

LEANDRO GULARTE BLOIS
FERNANDO ROCHA FARIAS



TRATAMENTO SUPERFICIAL DO AÇO NO COMBATE A DETERIORAÇÕES



SÃO PAULO | 2025

LEANDRO GULARTE BLOIS
FERNANDO ROCHA FARIAS



TRATAMENTO SUPERFICIAL DO AÇO NO COMBATE A DETERIORAÇÕES



SÃO PAULO | 2025

1.^a edição

Leandro Gualarte Blois
Fernando Rocha Farias

**TRATAMENTO SUPERFICIAL DO AÇO NO COMBATE A
DETERIORAÇÕES**

ISBN 978-65-6054-168-9



Leandro Gularte Blois
Fernando Rocha Farias

TRATAMENTO SUPERFICIAL DO AÇO NO COMBATE A
DETERIORAÇÕES

1.^a edição

SÃO PAULO
EDITORA ARCHÉ
2025

Copyright © dos autores e das autoras.

Todos os direitos garantidos. Este é um livro publicado em acesso aberto, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que sem fins comerciais e que o trabalho original seja corretamente citado. Este trabalho está licenciado com uma Licença *Creative Commons Internacional* (CC BY- NC 4.0).



**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

B652t Blois, Leandro Gularte.
Tratamento superficial do aço no combate a deteriorações [livro eletrônico] / Leandro Gularte Blois, Fernando Rocha Farias. – São Paulo, SP: Arché, 2025.
102 p. : il.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-6054-168-9

1. Aço – Indústria – Brasil. 2. Metalurgia. 3. Aço – Tratamento da superfície. I. Farias, Fernando Rocha. II. Título.

CDD 338.476

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Revista REASE cancelada pela Editora Arché.

São Paulo- SP

Telefone: +55 55(11) 5107-0941

<https://periodicorease.pro.br>

contato@periodicorease.pro.br

1ª Edição- *Copyright*® 2025 dos autores.

Direito de edição reservado à Revista REASE.

O conteúdo de cada capítulo é de inteira e exclusiva responsabilidade do (s) seu(s) respectivo (s) autor (es).

As normas ortográficas, questões gramaticais, sistema de citações e referenciais bibliográficos são prerrogativas de cada autor (es).

Endereço: Av. Brigadeiro Faria de Lima n.º 1.384 — Jardim Paulistano.

CEP: 01452 002 — São Paulo — SP.

Tel.: 55(11) 5107-0941

<https://periodicorease.pro.br/rease>

contato@periodicorease.pro.br

Editora: Dra. Patrícia Ribeiro

Produção gráfica e direção de arte: Ana Cláudia Néri Bastos

Assistente de produção editorial e gráfica: Talita Tainá Pereira Batista

Projeto gráfico: Ana Cláudia Néri Bastos

Ilustrações: Ana Cláudia Néri Bastos e Talita Tainá Pereira Batista

Revisão: Ana Cláudia Néri Bastos e Talita Tainá Pereira Batista

Tratamento de imagens: Ana Cláudia Néri Bastos

EQUIPE DE EDITORES

EDITORA- CHEFE

Dra. Patrícia Ribeiro, Universidade de Coimbra- Portugal

CONSELHO EDITORIAL

Doutoranda Silvana Maria Aparecida Viana Santos- Facultad Interamericana de Ciencias Sociales - FICS

Doutorando Alberto da Silva Franqueira-Facultad Interamericana de Ciencias Sociales (FICS)

Me. Ubiranalze Cunha Santos- Corporación Universitaria de Humanidades Y Ciencias Sociales de Chile

Doutorando Allysson Barbosa Fernandes- Facultad Interamericana de Ciencias Sociales (FICS)

Doutor. Avaetê de Lunetta e Rodrigues Guerra- Universidad del Sol do Paraguai- PY

Me. Victorino Correia Kinhamá- Instituto Superior Politécnico do Cuanza Sul-Angola

Me. Andrea Almeida Zamorano- SPSIG

Esp. Ana Cláudia N. Bastos- PUCRS

Dr. Alfredo Oliveira Neto, UERJ, RJ

PhD. Diogo Vianna, IEPA

Dr. José Faijardo- Fundação Getúlio Vargas

PhD. Jussara C. dos Santos, Universidade do Minho

Dra. Maria V. Albardonedo, Universidad Nacional del Comahue, Argentina

Dra. Uaiana Prates, Universidade de Lisboa, Portugal

Dr. José Benedito R. da Silva, UFSCar, SP

PhD. Pablo Guadarrama González, Universidad Central de Las Villas, Cuba

Dra. Maritza Montero, Universidad Central de Venezuela, Venezuela

Dra. Sandra Moitinho, Universidade de Aveiro-Portugal

Me. Eduardo José Santos, Universidade Federal do Ceará,

Dra. Maria do Socorro Bispo, Instituto Federal do Paraná, IFPR

Cristian Melo, MEC

Dra. Bartira B. Barros, Universidade de Aveiro-Portugal

Me. Roberto S. Maciel- UFBA

Dra. Francine de Souza, Universidade de Aveiro-Portugal

Dr. Paulo de Andrada Bittencourt – MEC

PhD. Aparecida Ribeiro, UFG

Dra. Maria de Sandes Braga, UFTM

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores se responsabilizam publicamente pelo conteúdo desta obra, garantindo que o mesmo é de autoria própria, assumindo integral responsabilidade diante de terceiros, quer de natureza moral ou patrimonial, em razão de seu conteúdo, declarando que o trabalho é original, livre de plágio acadêmico e que não infringe quaisquer direitos de propriedade intelectual de terceiros. Os autores declaram não haver qualquer interesse comercial ou irregularidade que comprometa a integridade desta obra.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Editora Arché declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art.º 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, desta forma não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *ecommerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

APRESENTAÇÃO

Este livro digital foi elaborado com o objetivo de oferecer uma visão clara e fundamentada sobre os tratamentos superficiais aplicados ao aço, abordando desde os conceitos básicos até as práticas mais utilizadas na indústria. O aço, amplamente empregado em diversos setores produtivos, está sujeito a processos de desgaste e corrosão que comprometem seu desempenho e durabilidade. Nesse contexto, os tratamentos de superfície surgem como estratégias essenciais para garantir resistência e prolongar a vida útil dos componentes metálicos.

Dividido em três capítulos, a obra percorre inicialmente os fundamentos teóricos sobre os aços e suas possíveis configurações de tratamento. Em seguida, apresenta os principais métodos de preparação e tratamento da superfície, destacando as tecnologias e parâmetros envolvidos nesse processo. Por fim, o leitor é conduzido a uma abordagem prática e técnica sobre as aplicações e benefícios dos tratamentos, contribuindo para o domínio do tema.

O conteúdo foi pensado tanto para estudantes e profissionais em formação quanto para aqueles que já atuam nas áreas de engenharia, metalurgia e ciência dos materiais. A linguagem acessível e a estrutura objetiva tornam este material uma ferramenta útil para consulta, ensino e aplicação prática.

Que esta leitura possa ampliar o entendimento sobre os desafios enfrentados pelos materiais metálicos e oferecer caminhos eficazes para combatê-los por meio da engenharia de superfície.

Os autores,

Leandro Gularte Blois
Fernando Rocha Farias

RESUMO

O presente trabalho de Conclusão de curso trata de um processo para tratamento da superfície do aço para o combate e/ou controle de deteriorações que possam vir a acontecer quando o aço está em utilização e instalado em ambientes agressivos. O aço é um material que é utilizado para diversas finalidades e em todos os segmentos de atuação, por isso a importância de estudar processos que venham a aumentar a durabilidade e a vida útil do aço em operação. A pesquisa tem por objetivo estudar o processo de tratamento da superfície dos aços contra agentes deteriorantes, explicar as etapas e características necessárias, informar os conceitos básicos de aços e configurações, e o seu principal mecanismo de deterioração: a corrosão. A metodologia da pesquisa foi um estudo bibliográfico em teses, dissertações, trabalhos de conclusão de curso, livros, artigos e anais sobre o tema do combate as deteriorações nos aços e materiais ferrosos. Logo, constatou-se que o processo de tratamento superficial dos aços é muito

importante para manter a boa estabilidade do material. A durabilidade, a vida útil e sua inserção em meios agressivos se tornam mais eficientes e melhoram o desempenho de atuação dos aços em atividade.

Palavras-chave: Aços. Tratamento da Superfície. Deteriorações.

ABSTRACT

This course completion paper is a process for surface treatment of steel to combat and / or control deterioration that may occur when the steel is in use and installed in harsh environments. Steel is a material that is used for various purposes and in all segments, so the importance of studying processes that will increase the durability and service life of steel in operation. The research aims to study the process of surface treatment of steels against deteriorating agents, explain the necessary steps and characteristics, inform the basic concepts of steels and configurations, and their main mechanism of deterioration: corrosion. The research methodology was a bibliographic study in theses, dissertations, course conclusion papers, books, articles and annals on the theme of combating the deterioration of steels and ferrous materials. Therefore, it was found that the process of surface treatment of steels is very important to maintain the good stability of the material. Durability, service life and insertion in aggressive media become more efficient and

improve the acting performance of active steels.

Keywords: Steels. Surface Treatment. Deteriorations.

RESUMEN

Este trabajo de finalización de curso trata de un proceso de tratamiento de la superficie del acero para combatir y/o controlar el deterioro que puede producirse cuando el acero está en uso e instalado en ambientes agresivos. El acero es un material que se utiliza para diversos fines y en todos los segmentos de actividad, de ahí la importancia de estudiar procesos que aumenten la durabilidad y vida útil del acero en operación. La investigación tiene como objetivo estudiar el proceso de tratamiento de las superficies de acero contra agentes deteriorantes, explicar los pasos y características necesarias, informar los conceptos básicos de los aceros y sus configuraciones, y su principal mecanismo de deterioro: la corrosión. La metodología de la investigación fue un estudio bibliográfico en tesis, disertaciones, trabajos de conclusión de cursos, libros, artículos y anales sobre el tema de combate al deterioro del acero y materiales ferrosos. Por lo tanto, se encontró que el proceso de tratamiento de la superficie del acero es muy

importante para mantener la buena estabilidad del material. La durabilidad, la vida útil y su inserción en ambientes agresivos se vuelven más eficientes y mejoran el desempeño de los aceros en operación.

Palabras clave: Aceros. Tratamiento Superficial. Deterioros.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Processo siderúrgico do aço.....	29
Figura 2 – Esquema da indústria siderúrgica.....	33
Figura 3 – A iniciação dos trabalhos com aço.....	35
Figura 4 – Minério de ferro.....	36
Figura 5 – Alto forno	40
Figura 6 – Exemplo da configuração posicional.....	46
Figura 7 – Exemplo da configuração funcional	48
Figura 8 – Exemplo da configuração linear.....	49
Figura 9 – Exemplo da configuração em gupo	51
Figura 10 – Corrosão eletrolítica	54
Figura 11 – Fluxograma do tratamento superficial dos aços	60
Figura 12 – Configuração do processo de tratamento superficial dos aços	62
Figura 13 – Linha de galvanização eletrolítica.....	77
Figura 14 – Camadas formadas no processo de galvanização.....	79
Figura 15 – Fabricação de tintas com as suas respectivas matérias primas	83
Figura 16 – Obtenção da resina epóxi	84

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	19
CAPÍTULO 01	27
CONCEITOS INICIAIS SOBRE AÇOS E CONFIGURAÇÕES DE TRATAMENTO	
CAPÍTULO 02	56
CONFIGURAÇÃO PARA O TRATAMENTO DA SUPERFÍCIE DOS AÇOS	
CAPÍTULO 03	67
O TRATAMENTO DA SUPERFÍCIE DOS AÇOS	
CONSIDERAÇÕES FINAIS	89
REFERÊNCIAS	93
ÍNDICE REMISSIVO	97

INTRODUÇÃO

É de conhecimento geral os aços ou os produtos que derivam dos aços estão constantemente presentes no dia-a-dia de todos os seres humanos. Os aços chegaram para facilitar a vida de todas as pessoas e principalmente os processos industriais que necessitam desse material para fabricação de todos os tipos de peças mecânicas, elétricas, pneumáticas, etc. Tornou-se imprescindível sua utilização pela maioria dos segmentos industriais em virtude da diminuição de gastos, redução de tamanhos de peças e confiabilidade de processos e produtos nos mercados nacionais e internacionais.

O aço é um dos materiais mais utilizados em todo o mundo para elaboração de diversos produtos e/ou serviços. Utilizado desde pequenos utensílios residenciais até grandes peças industriais, o aço está presente em todos os segmentos de mercado. Mas, como a maioria dos materiais não possuem vida útil longa é preciso estudar métodos, técnicas e tratamentos para conseguir maior durabilidade e a proteção necessária durante a utilização.

O aço pode-se deteriorar de diversas formas e por diferentes fatores, mecânicos, físicos e/ou químicos. Dentre esses o fator que mais contribui para degradação do aço é um fenômeno químico chamado de corrosão. A corrosão é um processo eletrolítico que simplesmente acontece. Não há como impedir, apenas técnicas para retardar. Diversos fatores fazem com que haja corrosão em materiais ferrosos, dentre eles, pode-se destacar a umidade relativa do ar, a temperatura, chuva/sol, diferença de potencial elétrico, a presença de água localizada, falta de tratamento da superfície dos materiais metálicos, carbonatação e a presença de sulfatos e cloretos.

No entanto, é preciso estudar métodos, técnicas e tratamentos de como se prevenir perante esses meios de propagação de ataques ao aço para manter a qualidade do material e aumentar a vida útil. Para diminuir esses fenômenos, destaca-se a criação de uma configuração adequada para fabricação e tratamento dos aços.

O problema que se destacou, para fins de pesquisa, foi que, o tratamento da superfície do aço, para retardar ou diminuir acidentes, quebras estruturais, fadigas, fraturas, flambagens, danos ao meio em que estão inseridos e a constante formação de produtos corrosivos, é capaz de apresentar confiabilidade e durabilidade ao material?

A produção textual tem por objetivo maior expor uma pesquisa bibliográfica acerca do processo de tratamento da superfície dos aços contra agentes deteriorantes. Além do mais, explicar as etapas e características necessárias para garantir as especificações e qualidades no processo de fabricação do aço. E, os objetivos específicos: Pesquisar os conceitos básicos de aços e configurações, e o seu principal mecanismo de deterioração: a corrosão; apresentar uma configuração ideal para o tratamento dos aços; e Entender o processo de tratamento da superfície do aço no combate a deteriorações.

É de extrema relevância e importância estudar e pesquisar

sobre o tratamento da superfície dos aços no combate contra as deteriorações para retardar ou diminuir efeitos indesejados na finalidade de utilização do material. E, também contribuir para o desenvolvimento tecnológico dos segmentos de fabricação mecânica para que todos possam se beneficiar.

O tipo de pesquisa realizado no Trabalho de Conclusão de curso foi uma Revisão Bibliográfica, o qual se realizou consultas em teses, dissertações, trabalhos de conclusão de curso, livros, sites da internet e em artigos científicos selecionados através de busca nas seguintes bases de dados: Teses, Dissertações e Trabalhos de Conclusão de Curso. O período dos trabalhos pesquisados foram os trabalhos publicados nos últimos 20 anos e alguns autores renomados do século passado. As palavras-chave utilizadas na busca foram: Aços, O histórico do aço, Processos de fabricação do aço, Deteriorações no aço, Corrosão, Evolução das técnicas de tratamento e Tratamento da superfície do aço.

Portanto, o estudo do processo de tratamento da superfície

dos aços no combate contra deteriorações é de sumo interesse para o ramo da engenharia. Assim, pode ser que os processos industriais e projeções de configurações mais elaboradas contribuam de forma significativa para a evolução industrial e aumento da qualidade dos materiais.



TRATAMENTO SUPERFICIAL DO AÇO NO COMBATE A DETERIORAÇÕES



SURFACE TREATMENT OF STEEL TO COMBAT DETERIORATION



TRATAMIENTO SUPERFICIAL DEL ACERO PARA COMBATIR EL DETERIORO

CAPÍTULO 01

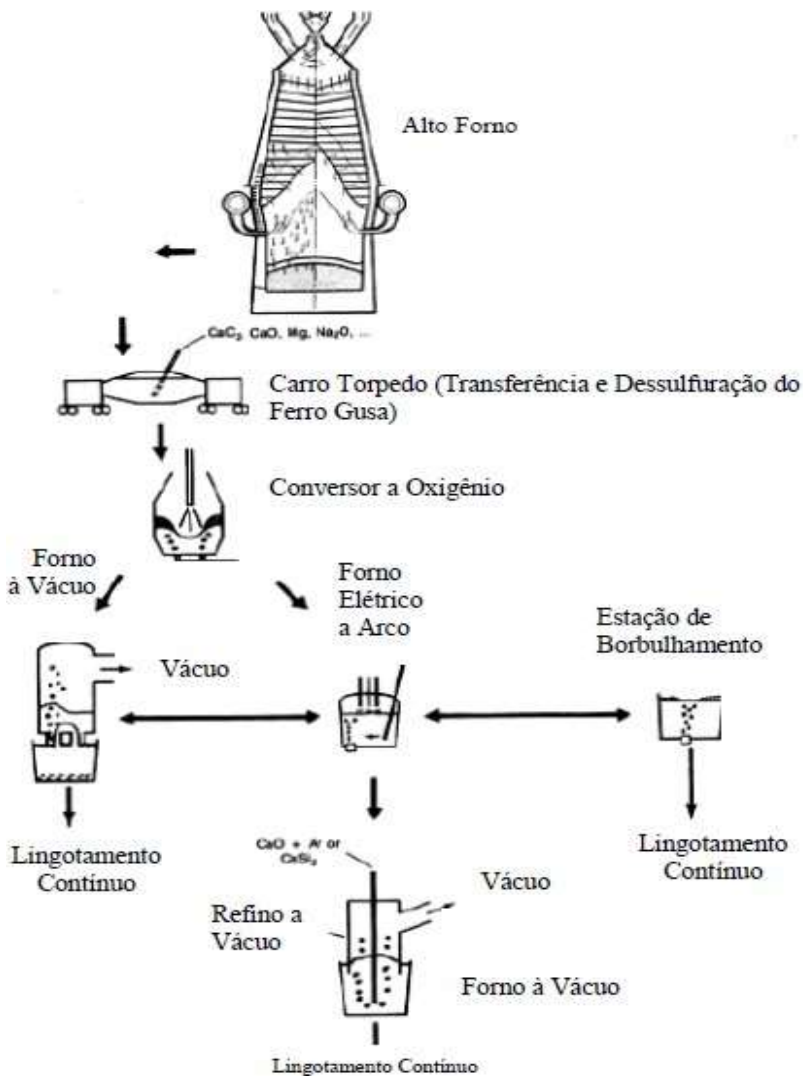
CONCEITOS INICIAIS SOBRE AÇOS E CONFIGURAÇÕES DE TRATAMENTO

1 CONCEITOS INICIAIS SOBRE AÇOS E CONFIGURAÇÕES DE TRATAMENTO

1.1 AÇOS

Como se sabe o aço é um dos materiais mais utilizado e consumido no mundo. Quase tudo que se produz deriva dos aços ou materiais ferrosos. Caso seja uma empresa de plásticos, mesmo assim se utiliza aços nas máquinas produtoras ou recicladoras de plásticos. O aço é resultante do seguinte processo siderúrgico, conforme apresentado na figura 1.

Figura 1 – Processo siderúrgico do aço.



Scheid (2010, p.20).

Na figura 1 são apresentadas as etapas de redução e refino da produção de aço nas primeiras etapas do processo siderúrgico. Ainda existe uma terceira fase, a final, que trata da parte de conformação mecânica, para então ser utilizado no segmento determinado.

A imagem também mostra os equipamento e materiais que fazem parte das etapas de produção do aço. Começando pelo alto forno, despejando o insumo para o carro torpedo que faz a transferência do ferro gusa para o conversor a oxigênio e logo após passa para o forno a vácuo ou para o forno elétrico. Chegando, por fim, ao processo de lingotamentos (SCHEID, 2010).

1.2 A SIDERURGIA

A siderurgia trata da produção/fabricação do aço para que o material possa ser empregado em todos os setores que necessitam do material. Machado (2006) afirma que a siderurgia é a ciência que estuda a produção de aços. Esse processo divide-se em três grandes

etapas, são elas: Redução; Refino; e Conformação Mecânica.

De acordo com Machado (2006) redução do processo de fabricação do aço é a etapa que visa transformar os minérios de ferro em ferro gusa. O refino envolve os processos de transformação dos produtos da redução dos minérios de ferro em aço, com a composição química adequada ao uso. Por último, a conformação mecânica visa à transformação mecânica dos aços em produtos que possam ser utilizados pela indústria.

A obtenção de ferro metálico ocorreu no período neolítico, quando o carvão usado nas fogueiras protetoras das cavernas reduziu o solo de minério de ferro a ferro primário, que posteriormente era elaborado e conformado. Um dos países que mais se destacou na história da siderurgia foi à Inglaterra. A extração de ferro metálico nesse país remota a 400 AC e a obtenção de ferro gusa em alto forno a coque ocorreu no século XVIII. Por ser abundante e suas ligas possuírem propriedades adaptáveis a quase

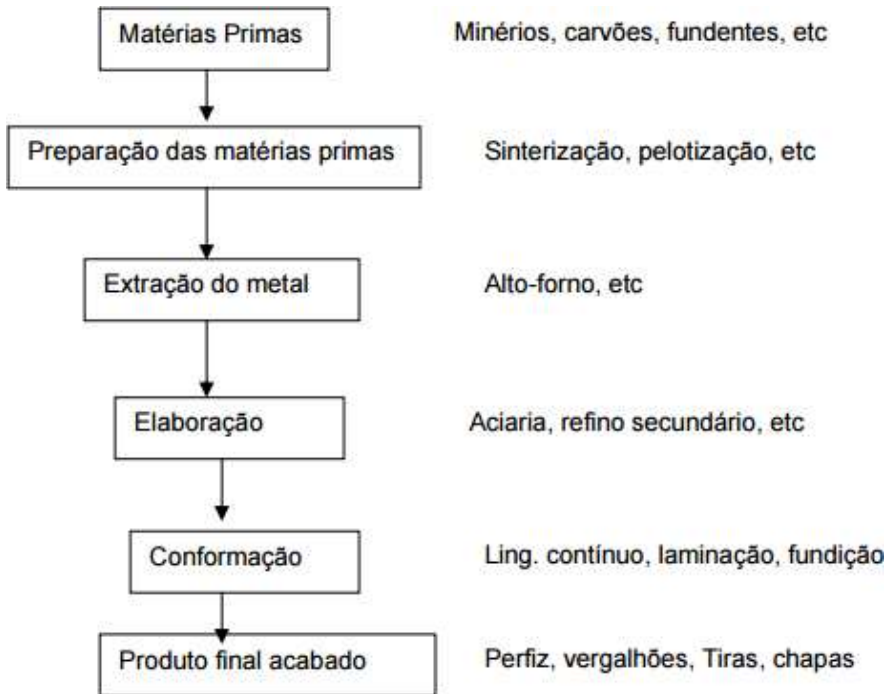
todas as condições requeridas o ferro se tornou o metal mais empregado. Desde então, a metalurgia passou a se dividir em siderurgia e metalurgia dos não ferrosos (MACHADO, 2006).

A siderurgia se tornou tão importante que passou a servir de padrão medidor do desenvolvimento das nações. Logo, são consideradas fortes as nações dotadas de elevadas capacidades de produzir e/ou comercializar produtos siderúrgicos e seus insumos (SILVA, 2011).

Após a descoberta do Brasil pelos portugueses ocorreu uma enorme procura pelos metais em território nacional. Em 1554 o Padre Anchieta relatou à Corte Portuguesa a existência de ferro, e em 1587, Afonso Sardinha iniciou a produção de ferro na Freguesia de Santo Amaro, em São Paulo (MACHADO, 2006).

A figura 2 esquematiza o processo da indústria siderúrgica, com suas respectivas características e passos desde a entrada da matéria prima até a saída do produto final.

Figura 2 – Esquema da indústria siderúrgica.



Fonte: Machado (2006, p.12).

Silva (2011) diz que as usinas siderúrgicas destinadas à fabricação de aço distinguem-se quanto ao grau de integração, como: Usinas integradas; Usinas semi- integradas; e Usinas não integradas.

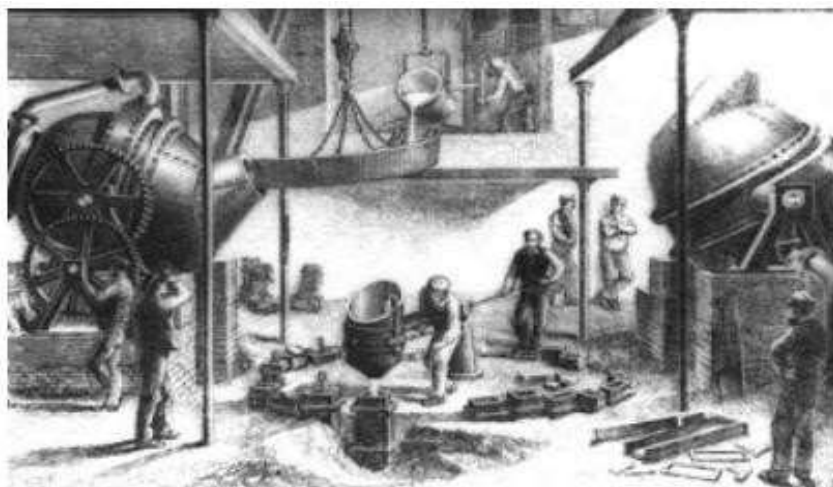
As usinas integradas são aquelas que operam com processos de redução, refino e conformação na mesma planta, partindo do

minério de Ferro para a produção do aço. As usinas semi-integradas são aquelas em que apenas as etapas de refino e conformação estão presentes, partindo do ferro gusa, esponja ou sucata para a produção do aço (SILVA, 2011). E já as usinas não integradas apresentam apenas uma das etapas do processo siderúrgico, que pode ser redução ou conformação.

1.3 A EVOLUÇÃO DO AÇO

O minério de ferro foi encontrado e descoberto nos anos 1000 A.C. Os egípcios da época (Fig. 3) que se especializaram na arte de transformar o minério de ferro utilizando a água e descobrindo o princípio do tratamento do ferro. Com o passar do tempo foram surgindo às misturas, como exemplo o elemento químico denominado de carbono (MAXWELL, 2014).

Figura 3 – A iniciação dos trabalhos com aço.



Fonte: Maxwell (2014, p.07).

Ao que se sabe, a mistura quase ideal de carbono com o minério de ferro é de 2,11%. O ferro teve seu primeiro contato com a humanidade sob a forma de meteoritos. Então, por isso a etimologia da palavra siderurgia, onde o radical latino “sider” significa estrela ou astro. O ferro, encontrado em meteoritos, contém normalmente de 5 a 26% de níquel, enquanto que o ferro produzido artesanalmente continha apenas traços deste elemento (BAGGIO, 2011).

Os materiais históricos de ferro que se sabe são dois objetos

encontrados no Egito, um na grande pirâmide de Gizé, construída aproximadamente em 2900 A.C., e outro na tumba de Abidos, construída aproximadamente em 2600 A.C. Portanto, as descobertas foram se intensificando e chegando a processos que ainda são muito úteis (BAGGIO, 2011).

O minério de ferro é um tipo de rocha (Figura 4). O ferro, propriamente dito, encontra-se geralmente sob a forma de óxidos (pode-se mencionar a ferrugem), a magnetita e a hematita ou ainda como um carbonato, a siderita.

Figura 4 – Minério de ferro.



Fonte: Baggio (2011, p. 15).

Cientistas acreditam que algumas fogueiras construídas a base de minério de ferro, promoviam o contato de partículas aquecidas de carbono com partículas de óxido de ferro, iniciando o processo de redução. Isso resultava numa massa escura, não fundida, entretanto permitindo a deformação do material para moldagem.

Logo, o procedimento de mais tempo na história, relacionado ao processo de redução de minério de ferro foi encontrado na parede de uma tumba egípcia, datando de aproximadamente 1500 A.C. O processo era muito simples, constituído de um buraco no solo, que continha minério e um combustível (CHARLES, 2015).

Esses são fatos registrados e consolidados, com certeza existem muitos relatos e análises que se perderam na história e, porém não foram registrados. Charles (2015) afirma que a difusão do aço começou no século XIII A.C., com a introdução desse

elemento em operações militares em detrimento ao uso do bronze. Os Hititas foram os pioneiros nas técnicas de forjamento, transformando seus armamentos e construindo um império mantido por décadas.

No século VI A.C., Nabucodonosor construiu os portões da Babilônia com pilares e vigas cobertas de cobre e reforçadas com estruturas de ferro. Já no século V A.C. os chineses, que já haviam inventado a roda, fabricaram o primeiro ferro carburado, mais tarde chamado ferro-gusa (MAXWELL, 2014).

Em 221 A.C., os chineses dominaram todos os reinos próximos as suas terras utilizando técnicas de produção de ferro. Essas provas são excelentes de como o uso desse material tem alterado a história ao longo dos tempos (MAXWELL, 2014).

Os grandes avanços puderam ser sentidos nos aumentos das alturas de chaminé e colunas de carga, aumentos de pressão de sopro através da utilização de foles hidráulicos. Estas melhorias

deram origem aos fornos Wolf Oven, blasofen, stuckofen, blauofen e finalmente o flussofen, considerado como o primeiro alto-forno, que evoluiu gradativamente para o processo que vem dominando o cenário de produção de ferro gusa (BAGGIO, 2011).

Baggio (2011) ainda relata que, na segunda metade do século XV, começou-se a produzir ferro pelo refino do ferro-gusa, e com a crescente utilização da força motriz da água, se difundiu o uso de cilindros laminadores e trefilações a fio. No século XVIII, o consumo de aço conhece um grande avanço, começando também os problemas ecológicos derivados.

Dentro das minas, o trabalho era feito à luz de velas e o minério de ferro era retirado em cestas puxadas por cordas. Em 1600, o Reino Unido, estabeleceu leis para a preservação das florestas, obrigando a retirada de operação de altos-fornos. Ao mesmo tempo, a produção de ferro nas colônias norte americanas era fortemente apoiada pela vasta gama de madeira e minério de

ferro disponível (BAGGIO, 2011).

O alto-forno (Figura 5), pioneiro, foi construído em 1622, na América do Norte, em Falling Creek, Virginia, mas nunca chegou a ser utilizado devido ao ataque de índios na região. Em 1645, um novo alto-forno, nos Estados Unidos, foi construído e começou-se, a partir de então a tornar-se indispensável para a sobrevivência (BAGGIO, 2011).

Figura 5 – Alto forno.



Fonte: Maxwell (2014, p. 46).

Portanto, o aço se tornou a base da existência na terra. Automóveis, aviões, navios, linhas de transmissão de energia elétrica, tubulações de água, redes integradas de telefonia, etc., são feitos de aço. Nas casas o aço está presente em larga escala, dos talheres às panelas, passando pelos vergalhões que garantem a estabilidade das construções. Ainda, além da presença direta nos bens duráveis, o aço é vital na construção das máquinas e equipamentos que tornam possível gozar dos benefícios e facilidades conferidos pelos bens de consumo modernos.

1.4 AS PRINCIPAIS CONFIGURAÇÕES DE INSTALAÇÕES

Segundo Muther (1978) a configuração de instalação (layout) estabelece uma relação física entre as várias atividades que estão por serem fabricadas. O layout pode ser o arranjar ou o rearranjar das máquinas ou equipamentos para obter a melhor disposição que atenda a demanda de forma eficiente.

As configurações de instalações são as posições dos

respectivos departamentos, seções ou escritórios no interior da indústria, fábrica ou organização empresarial. Desse modo, cada departamento da empresa, dos meios de suprimento, acesso às áreas de armazenamento e de serviços podem se comunicar entre si (CASSEL, 2015).

Para as grandes indústrias este procedimento não é tão fácil, pois um simples erro pode levar a sérios problemas na utilização dos locais, originar a demolição de estruturas, paredes e até mesmo edifícios. As consequências se refletem nos custos altíssimos de rearranjo (CASSEL, 2015).

Cassel (2015) diz que os layouts têm por finalidade alocar as atividades de trabalho com as características físicas da indústria, fábrica, instalações, com serviços, produtos, máquinas e equipamentos sejam alcançados através do maior volume possível de produtos manufaturados ou serviços. Tanto para baixo volume de produção quanto para um alto volume, a qualidade, essencial,

deve ser levada em consideração na montagem do layout.

Em conformidade com Muther (1978) um layout defeituoso, já instalado na locação industrial ou fabril custa muito caro para reorganizar e realocar o processo. Mas, o planejamento, antes da instalação do layout é muito mais vantajoso, produtivamente e economicamente.

Ímeras características são levadas em consideração para se planejar um layout. Materiais, maquinários, movimentos, tempo de espera, serviço, filas, construção e montagem são algumas das características que influenciam negativamente o planejamento da configuração (MUTHER, 1955).

Os padrões, como os de fluxo, localizados principalmente nas estações de trabalho, os padrões dos departamentos, sejam eles quais forem, de compras, materiais, recursos humanos, operações, dentre outros são necessários para planejar uma configuração adequada ao tipo de processo. As inter-relações entre esses

diversificados setores também são de extrema relevância para incluir no estudo. (TOMPKINS, 1999).

Tompkins (1999) afirma que um layout bem elaborado e esquematizado pode aumentar o rendimento de uma empresa. Para o tratamento superficial dos aços, compostos por diversas etapas, é inevitável uma configuração física adequada que atenda os padrões de qualidade para retardar o processo corrosivo. As principais configurações de instalações que existem e que podem ser influenciadoras no processo de tratamento da superfície do aço no combate contra eventuais deteriorações são: o posicional, o funcional, o linear e o em grupo.

1.4.1 A configuração posicional

Muther (1955) explana que a configuração posicional é utilizada quando se dispões de matérias primas e produtos que possuem grandes volumes, no entanto em quantidades suficientes para garantir especificidades técnicas de qualidade, ou seja,

quantidades produzidas em número reduzido.

Já Camarotto (1999) salienta que para ser considerado um layout posicional a configuração deve constar de materiais estáticos, enquanto que os trabalhadores, máquinas, equipamentos e processos realizam a dinâmica no entorno.

De acordo com Muther (1955) algumas das vantagens mais características que o layout posicional pode trazer para as instalações físicas são: Redução da movimentação de materiais; Oferecimento de oportunidades de trabalho; Maior flexibilidade; Adaptação as mudanças do produto e do volume de produção. E Tompkins (1999) aborda algumas limitações em relação a essa configuração, são elas: Permite mais agilidade dos trabalhadores, equipamentos e insumos; Determina que as pessoas envolvidas sejam capacitadas e treinadas; Estabelece plano de supervisão do processo; Requer espaço de trabalho amplo; Torna-se imprescindível o controle do processo.

Figura 6 – Exemplo da configuração posicional.



Fonte: Cassel (2015, p. 18).

1.4.2 A configuração funcional

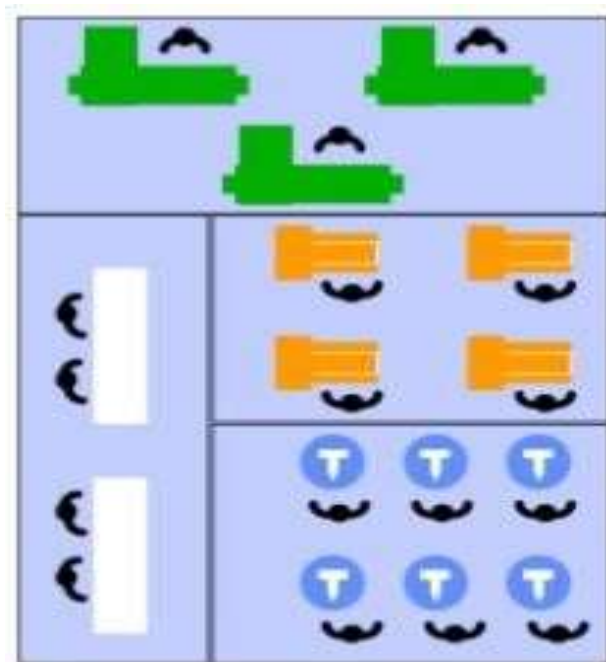
Na configuração funcional todas as operações cujo tipo de processo de produção semelhante é agrupado, independentemente do produto processado (CAMAROTTO, 1999).

Muther (1955) relata que o layout funcional é utilizado quando os produtos são pouco volumosos. Esse pouco volume ocorre porque não cabe movimentar o que quer que seja enquanto as máquinas possuem posições fixas. Isso geraria outros gastos com novos procedimentos.

Muther (1955) cita algumas das vantagens referentes à utilização do layout posicional, que são: Melhor utilização das máquinas; Maior flexibilidade em afetar equipamentos e operadores; Redução do tratamento dos materiais; Variação das tarefas em cada posto de trabalho e Supervisão especializada.

E, Tompkins (1999) salienta que as limitações exigidas pelo layout posicional no desenvolvimento das tarefas são: Aumento do tratamento do material; Controle da produção mais difícil; Aumento do work-in-process; Produções em linha mais longas e Maior competência nas tarefas exigidas.

Figura 7 – Exemplo da configuração funcional.



Fonte: Cassel (2015, p. 21).

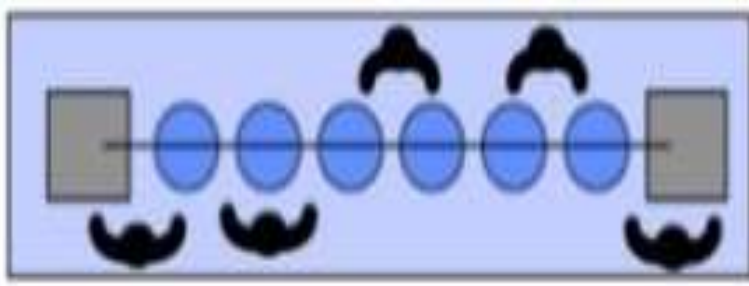
1.4.2 A configuração linear

Camarotto (1999) reporta que, a configuração de instalação industrial do tipo linear permite que a sequência de operações seja feita em linha, ou seja, insumos vão passando e os procedimentos vão sendo realizados. Ainda conforme o autor as vantagens deste tipo de layout são: o procedimento de manuseio não é tão

complexo, treinamentos e exigências profissionais são mais exigidos, porém o controle de fluxo operacional é muito reduzido.

Já as desvantagens quanto a este tipo de layout não são agradáveis, visto que um equipamento parado prejudica toda a operação, diminuição de rendimento, supervisionamento constante da linha operacional e a utilização de equipamentos com maior capacidade tecnológica (TOMPKINS, 1999).

Figura 8 – Exemplo da configuração linear.



Fonte: Cassel (2015, p.22).

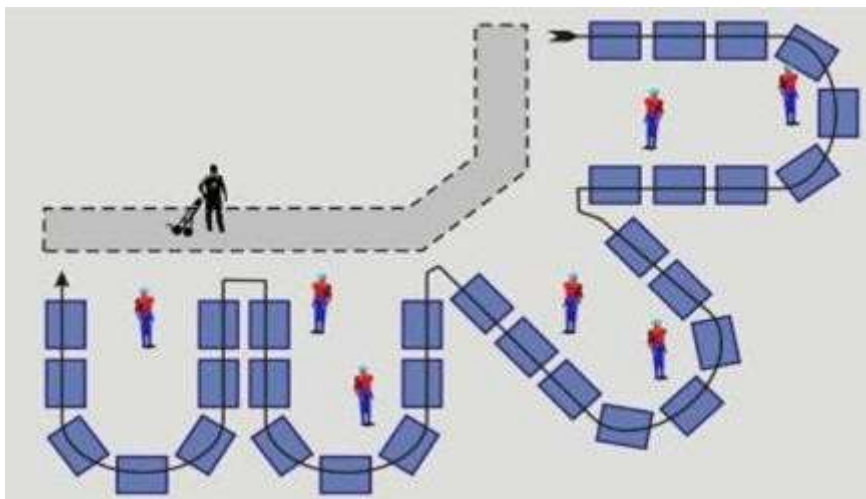
1.4.2 A configuração em grupo

O layout em grupo tem por finalidade estabelecer que todas as atividades operacionais e industriais sejam agrupadas visando o

controle do conjunto como um todo. Geralmente, esse processo, inscrito numa configuração de instalação em grupo faz com que as quantidades de produtos sejam produzidas de modo reduzido. (CAMAROTTO, 1999).

Algumas consequências relativamente vantajosas quanto à utilização deste tipo de layout, segundo Tompkins (1999) são: permissão do agrupamento de materiais de insumos, trabalhadores, máquinas e equipamentos num mesmo rol, menores distâncias entre pessoas e equipamentos utilizados no processo e faz com que melhore as atividades no ambiente corporativo. Quanto às desvantagens podem-se mencionar a constante presença de um supervisor, habilidades específicas são requisitadas pelos gestores e reduz a possibilidade de utilizar máquinas e equipamentos para outras finalidades.

Figura 9 – Exemplo da configuração em grupo.



Fonte: Cassel (2015, p. 25).

No entanto, todas as configurações apresentados possuem suas especificidades e devem ser escolhidos e utilizados de acordo com o rol industrial disponível. Percebe-se que, os fatores quanto mais forem seguidos maiores serão as vantagens em relação à utilização. As limitações também devem ser observadas para evitar avarias e situações indesejadas no processo (CASSEL, 2015).

1.5 CORROSÃO

O processo de corrosão consiste na deterioração dos

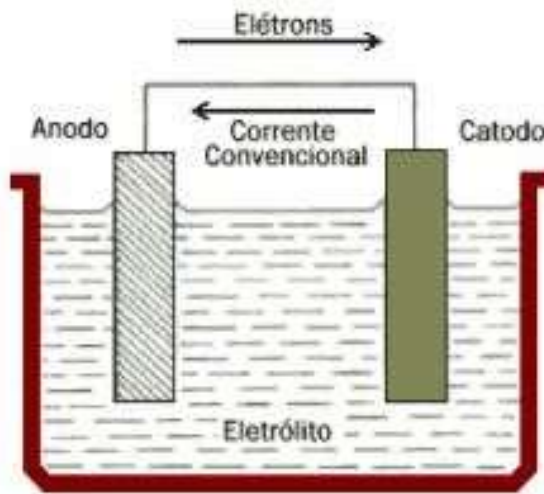
materiais pela ação química ou eletroquímica do meio, podendo estar ou não associado a esforços mecânicos (ABRACO, 2015). Ao se considerar o emprego de materiais na construção de equipamentos ou instalações é necessário que estes resistam à ação de diferentes meios corrosivos, além de apresentar propriedades mecânicas suficientemente boas e características de fabricação adequadas.

Esse processo se manifesta em diversos tipos de materiais, sejam metálicos como os aços e ligas de cobre, ou não metálicos, como plásticos, cerâmicas ou concreto. Mas, principalmente a corrosão é gerada nos materiais metálicos, o qual é chamado de corrosão metálica. Dependendo do tipo de ação do meio corrosivo sobre o material, os processos corrosivos podem ser classificados em dois grandes grupos, abrangendo todos os casos de deterioração por corrosão: Corrosão Eletroquímica e Corrosão Química (ABRACO, 2015).

A corrosão química é muito comum e manifesta-se diariamente em condições ambientais normais, porém são muito mais frequentes em ambientes industriais, onde se tem condições adversas que são denominados de corrosão ou oxidação em altas temperaturas. Como a corrosão química não necessita de água no estado líquido, ela também é denominada em meio não aquoso ou corrosão seca (BLOIS, 2015).

Segundo a ABRACO (2015) a Corrosão Eletroquímica (Figura 10), que precisa de um meio aquoso para acontecer, ocorre a formação de uma pilha de corrosão eletroquímica constituída de quatro elementos: área anódica: superfície onde verifica-se a corrosão; área catódica: superfície protegida onde não há corrosão; eletrólito: solução condutora ou condutor iônico que envolve simultaneamente as áreas anódicas e catódicas; e a ligação elétrica entre as áreas anódicas e catódicas.

Figura 10 – Corrosão eletrolítica.



Fonte: ABRACO (2015, p. 02).

O aparecimento das pilhas de corrosão é consequência de potenciais de eletrodos diferentes, em dois pontos da superfície metálica, com a devida diferença de potencial entre eles. As reações da corrosão eletroquímica envolvem sempre reações de oxirredução. Na área anódica onde se processa a corrosão ocorrem reações de oxidação, sendo a principal a de passagem do metal da forma reduzida para a forma oxidada (ABRACO, 2015).

Blois (2015) diz que, Na área catódica, que é uma área

protegida (não ocorre corrosão), ocorrem reações de redução de substâncias do meio corrosivo. Já a corrosão em si, acontece na região anódica da formação da pilha e que é responsável pela constante degradação de todos os materiais e produtos em ferro ou aço.

CAPÍTULO 02

CONFIGURAÇÃO PARA O TRATAMENTO DA SUPERFÍCIE DOS AÇOS

2 CONFIGURAÇÃO PARA O TRATAMENTO DA SUPERFÍCIE DOS AÇOS

Depois de ter conhecido, estudado e analisado as principais configurações de instalação, é necessário indicar uma que mais se adapte ao processo de tratamento da superfície dos aços no combate contra os agentes naturais deteriorantes. Obviamente que, antes da escolha, alguns critérios precisam ser levados em consideração para a melhor disposição de todo o material que se pretende disponibilizar para o processo.

2.1 FATORES QUE INFLUENCIAM NA CONFIGURAÇÃO DE INSTALAÇÃO

Muther (1955) explica que quanto se vai dimensionar planejar ou executar os procedimentos de um layout, seja ele para qual finalidade for, no ambiente industrial, alguns fatores devem ser levados em consideração para melhor a produtividade operacional, tais como: O projeto deve ser sempre revisto, assim como as operações utilizadas no processo; As máquinas, os

equipamentos, os materiais e as ferramentas que serão utilizadas para fabricação do produto; O apoio ao trabalhador através de supervisão direta e controle do fluxo; A movimentação e o manuseio do produto entre as repartições das instalações industriais; Cálculos dos tempos relativos a cada operação e o PDCA; Serviços de manutenção, reparo, inspeção, controle, extradição de materiais e capacidade técnica dos operários.

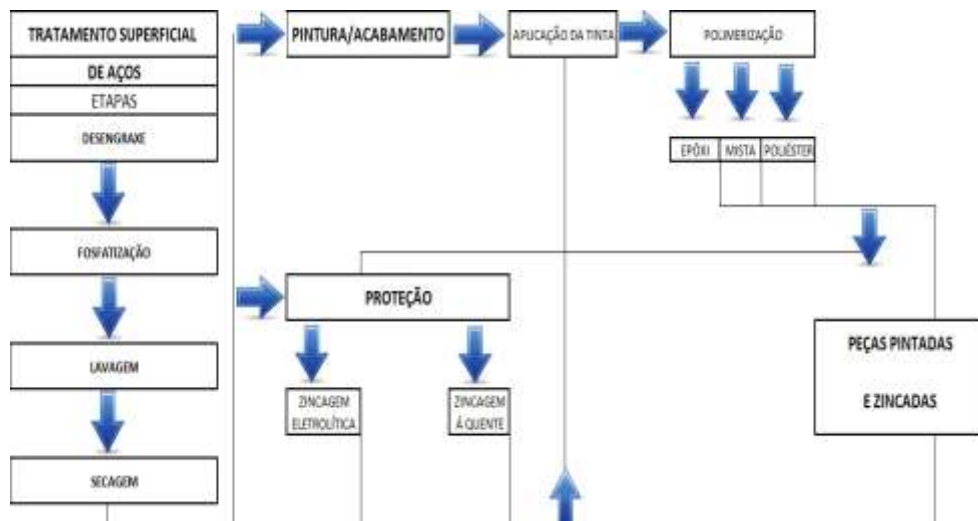
Também diz que para determinar uma configuração de instalação, com sua contribuição histórica para organização dos processos, existe uma série de parâmetros que podem influenciar negativamente na elaboração e na implantação de um layout industrial como: As etapas de projeto; os materiais que serão empregados; Quantidades de máquinas, equipamentos e ferramentas; Escolha dos operadores; Supervisão por pessoal qualificado; Estocagem; Manutenção; Inspeção; Programação e expedição; Características externas e internas (MUTHER, 1955).

Portanto, todos os layouts apresentados possuem suas especificidades e devem ser escolhidos e utilizados de acordo com o rol industrial disponível. Percebe-se que, os fatores quanto mais forem seguidos maiores serão as vantagens em relação à utilização. As limitações também devem ser observadas para evitar avarias e situações indesejadas no processo (BLOIS, 2015).

2.2 O PROCESSO GERAL DO TRATAMENTO

Antes de se começar propriamente dito o processo de tratamento da superfície dos aços para ajudar na redução ou eliminação de agentes degradantes do material, o aço passa por uma série de etapas indispensáveis para um bom desempenho e para adquirir as devidas características específicas. O croqui apresentado por Blois (2015), ilustrado pelo fluxograma (Figura 11) a seguir mostra um dos tipos de tratamento superficial dos aços, analisando de onde vem e para onde vai.

Figura 11 – Fluxograma do tratamento superficial dos aços.



Fonte: Blois (2015, p. 41).

Percebe-se, pelo fluxograma, que após ter passado pelas etapas iniciais o metal segue para a zincagem ou para o acabamento e pintura, mas nada impede de passar antes pela etapa de proteção e depois partir para a etapa de acabamento, como mostra o fluxo, irá depender apenas da destinação e do consumidor final. A etapa de zincagem divide-se em dois grupos, zincagem eletrolítica e zincagem a quente. Na etapa de acabamento e pintura pode-se dividir a polimerização com três tipos de resina, resina com epóxi,

resina com poliéster e resina mista e assim se tem as peças, ao final, zincadas e pintadas (BLOIS, 2015).

2.3 DETERMINAÇÃO DA CONFIGURAÇÃO PARA O PROCESSO

Blois (2015) relata que as etapas do processo de tratamento da superfície dos aços para combater, proteger e estabelecer parâmetros específicos encontra-se interligadas. Logo, no layout do processo todas as fases do tratamento se encontram interligadas também, podendo fluir de uma fase para outra sem qualquer intervenção.

A configuração que melhor atende esse é a do tipo funcional, onde o processo de fabricação é considerado agrupado, independente do produto processado. Neste processo as máquinas, os equipamentos e os operados tornam-se praticamente fixos e o material a ser processado ou fabricado é transportado para as demais etapas (BLOIS, 2015).

Figura 12 – Configuração do processo de tratamento superficial dos aços.



Fonte: Blois (2015, p. 53).

Neste tipo de layout, segundo Faldini (2016) as vantagens podem ser: melhor utilização das máquinas, maior flexibilidade, redução do tratamento dos materiais, varia as tarefas em cada posto de trabalho e supervisão especializada. Já as limitações podem ser: a dificuldade de controlar a produção, produções em linhas mais longas e requer maior competência nas tarefas exigidas. Entretanto, é uma excelente opção para realizar todo o procedimento de

tratamento da superfície dos aços no combate as deteriorações.

Produtos são todos os bens ou serviços utilizados ou realizados para satisfazer ou atender as necessidades humanas baseado num determinado segmento de atuação (FALDINI, 2016). No caso, o produto é o tratamento superficial de aços para uma série de atendimentos específicos em relação às indústrias. Já o processo é como será feito esse tratamento superficial dos aços em peças metálicas já existentes.

Sabe-se que, o aço, apenas nas suas condições normais fica muito vulnerável a ataques de agentes contaminantes, principalmente de fenômenos naturais como, ataques por íons cloreto e íons sulfato (predominantemente em regiões costeiras e portuárias, devido aos aerossóis formados pela névoa salina desses ambientes), ataques por dióxido de carbono (presente em toda atmosfera e principalmente em áreas industriais), radiação solar, variações de temperatura, variações na umidade relativa do ar,

dentre outros (GIONGO, 2007).

Por isso, é de extrema importância e relevância estudar e especificar uma configuração de instalação para esse processo. Diariamente instalações industriais (encanamento, tubulações, chapas, placas, estruturas metálicas, equipamentos e materiais), a construção civil em si (envolve ferros para armações de estruturas em concreto armado, esquadrias, grades, portões e portas) e fábricas sofrem com o desgaste por agentes deteriorantes e a corrosão desses metais. Pode parecer que não, mas são gastos muito dinheiro com controle e manutenção, principalmente da corrosão nessas configurações (GEMELLI, 2001).

Em conformidade com Gemellii (2001) estima-se que a corrosão destrua 25% da produção mundial de aço por ano, o que corresponde a muitas toneladas por segundos. O custo total da corrosão está avaliado em 4% do produto nacional bruto. Isso demonstra a importância do fenômeno da corrosão, devendo ser

uma das principais preocupações das autoridades políticas e científicas para minimizar seus efeitos, sem contar que também são responsáveis por perdas humanas, devido à queda de marquises, viadutos, pontes, edifícios e até mesmo por acidentes aéreos.

Ainda mais, a resistência à corrosão no aço é alcançada, por exemplo, com a adição de pequenos teores de cobre, elemento que, adicionado em teores muito baixo, da ordem de 0,25%, melhora essa propriedade aproximadamente duas vezes em relação ao aço sem cobre (CALLISTER, 2008).

Logo, conforme Charles (2015), obtendo-se uma configuração de instalação adequada e propícia ao uso de todos os mecanismos dispostos no processo de tratamento da superfície dos aços é bastante provável que se tenha um excelente processo que fará com o problema seja reduzido ao mínimo, tendo assim um material de qualidade e com uma ótima durabilidade.

Também, com a devida utilização de todos os maquinários,

equipamentos e materiais disponíveis para utilização na configuração de instalação desejada e com o correto procedimento de tratamento da superfície dos aços é possível alterar e melhorar o teor das propriedades físicas, químicas e biológicas do aço. Para isso é acrescentado pequenos teores de compostos que ajudarão a fortalecer e incrementar as resistências à fadiga, a corrosão, abrasão, resistência física e a resistência mecânica (CHARLES, 2015).

Diversos estudos comprovam que com o tratamento da superfície dos aços os indicadores de agressividade decaem cerca de 90% (CALLISTER, 2008). É um resultado extraordinário visto que, não se produz nem se fabrica nada sem materiais ferrosos. Por isso a importância de estudar uma configuração ideal, com as melhores disposições e o mínimo de limitações possíveis, pois o resultado é muito satisfatório e ajuda gradualmente no combate e proteção das deteriorações a que os aços estão expostos diariamente.

CAPÍTULO 03

O TRATAMENTO DA SUPERFÍCIE DOS AÇOS

3 O TRATAMENTO DA SUPERFÍCIE DOS AÇOS

O tratamento superficial do aço é utilizado para diversas finalidades. O processo consiste em um layout de distribuição das diferentes etapas, visando almejar a melhor forma de aplicá-lo. A configuração para aplicar o tratamento é de fundamental relevância, pois precisa seguir uma sequência de operações para a realização (COSTA, 2009).

O tratamento superficial do aço tem por objetivo aplicar camadas de compostos de elementos químicos para melhorar as propriedades do aço. Todos os tipos de aços podem ser tratados. Dentre algumas das especificidades, segundo Costa (2009) do tratamento superficial após aplicação se pode mencionar:

- Aumento da resistência à fadiga;
- Aumento da resistência à corrosão;
- Aumento da resistência à abrasão;
- Aumento da resistência física;

- Aumento da resistência mecânica.

É interessante ressaltar, em conformidade com Machado (2006), que quanto maior as características especificadas maior serão o dispêndio de recursos financeiros para aquisição. No entanto, consegue um produto muito mais resistivo as deteriorações o qual está presente no meio de inserção.

3.1 O PROCESSO INICIAL

O processo inicial do tratamento da superfície do aço no combate as possíveis deteriorações que ele irá enfrentar ao longo de sua utilização e vida útil consiste nas seguintes etapas iniciais: Processo de desengraxe das peças de aço; Processo de fosfatização; Lavagem final da peça; E por fim a secagem. A sequência de operação e aplicação precisa seguir a ordem especificada (COSTA, 2009).

3.1.1 O desengraxe

Antes de propriamente se definir qual a forma de desengraxe

será usado, Machado (2006) afirma que é importante conhecer o tipo de contaminante a ser removido da peça. Embora pouco eficiente esse método ainda seja muito utilizado para remover graxas, óleos solúveis, lubrificantes e óleos protetivos que restam depositados sobre as superfícies após operações de usinagem e manuseio, bem como a remoção de poeiras, cavacos e outros.

Portanto existe um desengraxante que é aquecido. Além de aquecido esse material é biodegradável e de caráter ácido. Esse desengraxante é colocado na forma de spray sobre a superfície das peças metálicas para produção para remover graxas ou óleos de que venham a prejudicar a aderência posterior da pintura (COSTA, 2009).

Existem muitos tipos de desengraxantes, no qual se podem destacar os thinners de limpeza, os diluentes e os solvenraz. Algumas empresas ainda utilizam solventes clorados, embora não inflamáveis, são tidos como tóxicos. Por isso, quando usados, deve-

se sempre ser instalado em locais muito bem ventilados (MACHADO, 2006).

Os métodos de aplicação de solventes consistem em: Fricção com panos limpos, imersão, spray, desengraxe por vapor (solventes clorados) (MACHADO, 2006).

Blois (2015) explana que existem algumas vantagens com a relação à aplicação do processo de desengraxe dos aços antes de começar o tratamento da superfície do aço contra as deteriorações. Os solventes removem os óleos e graxas com facilidade, é fácil de aplicar e o método não requer grandes espaços. Entretanto, precisa de pessoal qualificado e com conhecimento acerca do assunto para não deixar o material vulnerável a presença de contaminantes antes da próxima etapa.

Desvantagens: Os solventes, bem como os equipamentos ou utensílios empregados, ficam rapidamente impregnados com óleo e graxa. Logo, deixam de limpar e apenas espalham os

contaminantes. Método que requer muita mão de obra envolvendo perda de solvente por evaporação. Grande risco para a saúde e incêndio. Só remove óleo, graxa e poeiras e não tem efeito sobre ferrugem e carepa de laminação (BLOIS, 2015).

3.1.2 A fosfatização

A fosfatização trata-se da conversão do metal em um fosfato insolúvel do íon metálico. O fosfato insolúvel deposita-se sobre o metal modificando assim as suas propriedades superficiais. Desse modo, começa-se a se obter novas características que ajudarão no combate contra as deteriorações e principalmente contra a corrosão (SILVA, 2011).

O processo de fosfatização é a aplicação do composto químico de fosfato de ferro aquecido e pulverizado em alta pressão por toda a parte da superfície já desengraxada. Ao entrar em contato com a superfície reage e forma uma fina e uniforme camada de sal, com a finalidade de manter a perfeita ancoragem da camada

de tinta em pó que será aí aplicada posteriormente (COSTA, 2009).

A fosfatização é o procedimento que prepara a superfície do aço para reter as tintas e outros revestimentos, o que aumentarão a resistência contra a corrosão. Além da preparação também condiciona as superfícies para receber compostos lubrificantes nas operações de deformação a frio ou por partes móveis (SILVA, 2011).

3.1.3 Lavagem final

Precede à fosfatização e tem por finalidade selar os poros deixados na camada de fosfato (SILVA, 2011). Obviamente, a aplicação do fosfato faz com que se tenha a criação de alguns poros. Às soluções apassivantes, constituídas por ácido crômico ou ácido crômico/fosfórico, geralmente a 60 °C completam as falhas na camada de fosfato, melhorando a proteção anticorrosiva. Esta etapa final de passivação também é chamada de selagem com cromo ou lavagem final.

Segundo Silva (2011), além da passivação, a lavagem final do

equipamento precisa da aplicação de água com saturação sob controle e de caráter e tendência ácida, para tentar preservar o “Blistering (formação de bolhas na parte superficial da peça)”. A água é aspergida por toda a superfície tratada das peças, de modo a remover o fosfatizante remanescente impedindo uma descontinuidade da camada de fosfato aplicada.

3.1.4 Secagem

Logo após a passivação do processo de lavagem das peças de aços sujeitas ao tratamento superficial no combate contra as deteriorações, é realizada a operação de secagem das peças, que posteriormente seguem para a pintura. Geralmente as peças passam por fornos ou sopros de ar quente a temperaturas entre 100 e 150 °C, e toda a umidade da superfície que poderia formar bolhas e prejudicar a pintura são eliminadas. Ou, também existem as estufas chamadas de “Blow off (significa “purgar”)” que retira toda a umidade das peças tratadas durante os processos pela qual

foi submetida, criando assim condições ideais para ancoragem da camada de tinta em pó (COSTA, 2009).

3.2 O PROCESSO DE PROTEÇÃO

Machado (2006) informa que o processo de proteção em si é definido por duas etapas, a etapa de zincagem eletrolítica e a etapa de zincagem a quente. Essas duas etapas de proteção são de muita importância para o aço receber as devidas características que serão fundamentais para a proteção contra as deteriorações.

3.2.1 Zincagem eletrolítica

A zincagem eletrolítica ou também chamada de galvanização eletrolítica é um procedimento realizado pós as etapas iniciais. Nesse processo o aço passa por um banho químico de sais de zinco e eletrodo de zinco. Para que isso aconteça é preciso utilizar corrente elétrica como no princípio básico de eletroquímica, formando uma pilha (SILVA, 2011).

A corrente utilizada para a realização do processo de galvanização eletrolítica é do tipo alternada, porém no decorrer do processo é transformada em corrente contínua, com o auxílio de retificadores de corrente elétrica. Assim, com a transformação da corrente elétrica em corrente contínua consegue-se separar os polos positivos e negativos. Isso serve para que a parte do aço que receberá a proteção seja colocada no lado do anodo (polo negativo) e o metal que fará a transferência de propriedades seja colocado no lado do catodo (polo positivo) (COSTA, 2009).

O aço, então se dissocia através da corrente elétrica aplicada. Esses cátions ficam dispersos na solução eletrolítica e, através de reações de oxirredução, são convertidos e depositados na superfície do aço para torná-lo mais resistentes aos fatores de exposição. Quanto maior o valor de energia empregado maior será a camada depositada.

Figura 13 – Linha de galvanização eletrolítica.



Fonte: Costa (2009, p. 21).

Esse sistema de galvanização eletrolítica é totalmente automatizado, proporcionando uma série de benefícios no processo como agilidade, eficiência e padronização. O processo de zincagem eletrolítica consiste nas seguintes etapas:

Carregamento de tambor; Lavagem em água corrente; Camada passivadora, azul / amarela / preta; Ativação ácida em HNO_3 ; Desengraxante químico; Lavagem em água corrente novamente; Desengraxe químico; Lavagem em água corrente; Desengraxe eletrolítico; Lavagem em água corrente (02 vezes); Ativação ácida; Lavagem em água corrente (02 vezes); Processo de

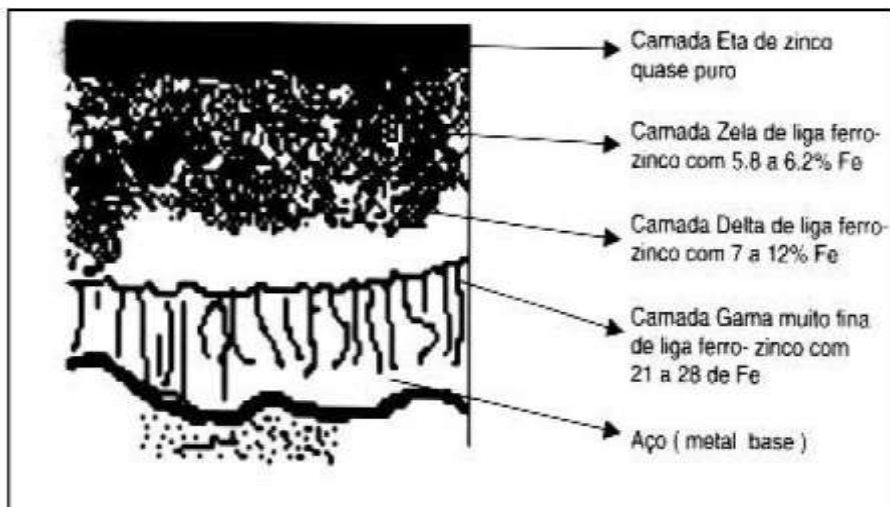
escoamento; e Eletrodeposição com zinco (COSTA, 2009).

3.2.2 Zincagem a quente

Sendo uns dos métodos mais utilizados para se obter revestimentos em aço a zincagem a quente tem por finalidade proteger o aço ou o ferro contra deterioração e proporcionar maior durabilidade e vida útil ao metal (SILVA, 2011).

De acordo com Silva (2011) coloca-se a peça de aço ou ferro dentro de um recipiente tratado quimicamente em um banho de zinco fundido a fim de se obter um revestimento galvanizado que impede ou protege, principalmente, o metal contra a corrosão. É evidente que, quando se coloca a peça dentro do recipiente contendo zinco e aços ocorrem reações químicas que resultam num revestimento composto por camadas intermediárias e intermetálicas de ferro-zinco resistentes a corrosão. A Figura 14 mostra as camadas formadoras do processo de zincagem a quente.

Figura 14 – Camadas formadas no processo de galvanização.



Fonte: Silva (2011, p. 26).

A figura acima, segundo Silva (2011), representa o aço ou metal base para esse processo contendo as principais camadas que se formam na galvanização a quente. Pode-se observar que, ao aplicar o procedimento de zincagem a quente se formam, basicamente, quatro camadas a mais de proteção contra deteriorações no aço, ficando ele muito mais protegido que o aço cru.

3.3 O PROCESSO FINAL

O processo final de preparação da superfície do aço para combater ou reduzir possíveis deteriorações no aço trata da preparação da superfície (pós-tratamento de proteção) para pintura, a polimerização e as tintas em resinas que serão utilizadas. Esse é um processo eletrostático que tem por finalidade aplicar uma tinta em pó automaticamente, com sistema de oscilador múltiplo bilateral. Esse processo de pintura a pó pode ser considerado como uma plastificação da peça tornando-a mais resistente a corrosão ambiente, sendo que, o filme pela tinta em pó gerado não é poroso como nas tintas normais e líquidas, devido à volatilização de solventes (PUC, 2012).

3.3.1 Preparação da superfície do aço

Um dos fatores mais importantes para que se tenha um bom desempenho da pintura é o preparo da superfície. As tintas aderem aos metais por ligações físicas, químicas ou mecânicas. As ligações

físicas e químicas ocorrem através de grupos de moléculas presentes nas resinas das tintas que interagem com grupos existentes nos metais. Já a ligação mecânica se dá sempre associada a uma das outras duas e implica diretamente na necessidade de certa rugosidade na superfície (PUC, 2012).

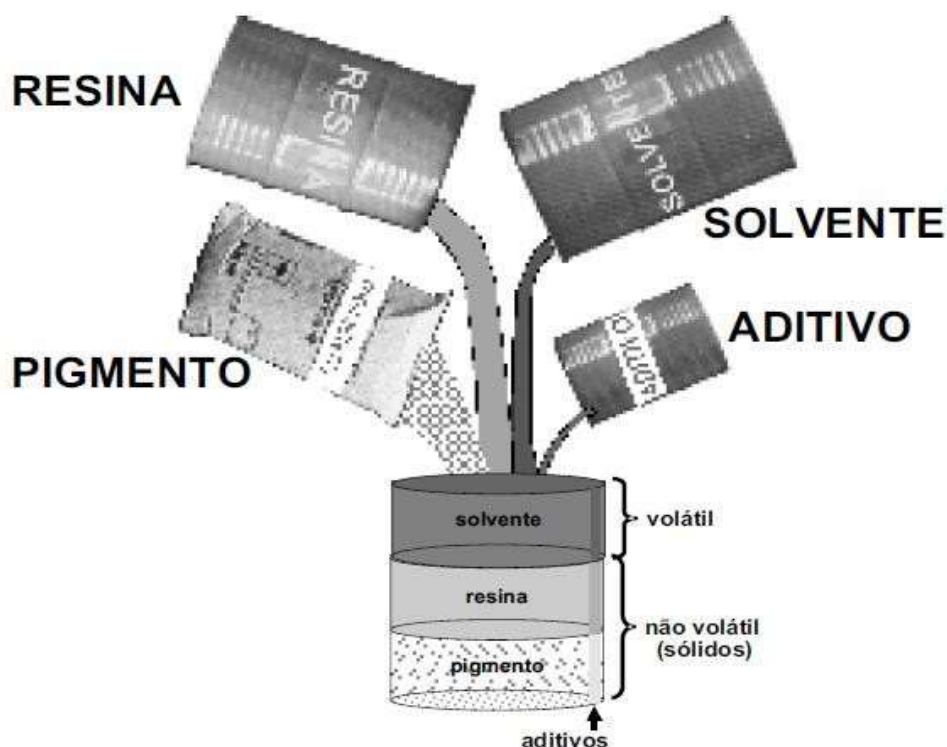
Preparar a superfície do aço significa executar operações que permitam obter limpeza e rugosidade. A limpeza elimina os materiais estranhos, como contaminantes, oxidações e tintas mal aderidas, que poderiam prejudicar a aderência da nova tinta. A rugosidade aumenta a superfície de contato e também ajuda a melhorar a aderência. O grau de preparação da superfície depende de restrições operacionais, do custo de preparação, do tempo e dos métodos disponíveis, do tipo de superfície e da seleção do esquema de tintas em função da agressividade do meio ambiente (COSTA, 2009).

Somente depois de preparar a superfície do aço, segundo

Gnecco (2003), podem-se aplicar as tintas ou vernizes. A preparação é de suma importância para um melhor contato entre o aço e o líquido aplicado. Além do mais, antes da aplicação das tintas e vernizes é necessário verificar se essas tintas e vernizes foram bem armazenados e são de boa qualidade, pois uma má qualidade dos produtos aplicáveis pode contribuir para a ruína do metal em uso.

Fatores como local de armazenamento, acesso ao local e temperatura de exposição das tintas podem gerar características indesejáveis nesses produtos (PUC, 2012). As tintas possuem quatro tipos de matéria prima, solvente, resina pigmentos e aditivos. A figura a seguir mostra a preparação das tintas e vernizes para aplicação no aço.

Figura 15 – Fabricação de tintas com as suas respectivas matérias primas.



Fonte: Gnecco (2003, p. 09).

3.3.2 Polimerização

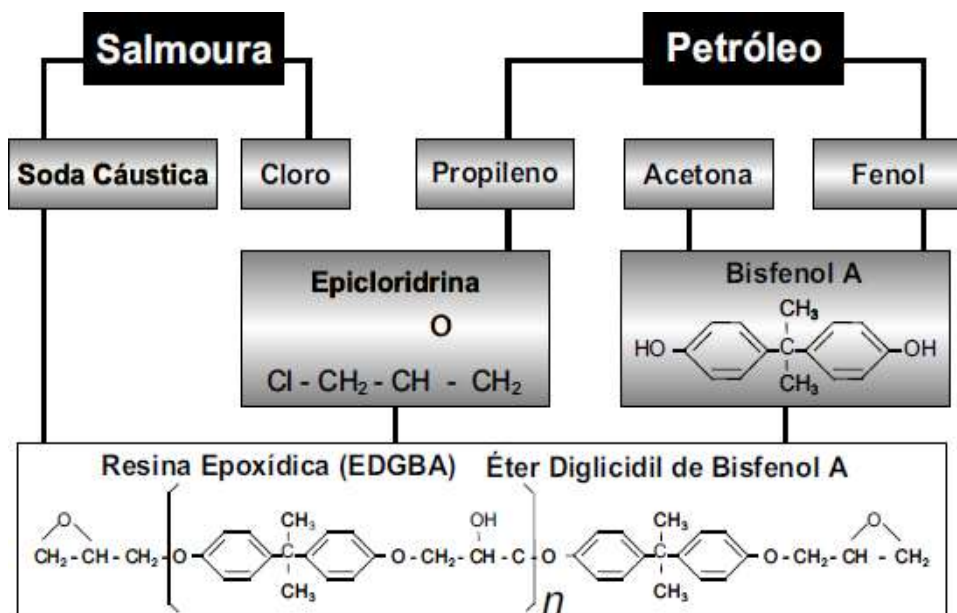
A polimerização pode-se conceituar como sendo o processo Irradiante utilizando principalmente a gama de ondas curtas dentro do espectro infravermelho, interagindo com a camada de tinta, que é permeável a estas frequências (GNECCO, 2003). A gama de ondas

ao atingir o metal base é, em grande parte, refletida de volta, através da tinta, majorando a interação e tornando o processo de fusão e cura do aço muito mais eficiente.

3.3.3 Tinta com resina epóxi

A resina epóxi é fabricada a partir de uma salmoura ou também a partir do petróleo, como mostra a figura 16.

Figura 16 – Obtenção da resina epóxi.



Fonte: Gnecco (2003, p. 74).

Esse tipo de resina adicionada as tintas e vernizes diretamente para aplicação em metais garante ao filme uma elevada resistência química e mecânica. Essa resina propicia boa resistência química a solventes, óleos e álcalis, boa resistência mecânica a impacto, boa flexibilidade e alta resistência à corrosão (PUC, 2012). Ainda mais, deve-se prestar a atenção no local de aplicação, pois este tipo de resina deve ser usado em ambientes internos, com pouca incidência de radiação ultravioleta de origem solar ou de qualquer outra fonte qualquer.

3.3.4 Tinta com resina poliéster

As tintas com resina do tipo poliéster garantem melhor resistência à calcinação e as intempéries, podendo ser utilizadas em ambientes externos (Gnecco, 2003).

As tintas a base de poliéster, segundo Gnecco (2003), possuem uma série de características importantes e adequadas a sua aplicação, como por exemplo, resistência a intempéries,

estabilidade de cores, bom acabamento, resistência química a solventes, óleos e álcalis como nas tintas a base de resina epóxi, resistência mecânica ao impacto, flexibilidade e resistência à corrosão.

3.4 OS AÇOS MAIS UTILIZADOS E QUE DEVEM SER TRATADOS

3.4.1 Aço carbono estrutural

O aço carbono estrutural é um tipo de aço que visa garantir num determinado ensaio de tração, um mínimo de resistência ao escoamento, à ruptura e ainda permitir uma boa porcentagem de alongamento (GEMELLI, 2001). Quando o aço é solicitado até o seu limite de escoamento, diz-se que está trabalhando dentro do seu regime elástico, ou seja, qualquer deformação num perfil não é permanente e ele retorna a posição inicial quando a força que gerou a deformação for retirada. Além destas características os aços estruturais devem possuir boa soldabilidade e tenacidade para serem usados (GEMELLI, 2001). Os aços carbono estruturais mais

usados são do tipo:

- ASTM A-570 G45;
- COS CIVIL 300;
- USI-CIVIL 300.

3.4.2 Aços zincados

Esses tipos de aços, zincados e estruturalmente zincados, já vem da siderúrgica com suas faces zincadas com zinco e cristais minimizados. Por ser um tipo de aço bastante caro, relativamente, e sua utilização é um pouco restrita. Além deste malefício não é indicado para formar peças que irão receber solda elétrica, pois esta operação compromete o revestimento (GIONGO, 2007).

3.4.3 Aços Patinados

Os aços patinados são aços estruturais especiais que apenas possuem um pouco mais de cobre na sua fabricação, ou seja, na sua composição. Os aços patinados além de terem maior porcentagem de cobre são extremamente resistentes à corrosão atmosférica

(GIONGO, 2007). Os aços patinados diferem-se em:

- USI-SAC 300;
- COSAR COR 400 E;
- COR 420.

3.4.4 Aços inoxidáveis

Os aços inoxidáveis são materiais de boa qualidade e que possuem características específicas excelentes com o desejado. Os aços inoxidáveis são metais fabricados para terem durabilidade e resistência à corrosão. Os aços inoxidáveis devido ao ótimo material que são possuem somente um contra, o alto custo da matéria-prima. Do ponto de vista técnico e para construções e instalações é mais viável dispor do aço carbono tratado do que a aquisição de um aço inoxidável (GNECCO, 2003).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como era de se esperar, o trabalho foi longo e bastante descritivo. Porém, sabe-se que, para produzir e tratar superficialmente peças metálicas e aços é necessário muito mais. Atualmente, existe um diversificado número de pesquisas e dissertações que priorizam apenas algumas características de processos ou tratamentos. Devido a essa gama alta, e a diversas pesquisas, o trabalho foi extenso, porém simples e complexo para melhorar o entendimento inicial do processo.

Com o trabalho pode-se perceber que o processo de tratamento da superfície do aço no combate contra as deteriorações é uma atividade complexa, que exige conhecimento e muito esforço. Entretanto, esse processo é de suma importância para melhorar as características e especificações do material.

O processo garante ao aço maior durabilidade, vida útil e resistência elevada contra as possíveis deteriorações a que está

sujeito no dia-a-dia, e principalmente contra a formação de produtos de corrosão. Como se sabe, a corrosão é responsável por inúmeros desastres, quanto se utiliza materiais ferrosos e aços, então a importância desse tratamento superficial é fundamental para certas aplicações.

Para conseguir fazer com que os aços sejam tratados superficialmente e se enquadrem em categorias específicas de utilização é necessário escolher a configuração de instalação para o processo que mais se adapta. Por isso, também a importância de se escolher ou montar um layout estratégico para dimensionar, projetar e tratar esses materiais.

Por fim, pode-se concluir que, o processo de tratamento superficial dos aços é de grande utilidade para toda humanidade (fabricantes, consumidores e pesquisadores). Como foi retratado no trabalho, o aço está presente em nossas vidas há muito tempo e é indispensável. Logo, conhecer esses processos, o que cada um faz e

a base teórica para produção e tratamento é de suma importância para estudantes e Engenheiros que visam elaborar projetos em engenharia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRACO. Corrosão: uma abordagem geral. Conteúdo da Associação Brasileira de Corrosão. ABRACO. 2015.

BAGGIO, T. F. Filmes híbridos obtidos a partir de precursores alcoóxidos para proteção contra corrosão em aço estrutural. Dissertação de Mestrado em Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Porto Alegre/RS, 2011.

BLOIS, L. G. Projeto de engenharia. Projeto de Engenharia Mecânica, Faculdade Anhanguera do Rio Grande. Rio Grande do Sul, Rio Grande, 2015.

CALLISTER, W. Jr. Fundamentos da Ciência e Engenharia de Materiais, Uma abordagem integrada, 2 edição, 2008.

CAMAROTTO, João Alberto. Projeto de instalações industriais. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos. Apostila de curso de Especialização em Gestão da Produção. 1999.

CASSEL, R. Estudo do Layout. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Departamento de Engenharia de Produção. Porto Alegre, RS, 2015.

CHARLES, Jacques. Aços Inoxidáveis Duplex e Aplicações em Óleo e Gás: uma Revisão Incluindo a Nova Oferta da Arcelormittal. Tese de Doutorado em Engenharia. Universidade de São Paulo, São Paulo. 2015.

COSTA, M. Revestimentos de Conversão – Fosfatização, Cromatização e Anodização. Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. 2009.

FALDINI, S. Universidade Presbiteriana Mackenzie - Galvanização a Quente – Departamento de Engenharia de Materiais. 2016.

GEMELLI, E. – Atuação da Corrosão em Estruturas de Concreto Armado. Escola de Engenharia – Universidade UDESC. Joinville, 2001.

GIONGO, J.S. Estruturas, Introdução e Propriedades dos Materiais: Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Estrutural. São Paulo, 2007.

GNECCO, C. Tratamento de Superfície e Pintura. Instituto Brasileiro de Siderurgia – Centro Brasileiro da Construção em Aço - Rio de Janeiro 2003.

MACHADO, A.R., DA SILVA, M.B., Usinagem dos Metais. Apostila, 8º versão, EDUFU, Uberlândia, 2006.

MAXWELL. A história do aço. Apostila. Universidade do Rio de Janeiro – Departamento de Engenharia de materiais e metalurgia. 2014.

MUTHER, R. Planejamento do Layout: Sistema SLP. São Paulo: Edgard Blücher, 1978.

MUTHER, R. Practical plant layout. Nova Iorque: McGraw-hill, 1955. ISBN 978-0- 07-044156-9. 1955.

PUC – Princípios Composição do Aço e Seus Tratamentos. Universidade do Rio de Janeiro – Departamento de Engenharia de materiais e metalurgia. Apostila do curso de Engenharia de Materiais. 2012.

SCHEID A. Curso básico de aços – Aços – Fabricação, Transformação e Usos. Apostila. Curitiba, 2010.

SILVA, J. Siderurgia. Apostila. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Campus Belém. E-tec Brasil, Belém, 2011.

TOMPKINS, J. A.; White, J. A.; Bozer, Y. A.; Frazelle, E. H.; Tanchoco, J. M. A.; Trevino, J. Facilities planning. 2ª ed., John Wiley. New York, 1999.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Abordagem, 9

Abrasão, 68

Acessível, 10

Ácido, 73

Aços, 12

Agentes, 11

Agressividade, 66

Agressivos, 11

Analises, 37

Armazenamento, 42

Aspergida, 74

C

Calcinação, 85

Cerâmicas, 52

Competência, 47

Concreto, 52

Condutora, 53

Confiabilidade, 21

Configurações, 44

Conformidade, 69

Controle, 58

Corrosão, 9, 52

Corrosivo, 55

Criação, 20

Crômico, 73

D

Desempenho, 9

Desengraxada, 72

Desvantagens, 49

Deteriorações, 12

Diminuição, 49

Dinâmica, 45

Durabilidade, 9

E

Elementos, 53

Eliminação, 59

Emprego, 52

Entendimento, 10

Equipamentos, 50

Especificidades, 68

Estabilidade, 41

Estratégias, 9

Estrutura, 10

Estruturais, 21

Estudantes, 10

Extradição, 58

F

Fabricação, 30

Fadigas, 21

Fenômenos, 20, 63

Ferro, 55

Ferrosos, 20

Finalidade, 22

Finalidades, 50

Flambagens, 21

Formação, 21

Fosfatização, 72

Fosfato, 73

Fraturas, 21

G

Galvanização, 79

H

Habilidades, 50

Hidráulicos, 38

Humanos, 43

I

Imprescindível, 19

Indispensável, 40

Indústria, 9

Inevitável, 44

Influenciadoras, 44

Inspeção, 58

Instalação, 43, 64

L

Linear, 44

Linguagem, 10

Locação, 43

M

Manutenção, 58

Materiais, 20

Mecânica, 30

Metálico, 31

Metálicos, 10

O

Operários, 58

Organização, 58

P

Parâmetros, 9

Passivação, 74

Pintura, 74

Planejamento, 43

Plásticos, 28, 52

Polimerização, 60

Portuárias, 63

Processo, 30

Produção, 30

Propagação, 20

Proteção, 73

Q

Qualidade, 20

R

Radiação, 85

Relevância, 21

Rendimento, 44

Reparo, 58

Resistência, 9, 68

S

Segmentos, 19

Siderúrgico, 28

Solução, 53

Sulfatos, 20

Superficial, 59

Superfície, 9, 10

T

Técnicas, 38

Tecnologias, 9

Tecnológica, 49

Teóricos, 9

Território, 32

Trabalhadores, 45

Tratamento, 12

V

Vantajoso, 43

Volumosos, 46

Z

TRATAMENTO SUPERFICIAL DO AÇO NO COMBATE A DETERIORAÇÕES

Revista REASE chancelada pela Editora Arché.

São Paulo- SP.

Telefone: +55(11) 5107- 0941

<https://periodicorease.pro.br>

contato@periodicorease.pro.br

TRATAMENTO SUPERFICIAL DO AÇO NO COMBATE A DETERIORAÇÕES

CD



9786560541689