

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE MATERIAIS E METALÚRGICA 2



HENRIQUE AJUZ HOLZMANN
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2021

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE MATERIAIS E METALÚRGICA 2



HENRIQUE AJUZ HOLZMANN
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2021

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Diagramação: Maria Alice Pinheiro
Correção: Flávia Roberta Barão
Indexação: Gabriel Motomu Teshima
Revisão: Os autores
Organizador: Henrique Ajuz Holzmann

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C691 Coleção desafios das engenharias: engenharia de materiais e metalúrgica 2 / Organizador Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-551-5

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.515210610>

1. Engenharia de Materiais. 2. Metalúrgica. I. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). II. Título. CDD 669

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora 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. 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 *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. 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

A engenharia de materiais, se tornou um dos grandes pilares da revolução técnica industrial, principalmente quando se diz a indústria 4.0, devido a necessidade de desenvolvimento de novos materiais, que apresentem melhores características e propriedades físico-químicas. Para obtenção desses novos materiais, muitos processos precisaram de alterações e de novos métodos, exigindo um desprendimento de força elevado nesta área. Grandes empresas e centros de pesquisa investem maciçamente em setores de P&D a fim de tornarem seus produtos e suas tecnologias mais competitivas.

Destaca-se que a área de material compreende três grandes grupos, a dos metais, das cerâmicas e dos polímeros, sendo que cada um deles tem sua importância na geração de tecnologia e no desenvolvimento dos produtos. Aliar os conhecimentos pré-existentes com novas tecnologias é um dos grandes desafios da nova engenharia.

Neste livro são explorados trabalhos teóricos e práticos, relacionados as áreas de materiais, dando um panorama dos assuntos em pesquisa atualmente. Apresenta capítulos relacionados ao desenvolvimento de novos materiais, com aplicações nos mais diversos ramos da ciência, bem como assuntos relacionados a melhoria em processos e produtos já existentes, buscando uma melhoria e a redução dos custos.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais.

Boa leitura a todos.


Henrique Ajuz Holzmann

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

STRESS-CRACKING: UM ESTUDO BIBLIOMÉTRICO DOS ÚLTIMOS 21 ANOS DE PUBLICAÇÕES CIENTÍFICAS


Vinícius Pereira Bacurau
Ana Larissa Soares Cruz
Nicolas Moreira de Carvalho Gomes
Ermeson David dos Santos Silva
Thalia Delmondes de Souza
Leonardo Alves Pinto
Edvânia Trajano Teófilo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5152106101>

CAPÍTULO 2..... 18

ESTUDO DA INFLUENCIA DA ADIÇÃO DO WC NANOESTRUTURADO NAS PROPRIEDADES DO AÇO MA957


Kívia Fabiana Galvão de Araújo
Maria José Santos Lima
Fernando Erick Santos da Silva
Cléber da Silva Lourenço
Uilame Umbelino Gomes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5152106102>

CAPÍTULO 3..... 30

CARACTERIZAÇÃO DA TRANSFORMAÇÃO MARTENSÍTICA EM AÇOS INOXIDÁVEIS AUSTENÍTICOS E DEFORMADOS POR DIFERENTES PROCESSOS DA ÁREA NUCLEAR


Jamil Martins Guimarães Júnior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5152106103>

CAPÍTULO 4..... 38

TRÊS MÉTODOS PARA MELHORAR AS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE LIGAS DE ALUMÍNIO


Juan José Arenas Romero
Jesús García Lira
Martín Castillo Sánchez





 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5152106104>

CAPÍTULO 5..... 45

IMPACT OF ZINC CONCENTRATION AND pH IN THE ELECTROPLATING PROCESS IN AN ACID SULFATE-BASED SOLUTION

Gabriel Abelha Carrijo Gonçalves
Pedro Manoel Silveira Campos
Tácia Costa Veloso
Vera Rosa Capelossi


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5152106105>

CAPÍTULO 6	56
INSPEÇÃO ATRAVÉS DO ENSAIO VISUAL Marta Alves Marques  https://doi.org/10.22533/at.ed.5152106106	
CAPÍTULO 7	78
RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS NO BRASIL: UMA ABORDAGEM SOBRE ARTIGOS CIENTÍFICOS E POLÍTICAS NACIONAIS NO ÚLTIMO QUINQUÊNIO Mariana Cordeiro Magalhães Fernanda Nadier Cavalcanti Reis Peolla Paula Stein Tatiane Benvenuti Tácia Costa Veloso  https://doi.org/10.22533/at.ed.5152106107	
CAPÍTULO 8	84
PRODUÇÃO DE JANELAS INTELIGENTES BASEADAS EM POLÍMEROS NATURAIS Márcio Roberto da Silva Oliveira  https://doi.org/10.22533/at.ed.5152106108	
CAPÍTULO 9	94
BENEFÍCIOS NA UTILIZAÇÃO DE TUBOS DE PAPELÃO ESTRUTURAL COMO SISTEMA CONSTRUTIVO Gabriela Santos Pereira Lopes de Barros  https://doi.org/10.22533/at.ed.5152106109	
CAPÍTULO 10	106
ADIÇÃO DE BORRACHA DE PNEUS ORIUNDA DE CAPEAMENTO NO CONCRETO ESTRUTURAL – UMA AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS Myrelle Pinheiro e Silva Maria Letícia Ferreira da Silva Daniele Gomes Carvalho  https://doi.org/10.22533/at.ed.51521061010	
CAPÍTULO 11	132
AVALIAÇÃO DA BORRACHA NATURAL EPOXIDADA COMO UM POSSÍVEL MATERIAL AUTORREPARÁVEL Duane da Silva Moraes Helena Mesquita Biz Tatiana Louise Avila de Campos Rocha Cristiane Krause Santin  https://doi.org/10.22533/at.ed.51521061011	

CAPÍTULO 12..... 149

LAJOTAS DE PISO TÁTIL PREPARADAS COM ADIÇÃO DE *FLAKES* DE POLIESTIRENO RECICLADO COMO AGREGADO MIÚDO EM ARGAMASSA


Debora Scopel
Mateus Vosgnach
Vinicio Ceconello
Ana Maria Coulon Grisa
Edson L. Francischetti
Mara Zeni Andrade

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.51521061012>

CAPÍTULO 13..... 159

ADSORCION DE XANTATO ISOPROPILICO DE SODIO EN LA GALENA


Claudia Veronica Reyes Guzman
Leonor Muñoz Ramírez
Sergio García Villarreal
Gloria Guadalupe Treviño Vera
Aglae Davalos Sánchez
Gema Trinidad Ramos Escobedo
Manuel García Yregoi
Evelyn Rodríguez Reyna
Samuel Chacón de la Rosa
Luis Rey García Canales

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.51521061013>

CAPÍTULO 14..... 170

ADSORCION DE CIANURO EN CARBON ACTIVADO DE CASCARA DE TAMARINDO

Claudia Veronica Reyes Guzmán
Leonor Muñoz Ramírez
Sergio García Villarreal
Gloria Guadalupe Treviño Vera
Aglae Davalos Sánchez
Gema Trinidad Ramos Escobedo
María Gloria Rosales Sosa
Evelyn Rodríguez Reyna
Samuel Chacón de la Rosa
Luis Enrique Barajas Castillo


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.51521061014>

CAPÍTULO 15..... 180

DESENVOLVIMENTO DE MEMBRANAS DE QUITOSANA/GELATINA/FÁRMACO PARA REGENERAÇÃO DA SUPERFÍCIE OCULAR

Amanda Eliza Goulart Gadelha
Wladýmjr Jéfferson Bacalhau Sousa
Albaniza Alves Tavares
Rossembérg Cardoso Barbosa
Maria Dennise Medeiros Macêdo

Thiago Cajú Pedrosa
Ana Caroline Santana de Azevedo
Fernando Melo Gadelha
Kleilton Oliveira Santos
Marcus Vinícius Lia Fook

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.51521061015>

CAPÍTULO 16..... 194

META-ARAMIDAS: DE UMA PERSPECTIVA DE PROTEÇÃO PESSOAL A UMA PERSPECTIVA AMBIENTAL


Natália de Oliveira Fonseca
Íris Oliveira da Silva
Francisco Claudivan da Silva
Késia Karina de Oliveira Souto Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.51521061016>

CAPÍTULO 17..... 205

USINAS TERMELÉTRICAS E A SIDERURGIA

Késsia de Almeida Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.51521061017>

SOBRE O ORGANIZADOR..... 209

ÍNDICE REMISSIVO..... 210

CAPÍTULO 4

TRÊS MÉTODOS PARA MELHORAR AS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE LIGAS DE ALUMÍNIO

Data de aceite: 01/10/2021

Juan José Arenas Romero

Instituto Politécnico Nacional
Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y
Eléctrica U
Azcapotzalco, Academia de Ciencia de
Materiales
MÉXICO

Jesús García Lira

Instituto Politécnico Nacional
Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y
Eléctrica U
Azcapotzalco, Academia de Ciencia de
Materiales,
MÉXICO

Martín Castillo Sánchez

Instituto Politécnico Nacional
Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y
Eléctrica, U. Zacatenco
Academia de Mecánica,
MÉXICO

RESUMO: No presente trabalho, três métodos utilizados para modificar as propriedades mecânicas de algumas ligas de alumínio são analisados: tratamentos térmicos, deformação a frio e refinamento de grãos. A utilização desses métodos depende de vários fatores como: o processo de fabricação, a disponibilidade do material e a facilidade de aplicação do tratamento selecionado. Uma análise das propriedades que cada tratamento confere a certas ligas de alumínio

permite escolher o tratamento mais adequado para uma dada liga, de forma a ver as vantagens desse tratamento em termos de propriedades mecânicas. As técnicas necessárias para cada tratamento são analisadas.

PALAVRAS - CHAVE: Liga, Alumínio, Propriedades Mecânicas, Tratamentos Térmicos, Deformação a Frio.

THREE METHODS TO IMPROVE MECHANICAL PROPERTIES OF ALUMINUM ALLOYS

ABSTRACT: In the present work, three methods used to modify the mechanical properties of some aluminum alloys are analyzed: heat treatments, cold deformation and grain refinement. The use of these methods depends on various factors such as: the manufacturing process, the availability of the material and the ease of applying the selected treatment. An analysis of the properties that each treatment confers on certain aluminum alloys makes it possible to choose the most suitable treatment for a given alloy, in such a way that the advantages of said treatment in terms of mechanical properties can be seen. The techniques required for each treatment are analyzed.

KEYWORDS: Alloy, Aluminum, Mechanical Properties, Heat Treatments, Cold Deformation.

1 | INTRODUÇÃO

Dependendo dos tipos de tratamento usados para endurecer o alumínio, eles podem ser classificados em dois grupos:

a) Ligas não endurecíveis, com endurecimento por refino, e b) Ligas endurecíveis, com endurecimento estrutural. (Aluminum Association, 1988)

a) Ligas não endurecíveis com endurecimento por refino, são aquelas em que suas características mecânicas dependem das diferentes formas de laminação ou trefilação e recozimento intermediário ou final. Eles correspondem às famílias, 1000 (Alumínio Puro), 3000 (Alumínio - Manganês) e 5000 (Alumínio - Magnésio).

A acrimônia é o endurecimento obtido pela deformação plástica a frio, que produz um aumento nas características mecânicas e na dureza do material. Ocorre simultaneamente uma diminuição da sua capacidade de deformação e uma perda de maleabilidade. O endurecimento por trabalho é um fenômeno que ocorre em qualquer um dos métodos de deformação utilizados, tais como laminação, estiramento, dobra, martelamento, estiramento, entalhe ou semelhantes.

Durante a fase de recristalização, no momento do recozimento, o tamanho do grão tende a aumentar. Aumentar o tamanho do grão, acima de um valor de 100 microns, reduz a deformabilidade das ligas de alumínio.

Para as ligas da família 5000 (Alumínio - Magnésio), 5005, 5050, 5251, 5052, 5754, 5454, 5086, 5083 e 5056, os recozimentos costumam ser feitos na faixa entre 345° C e 380° C, com duração de 30 minutos a 120 minutos.

b) Ligas temperáveis com endurecimento estrutural, são aquelas cujas características mecânicas dependem de tratamentos térmicos, como a solubilização ou solução, têmpera e maturação natural ou artificial. As famílias 2000 (Alumínio-Cobre), 6000 (Alumínio - Magnésio - Silício) e 7000 (Alumínio-Zinco) pertencem a este grupo.

Essas ligas, com endurecimento estrutural, são obtidas de acordo com a sequência dos seguintes tratamentos térmicos:

- Colocando em solução.
- Têmpera.
- Maturação (natural ou artificial).

Em certos casos, podem ser completados com alongamento a frio em determinada fase do tratamento.

2 | INFLUÊNCIA DO MÉTODO DE FABRICAÇÃO E DA COMPOSIÇÃO DA LIGA, NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS

O alumínio cristaliza na rede FCC e não sofre alterações alotrópicas, o que lhe confere alta plasticidade, embora as propriedades mecânicas variem amplamente dependendo dos elementos de liga e dos tratamentos termomecânicos a que foi submetido.

2.1 Propriedades Mecânicas

As propriedades mecânicas ou propriedades de resistência mecânica servem, na

maioria dos casos, como base para a aplicação de um material metálico, tendo em vista uma finalidade de aplicação específica.

- A dureza depende da composição da liga e do processo de fabricação.

- A resistência à tração aumenta com o aumento da porcentagem de elementos de liga. Os aumentos da resistência à tração também são obtidos por deformação a frio ou endurecimento por tratamento térmico. Diferentes elementos de liga agem de maneira muito diferente em termos de aumento de resistência.

Este aumento da resistência é perceptível de forma muito marcada pela deformação a frio. (Baker, TN)

- Resistência à compressão, flexão, corte e torção

- a) A resistência à compressão ou o limite de esmagamento é importante principalmente em peças sujeitas a compressão, como rolamentos de fricção.

- b) A resistência à flexão é levada em consideração para as ligas de ferro fundido, nos casos em que, ao realizar o ensaio de tração, não é possível determinar o limite elástico com precisão suficiente devido ao seu baixo valor.

- c) A resistência ao cisalhamento é importante para calcular a força necessária para o corte em certas aplicações. Não há valores padrão, geralmente está entre 55% e 80% da resistência à tração.

- d) A resistência à torção quase nunca é determinada. Se uma distribuição linear de tensões for considerada, ela pode ter um valor igual à resistência ao cisalhamento.

- Propriedades a temperaturas elevadas: à medida que a temperatura aumenta, a resistência à tração, o limite elástico e a dureza diminuem, enquanto o alongamento e a estenose à ruptura aumentam. O fator tempo desempenha um papel essencial na determinação dos valores de resistência para altas temperaturas.

Em temperaturas elevadas, podem ocorrer modificações permanentes na estrutura de materiais que foram submetidos a endurecimento por trabalho a frio. Isso ocasiona uma diminuição da resistência mecânica. (Sheppard T., 1988)

- Processos de fluência, em que o material pode sofrer deformações lentas em altas temperaturas, sob a ação de cargas em repouso, aumentando a velocidade de mudança de forma e tensão.

- Características de resistência a baixas temperaturas, o comportamento dos metais depende fundamentalmente da estrutura de sua rede cristalina. O alumínio, com sua rede FCC, tem a mesma estrutura dos aços cobre, níquel e austeníticos, por isso, em baixas temperaturas, as complicações (rápida diminuição da resiliência, entre outras) que ocorrem nos metais BCC, principalmente nos aços ferríticos.

- Resistência à fadiga, depende da composição, estado e processo de obtenção do material. A resistência à fadiga é aumentada através da formação de soluções cristalinas, deformação a frio e endurecimento.

Para a resistência à fadiga, deve-se levar em consideração o tipo de carga (tração,

compressão, flexão alternativa ou rotacional) e, principalmente, a relação de tensões. A resistência à fadiga também é influenciada pelas tensões máximas de tração ou efeitos de entalhe, a soldagem, as condições da superfície, o ambiente e a temperatura. (Polmear I.J., 1981)

- Mecânica da fratura, as trincas são devidas principalmente a contingências acidentais que intervêm quando a primeira trinca se origina e continuam nas fases iniciais de sua expansão.

Nos elementos de construção pressupõe-se que existam sempre fissuras de determinada dimensão e que sejam dimensionadas de forma a não ultrapassarem uma magnitude crítica, dentro de um período de vida previsto e, sobretudo, que não aumentem em uma forma instável. Além disso, a tensão de escoamento deve ser considerada como o método mais apropriado para determinar rachaduras por corrosão em materiais sob tensão.

Entre os valores usuais de resistência obtidos no ensaio de tração e a tenacidade à trinca, em geral não há dependência. Do ponto de vista qualitativo, a tenacidade à trinca diminui com o aumento da resistência à tração. O objetivo da análise dos materiais é desenvolvê-los para que tenham mais resistência e, ao mesmo tempo, maior tenacidade à quebra.

Para se obter uma melhor estrutura, são utilizados refinadores de grãos no alumínio fundido, pois isso reduz a formação de trincas ou fissuras, obtendo um material internamente saudável e com melhor tenacidade. (Smith, William F. 1999).

- Resistência ao desgaste ou abrasão dos materiais de alumínio, é particularmente baixa no atrito seco. Não existe relação entre dureza e resistência mecânica, por um lado, e abrasão, por outro.

As peças de alumínio, sujeitas ao atrito, apresentam um comportamento aceitável, evidenciado pelas inúmeras aplicações que possuem em rolamentos e pistões de atrito. Também deve ser mencionado que o desgaste pode ser drasticamente reduzido por um tratamento de superfície adequado.

31 INFLUÊNCIA DOS TRATAMENTOS TÉRMICOS E MECÂNICOS NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS

- Por recozimento, em altas temperaturas, a acrimônia em metais deformados a frio é eliminada. O aumento da resistência, obtido com a deformação a frio, pode ser reduzido em maior ou menor grau. A eliminação total da acrimônia, até atingir o estado inicial, ocorre quando o recozimento é realizado em temperaturas acima do limite de recristalização. (Brooks C.R., 1982).

- Recozimento de amolecimento, utilizado para transformar materiais em um estado de baixíssima resistência e alto alongamento. É feito para facilitar o trabalho de modelagem ou para torná-lo possível. Nos materiais endurecidos a frio, o recozimento de amolecimento

consiste no recozimento de recristalização, levando em consideração o tamanho do grão, a duração do tratamento, o grau do grau de deformação a frio e os recozimentos intermediários.

- Normalizado, é utilizado para eliminar as tensões que podem surgir devido ao rápido resfriamento das peças, na fundição ou após o endurecimento por trabalho mecânico. Devido a essas tensões internas, podem ocorrer deformações nas peças.

A normalização deve ser realizada sempre antes da usinagem da peça ou, pelo menos, antes da última operação, pois está vinculada à deformação permanente.

- Recozimento de homogeneização total, pretende-se obter a eliminação das tensões inerentes ao produto fundido, o equilíbrio dos grãos segregados e a dissolução dos constituintes estruturais eutéticos, nas bordas dos mesmos. Além disso, frequentemente serve para atingir a desintegração regular de elementos dissolvidos em estado de supersaturação, especialmente Mn e Fe, que influenciam o comportamento de recristalização e a conformabilidade a quente. Finalmente, em ligas endurecíveis, é possível dissolver os elementos de liga que causam o endurecimento.

- O endurecimento por precipitação é o tratamento térmico mais importante aplicado às ligas de alumínio. Este tratamento aumenta notavelmente a resistência mecânica das ligas de alumínio endurecíveis por tratamento térmico. (ASM Handbook, Vol. 4. 1991).

4 | GRAU DE ENDURECIMENTO POR REFINAMENTO DE GRÃOS

Na década de 1950, a base científica atual para o refinamento de grãos foi descoberta e, na década de 1960, os aços foram intencionalmente projetados para tirar proveito desses princípios envolvidos. No entanto, os métodos de processamento para refinar o tamanho do grão já haviam sido desenvolvidos desde os primeiros anos do século XX. (Gladman, T.)

Petch e seus colaboradores foram os primeiros a relacionar o tamanho de grão ferrítico, L , com o ponto de escoamento e a resistência à ruptura, mostrando que o ponto de escoamento variou com o tamanho de grão a $L^{-1/2}$, em uma faixa de tamanho de grão ferrítico, entre 6 μm e 30 μm , de acordo com a seguinte equação:

$$\sigma_{\text{lys}} = \sigma_0 + k_y \cdot L^{-1/2} \quad \dots \text{(Equação 1)}$$

σ_{lys} = Resistência a ceder

$L^{-1/2}$ = tamanho de grão.

σ_0 = a tensão de atrito da rede, é também a tensão de escoamento para o limite

$L \rightarrow \infty$.

k_y = A inclinação da linha também é conhecida como parâmetro de ancoragem dos deslocamentos, que representa a contribuição do endurecimento relativo devido às bordas

dos grãos.

No entanto, em alguns estudos anteriores de Petch e colegas, o tamanho de grão ferrítico usado foi chamado de diâmetro de grão. Portanto, a maioria dos estudos realizados desde então tem usado o intercepto linear médio como uma medida de tamanho ou diâmetro de grão.

Apesar desses vários erros de medição, um número significativo de estudos tem mostrado diferenças nos valores das constantes da equação de Hall - Petch, algumas delas apresentadas na Tabela 1.

Material	σ_0 / MPa	k_y / MPa	Referencia
Hierro sueco (punto de fluencia)	47.1	0.71	Cracknell, A y Perch, NJ
Hierro parcialmente descarburado (punto de fluencia)	45.1	0.31	Armstrong, R et al
Cobre	25.5	0.11	Feltham, P y Meakin, JD
Aluminio	15.7	0.07	Carreker, RP y Hibbard, WR
Cobre 70/30 (punto de fluencia)	45.1	0.31	Armstrong, R et al
Al-3-5%Mg	49.1	0.26	Phillips, VA et al; Johnston, TL, Davies, RG y Stoloff, NS
Zinc (0-005% deformación)	32.4	0.22	Armstrong, R et al
Magnesio (0-002% deformación)	6.9	0.28	Hauser, FE et al
Titanio (fluencia)	78.5	0.40	Guard, RW
Magnesio (texturas preferidas varias)	6.9-8.3	0.06-0.28	Wilson, DV y Chapman, JA

Tabla 1.- Constantes de Hall – Petch para alguns materiais

Alguns autores atribuíram essas diferenças aos vários métodos de medição de tamanho de grão.

Os resultados mostram que, para ligas não ferrosas, o aumento da resistência, em decorrência do refinamento dos grãos, é relativamente modesto, principalmente para cobre e alumínio. (Mondolfo L. F., 1976).

A conseqüência disso é que as mudanças no processo, que modificam o tamanho do grão, têm um efeito relativamente modesto no aumento da resistência, porém, contribui enormemente para a saúde das peças, devido a poros ou fissuras de encolhimento. Portanto, essas ligas devem recorrer a mecanismos de endurecimento adicionais para

umentar a resistência. Isso inclui deslocamento ou endurecimento por trabalho a frio e agregação de partículas para evitar movimento de deslocamento, endurecimento de partículas ou precipitação.

5 | CONCLUSÕES

De acordo com as análises realizadas com as diferentes ligas de alumínio estudadas, conclui-se que os melhores métodos para melhorar as propriedades mecânicas são o trabalho a frio e o tratamento térmico, nesta ordem. Porém, é pertinente considerar a alternativa de refinamento dos grãos no processo de fusão, com adição de ligas, quando o objetivo não é principalmente melhorar as propriedades mecânicas, mas buscar uma estrutura saudável na peça, livre de porosidades e fissuras de encolhimento.

Dependendo do tipo de liga, dentre as citadas neste estudo, seleciona-se o método mais adequado para a melhoria das propriedades mecânicas.

REFERÊNCIAS

American National Standard **Alloy and Temper Designation Systems for Aluminum**, Aluminum Association, Julho 1988.

ASM Handbook. **Heat Treating of Nonferrous Alloys**, Vol. 4. 1991

Baker, T.N, **Future Developments in Metals and Ceramics**, Institute of Materials.

Brooks C.R., **Heat Treatment, Structure and Properties of Nonferrous Alloys**, American Society for Metals. 1982.

Gladman, T, **The Physical Metallurgy of Microalloyed Steels**, Institute of Materials.

Mondolfo L. F., **Aluminum Alloys: Structure and Properties**, Butterworths, 1976.

Polmear I.J., Edward Arnold, **Metallurgy of the Light Metals**, (Light Alloys), 1981.

Sheppard T., **Press quenching of aluminum alloys**. Materials Science and Technology, Julho 1988, Vol 4.

Smith, William F. **Structure and Properties of Engineering Alloys**. 2nd. Ed. New York, Mc Graw Hill, 1991.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aço MA957 4, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28

Aços inoxidáveis 4, 30, 31, 36

Adsorción 159, 160, 162, 163, 165, 167, 168, 170, 171, 172, 174, 175, 176, 177, 178

Alumínio 4, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 95, 141

Argamassa 6, 112, 149, 150, 156, 157, 158

Austenita 30, 31, 36

Autorreparação 132, 133, 134, 136, 138, 143, 144, 145, 146, 147

B

Biomateriais 180, 181, 182

Biopolímeros 172, 181, 187

Borracha 5, 90, 106, 108, 115, 116, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 125, 127, 129, 130, 132, 133, 134, 135, 137, 140, 147

C

Cascara 6, 170, 171, 173, 174, 175, 176, 177, 178

Cianuro 6, 170, 171, 174, 175, 176, 177, 178

Combustível nuclear 30

Compressão 30, 31, 33, 36, 40, 41, 96, 106, 108, 112, 113, 119, 121, 124, 125, 128, 129, 149, 150, 151, 154, 155, 158

Concreto 5, 100, 106, 107, 108, 110, 112, 113, 114, 115, 116, 119, 120, 121, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 150, 157, 158

Conforto Humano 149

D

Deformação a Frio 38, 40, 41, 42

Desorción 160

E

Eficiência de corrente 46

Eletrocromismo 84

Eletrodeposição reversível 84, 85, 86, 87

Eletrogalvanização 45, 46

ENR50 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146

Ensaio visual 56, 57, 58

Estudo Bibliométrico 4, 1, 2

F

Fármaco 6, 180, 181, 183, 185, 186, 187, 188, 189, 190

Ferritoscopia 30, 31, 35, 36

G

Galena 6, 159, 160, 161, 162, 164, 165, 166, 167, 168, 169

Geotêxteis 194, 201, 202

I

Incêndios florestais 194, 195, 199, 200

L

Lajota Piso Tátil 149

Laminação 30, 31, 32, 34, 35, 36, 39, 69

M

Martensita 30, 31, 36

Meta-Aramidas 7, 194, 195, 196, 197, 199, 200, 203

Morfologia do revestimento 46

P

Parâmetros operacionais 46

Poliestireno 6, 14, 15, 133, 149, 150, 156, 157, 158, 185

Polímeros 3, 5, 1, 2, 3, 6, 7, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 82, 84, 86, 90, 147, 158, 182, 192, 195, 196, 203

R

Resíduos 5, 78, 79, 80, 82, 83, 94, 99, 103, 106, 107, 108, 110, 116, 119, 123, 125, 127, 129, 130, 131, 157

Reticulação com peróxido 132

Revestimento metálico 46

S

Síntese 18, 21, 158

Soldagem 41, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 209

Superfície ocular 6, 180, 181, 182, 190, 191, 193

Sustentabilidade 103, 104, 106, 108, 127, 149

Sustentável 80, 81, 94, 98, 99, 106, 107, 108, 116, 127, 130, 150

T

Tamarindo 6, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179

Textura 30, 36, 37, 150

Tratamentos Térmicos 38, 39, 41

Tubos de papelão 5, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 103, 104, 105

W

WC nanoestruturado 4, 18, 20, 21, 26, 28

COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:


ENGENHARIA DE MATERIAIS E METALÚRGICA 2

- 
-  www.atenaeditora.com.br
 -  contato@atenaeditora.com.br
 -  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
 -  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE MATERIAIS E METALÚRGICA 2

- 
- 🌐 www.atenaeditora.com.br
- ✉ contato@atenaeditora.com.br
- 📷 @atenaeditora
- 📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br