mu\text{m}$ para contato com os alimentos. Nessas aplicações sanitárias os acabamentos, assim como o material, também devem ser projetados para limpeza e higienização fáceis e confiáveis. Exceder as exigências regulamentares é então uma vantagem, pois os acabamentos de alta qualidade comprovadamente reduzem o tempo de higienização e diminuem o risco de bactérias.

MÓDULOS DE TREINAMENTO

CONHECENDO

OS AÇOS INOXIDÁVEIS

Coordenação:

ABINOX

Por:

Eng. Ronaldo Claret Ribeiro da Silva

**ENVIE SUAS DÚVIDAS OU
COMENTÁRIOS PARA O
ESPECIALISTA DA ABINOX:**

 www.abinox.org.br  [/abinox](https://www.linkedin.com/company/abinox)

 (11) 963405604

 [/associação.abinox](https://www.facebook.com/associação.abinox)

 [@abinox.oficial](https://www.instagram.com/abinox.oficial)

 [@abinox](https://www.youtube.com/@abinox)