

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

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

Data de aceite: 01/10/2021

Jamil Martins Guimarães Júnior

Universidade de São Paulo

<http://lattes.cnpq.br/1339333723683530>

RESUMO: Combustíveis nucleares do tipo placa vêm sendo cada vez mais utilizados nos últimos anos, obtidos por meio de processos de laminação, os quais podem ser aplicados em propulsão naval ou neutrografias para ensaios não destrutíveis da indústria aeroespacial. Dessa forma, é necessário que aspectos relacionados ao encruamento e transformações de fases dos seus componentes sejam estudados e compreendidos. Neste trabalho, pesquisas com deformações plásticas de aços inoxidáveis AISI 304 e AISI 316 por meio de compressão e laminação foram realizadas, e caracterizações conduzidas por microscopia óptica, ferritoscopia e EBSD foram fundamentais para inferir que baixos níveis de redução na espessura dos aços promoveram elevada transformação da austenita para martensita ϵ , e que altos níveis de redução mostraram elevado alongamento dos grãos e as maiores frações de transformação martensítica (martensita α'). Deformações por laminação resultaram em níveis diferentes de transformação martensítica comparadas à compressão devido aos valores de EDE de cada material.

PALAVRAS - CHAVE: Laminação; Compressão; Combustível nuclear; Aços inoxidáveis; Austenita; Martensita; Textura; Ferritoscopia.

ABSTRACT: Nuclear plate-type fuels have been developed continuously during the last years, obtained by rolling process, which can be used for naval propulsion or neutron radiography for aerospace industry. Therefore, the work hardening and phase transformations of these steels must be understood. Investigations by compression and cold rolling (which deserves a special attention) in AISI 304 and AISI 316 stainless steels were performed and characterized by optical microscopy, ferritoscopy and EBSD data. Low rolled steels showed high transformation into ϵ -martensite, and high rolled levels showed high grain elongation and very high α' - martensite fractions. Compression deformation resulted in different α' - martensite transformation levels comparing to rolling process, which also depends on the materials Stacking Fault Energy (SFE).

KEYWORDS: Rolling; Compression; Nuclear fuel; Stainless steels; Austenite; Martensite; Texture; Ferritoscopy.

1 | INTRODUÇÃO

Esta pesquisa busca estudar a transformação da fase austenita em fase martensita em aços inoxidáveis AISI 304 e AISI 316 utilizados na área nuclear, e buscando o desenvolvimento de novas possibilidades de aplicação destes materiais em combustíveis nucleares. Dessa forma, busca-se compreender as transformações na microestrutura de dois aços inoxidáveis austeníticos de diferentes composições químicas.

A grande diferença entre os dois materiais

consiste nos índices dos elementos cromo, níquel e molibdênio, pelos quais é possível estimar o índice PRE (*Pitting Resistance Equivalent*) para ambos, que correspondem a 20,6 para o aço inoxidável austenítico AISI 304 e 27,9 para o aço inoxidável austenítico AISI 316, uma vez que o molibdênio é adicionado ao aço AISI 304 para aumentar a corrosão por *pitting*¹.

Análises magnéticas em materiais metálicos são de grande interesse, pois de acordo com a resposta a um campo magnético, é possível prever quais fases estão presentes, já que algumas fases são magnéticas e outras são paramagnéticas². Em um ferritoscópio, um campo magnético gerado por uma bobina interage com as fases magnéticas e as alterações no campo magnético geram uma voltagem proporcional à quantidade de fase magnética em uma segunda bobina³.

Para os aços inoxidáveis austeníticos estudados neste trabalho, serão de interesse as respostas dadas pela fase martensita α' (ferromagnética) e austenita (paramagnética).

2 | METODOLOGIA

A caracterização dos aços inoxidáveis AISI 304 e AISI 316 foi realizada antes da deformação por meio de dois processos mecânicos: laminação e compressão. Foram avaliadas amostras dos aços inoxidáveis laminados a 12%, 31%, 50%, 70%, 80% e 90% de redução. Mantendo-se a atenção para o valor do fator delta⁴, a deformação com redução de 90% apresentou-se próxima de um processo homogêneo, possuindo poucas variações no sentido da espessura.

Já os ensaios de compressão, foram aplicados em corpos de prova cilíndricos. Após solubilizados a 1050°C por 30 minutos, os cilindros com dimensões de 6,5 mm de diâmetro e 10,6 mm de altura foram submetidos à compressão uniaxial que resultou em amostras com 60% de redução na altura. Ou seja, os corpos de prova após o ensaio passaram a medir 4,25 mm de altura.

A técnica de ferritoscopia foi utilizada para este trabalho seguindo-se a norma ASTM A342⁵, com um limite de detecção de 0,1%, de forma a promover uma interação entre o equipamento e as componentes magnéticas da amostra.

A partir de análises de EDS, foi possível calcular a EDE dos materiais, uma vez que a EDE é dependente da composição química. Por intermédio da equação citada por Schramm e Reed⁶, por sua vez, foi possível calcular um valor experimental de EDE igual a 18,02 mJ/m² para o aço AISI 304 e de 50,07 mJ/m² para o aço AISI 316, em conformidade com os valores relatados por Murr⁷.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Níveis baixos de laminação (próximos a 30% de redução) resultaram em grãos poligonais conforme observado nas primeiras imagens de microscopia óptica da Figura 1 para ambos os materiais. Já com 90% de redução da espessura, os grãos mostram-se quase que totalmente alinhados na direção de laminação, como observado nas duas últimas imagens. Isso porque a tensão utilizada durante o processamento provoca uma deformação inevitável no material, que responde à sollicitação com grandes rotações do reticulado, fragmentação da microestrutura e grande quantidade de heterogeneidades de deformação nos grãos sujeitos a este nível de deformação.

A seguir, são indicados os resultados de laminação obtidos por MO:

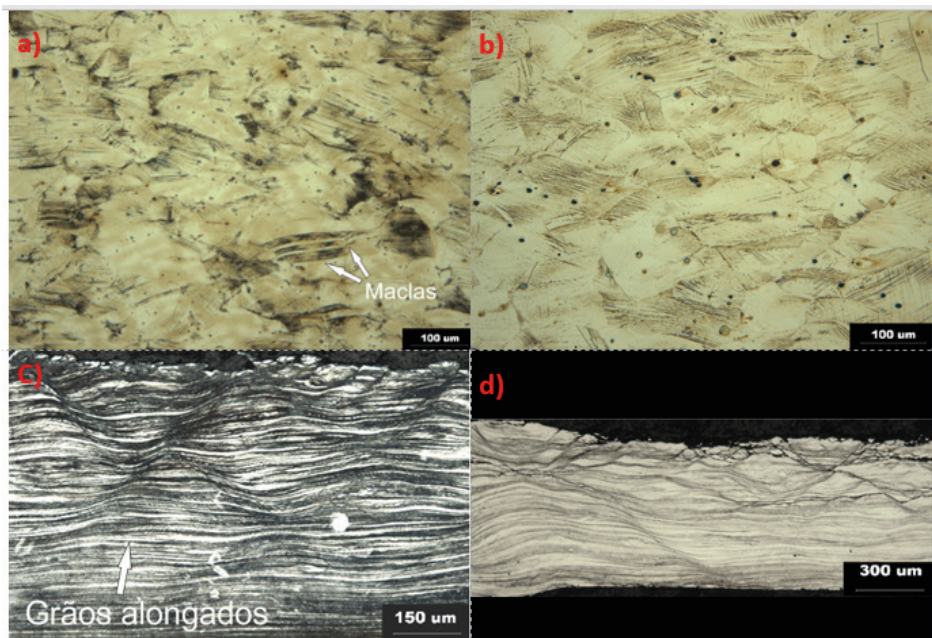


Figura 1 – Microestruturas dos aços: a) AISI 304 laminado com 31% de redução mostrando maclas no material. b) AISI 316 laminado com 31% de redução. c) AISI 304 com 90% de redução. d) AISI 316 com 90% de redução. Reagente Carpenter e direção de laminação horizontal.

Fonte: O AUTOR

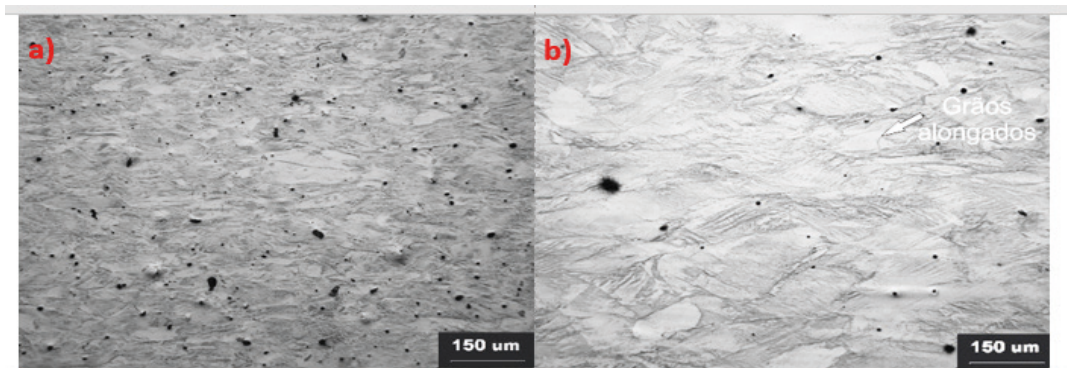


Figura 2 – Microestruturas dos aços: a) AISI 304 sujeito a compressão. b) AISI 316 sujeito a compressão. Reagente Carpenter e direção de compressão vertical.

Fonte: O AUTOR

Uma análise pela técnica de EBSD demonstrou quais texturas estão presentes nos grãos do material a partir de aspectos cristalográficos. Cada coloração encontrada nas imagens corresponde a uma direção cristalográfica, de forma que é possível verificar tais resultados apenas nas amostras com menor deformação, pois o equipamento não possibilita indexação de amostras com maiores níveis de deformação (algumas das regiões em verde nas Figuras 3, 4, 5 e 6).

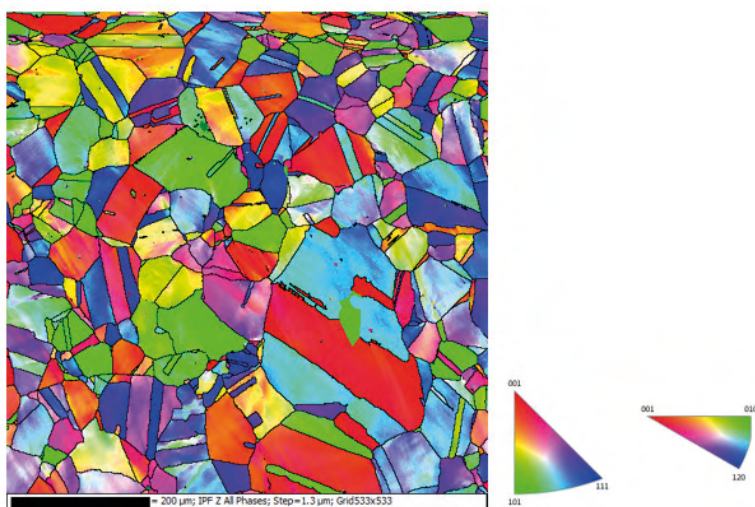


Figura 3 –À esquerda: mapa de orientações para o aço AISI 304 laminado com 12% de redução. À direita: triângulo unitário de referência de cores

Fonte: O AUTOR

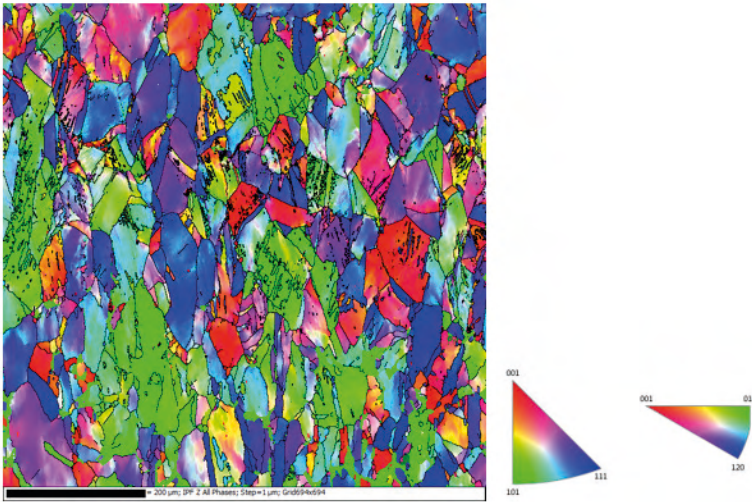


Figura 4 - À esquerda: mapa de orientações para o aço AISI 304 laminado com 31% de redução. À direita: triângulo unitário de referência de cores

Fonte: O AUTOR

Com maior nível de redução na laminação, as amostras apresentaram grande rotação dos grãos a fim de acomodar as deformações impostas no processamento, como mostrado nas Figuras 4 e 6.

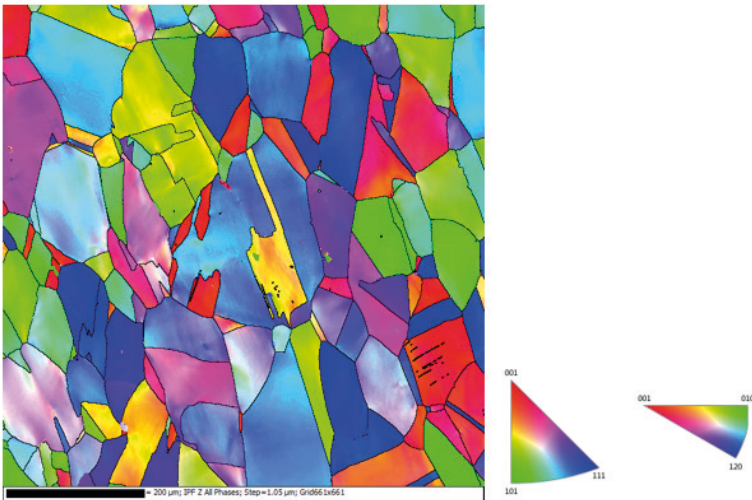


Figura 5 - À esquerda: mapa de orientações para o aço AISI 316 laminado com 12% de redução. À direita: triângulo unitário de referência de cores

Fonte: O AUTOR

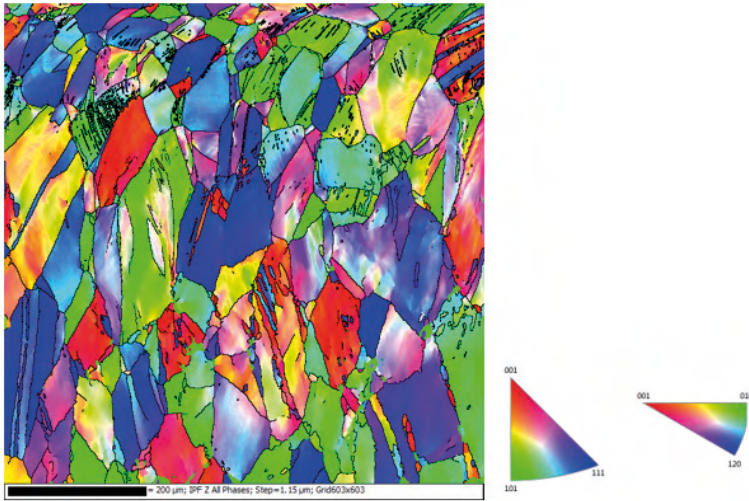


Figura 6 - À esquerda: mapa de orientações para o aço AISI 316 laminado com 31% de redução. À direita: triângulo unitário de referência de cores

Fonte: O AUTOR

É possível afirmar que o processo de laminação provocou em ambos os materiais: aumento no número de defeitos, aumento na fração de fase martensítica e rotação do reticulado cristalino.

A seguir, é apresentada uma tabela comparativa entre ambos os materiais relacionando-se os valores obtidos por ferritoscopia para todas as condições analisadas.

Condição	AISI 304		AISI 316	
	Fração magnética em volume (%)	Desvio padrão	Fração magnética em volume (%)	Desvio padrão
Comprimido	13,5	1,2	0,6	0,1
Laminado (12%)	1,1	0,3	0,1	0,1
Laminado (31%)	5,3	0,6	0,4	0,0
Laminado (50%)	11,7	0,4	2,7	0,2
Laminado (70%)	23,8	1,2	10,3	0,5
Laminado (80%)	28,5	1,4	15,4	0,7

Tabela 1 – Valores comparativos de fração magnética em volume para todas as condições

Fonte: O AUTOR

Enquanto que o aço AISI 304 teve um grande aumento na porcentagem de fase magnética durante a deformação por compressão, o AISI 316 não teve significativo aumento, o que caracteriza nenhuma ou desprezível formação de martensita α' .

4 | CONCLUSÕES

Durante o processamento por laminação, o aço inoxidável AISI 304 apresenta maior resistência, uma vez que sua EDE é mais baixa que a do AISI 316, facilitando o seu encruamento.

Ocorre elevado alongamento dos grãos a altos índices de redução por laminação, promovendo as maiores frações de martensita α' entre as duas condições de deformação, possibilitando prever microestrutura martensítica para a laminação de combustíveis nucleares de placas submetidas a altos valores de redução, utilizados na indústria aeroespacial.

Todos os processos de deformação promovem altos índices de transformação da austenita em martensita α' para o aço inoxidável AISI 304. Já o aço AISI 316 submetido à compressão não apresenta consideráveis frações deste constituinte.

Ambos os aços inoxidáveis austeníticos estudados apresentaram textura bastante variada após submetidos a laminação com baixos índices de redução.

Os aços inoxidáveis AISI 304 e AISI 316 apresentam frações maiores de transformação da austenita em martensita quando submetidos a altos níveis de redução por laminação do que quando submetidos a tensões de compressão.

Quando comprimido ou laminado, o aço AISI 316 apresenta por ferritoscopia menores frações de transformação martensítica do que o aço AISI 304.

REFERÊNCIAS

(1) (EDS.), J. K. L. L. C. H. S. K. H. L. **Stainless Steels: An Introduction and Their Recent Developments**. 2012.

(2) CAMERINI, Cesar G. et al. Ferrite content meter analysis for delta ferrite evaluation in superduplex stainless steel. **Journal of Materials Research and Technology**, v. 7, n. 3, p. 366-370, 2018.

(3) ZHAO, X. et al. Recrystallization and Grain Growth of 316L Stainless Steel Wires. **Metallurgical and Materials Transactions A**, v. 45, n. 8, p. 3446-3453, 2014. ISSN 1543-1940. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1007/s11661-014-2305-2> >.

- (4) ZIMMERMANN, A. J. D. O. **Encruamento, recristalização e textura cristalográfica de zircônio puro e da liga Zircaloy-4**. 2013. 99 páginas (Tese de Doutorado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- (5) ASTM A342 / A342M-21, Standard Test Methods for Permeability of Weakly Magnetic Materials, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2021, www.astm.org.
- (6) SCHRAMM, R. E.; REED, R. P. Stacking fault energies of seven commercial austenitic stainless steels. **Metallurgical Transactions A**, v. 6, n. 7, p. 1345-1351, ISSN 1543-1940. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/BF02641927> >.
- (7) MURR, L. E. **Interfacial phenomena in metals and alloys**. United States: Addison-Wesley Publishing Company, 1975.

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
📘 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