cbecimat26
26° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais
22 a 26 de novembro de 2026
Costão do Santinho
Florianópolis-SC

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA DOS PARÂMETROS DE NITRETAÇÃO A PLASMA DO AISI 316L PARA FORMAÇÃO DA AUSTENITA EXPANDIDA

Tiago Quartiero Pereira[1]; Fernando Michelon Marques[2]; Hugo Wilhelm Feldmann[1]; Rodrigo Battisti[2]; Felipe Canal[1]; Alexandre da Silva Rocha[1]

1. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS); 2. Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC)

Introdução

O aço inoxidável austenítico AISI 316L é amplamente empregado nas indústrias química, petroquímica, farmacêutica e biomédica pela elevada resistência à corrosão, mas tem baixa dureza superficial (cerca de 200 HV) e resistência ao desgaste insuficiente. A nitretação a plasma em baixas temperaturas pode melhorar essas propriedades ao formar a fase S, ou austenita expandida, uma solução sólida supersaturada em nitrogênio que eleva a dureza sem precipitar nitretos de cromo, desde que os parâmetros sejam controlados.

Objetivos

Revisar os parâmetros de nitretação a plasma do AISI 316L relatados na literatura, como temperatura, tempo, composição gasosa nitrogênio/hidrogênio, pressão e tipo de fonte de plasma, comparando estudos com corrente contínua, plasma pulsado e tela ativa. Identificar as condições que favorecem a formação da fase S sem precipitação de nitretos de cromo e apontar lacunas de pesquisa.

Metodologia

Estudos sobre nitretação a plasma do AISI 316L foram selecionados a partir de 35 registros da base Scopus (2001 a 2025) e complementados por trabalhos nacionais de referência. De cada estudo foram extraídos temperatura, tempo, mistura gasosa, pressão, tipo de fonte e fases formadas, além de dureza e resistência à corrosão quando relatadas. Os dados foram organizados em função da temperatura para delimitar a janela de formação da fase S.

Resultados e Discussão

Até 400 °C predominou a fase S (Figura 1): Wolfart Júnior (2002) a obteve com 5% e 76% de N_2, até 987 HK e sem nitretos de cromo detectados, e Oliveira et al. (2003) mediram 853 HV a 400 °C, com nitretos de cromo a 450 e 500 °C (950 e 1050 HV). Entre 400 e 450 °C os resultados variaram: Yetim e Yazici (2014) detectaram nitretos, enquanto Borowski (2021) obteve fase S a 440 °C com tela ativa. A 430 °C, Landek et al. (2023) observaram nitretos sobre a fase S a partir de 12 h, com menor resistência ao desgaste.

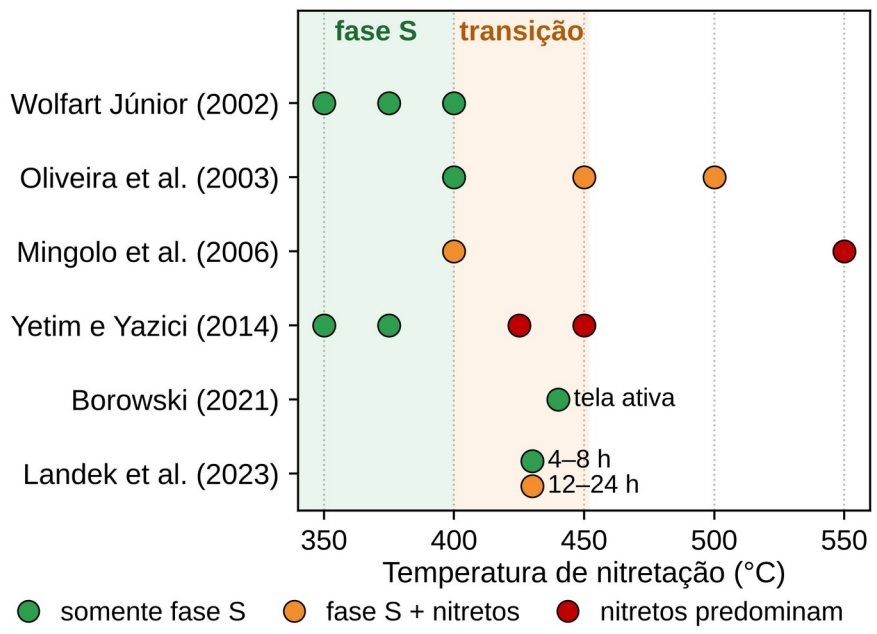


Figura 1. Fases formadas em função da temperatura de nitretação (Mingolo et al., 2006, apud Landek et al., 2023). Fonte: elaborada pelos autores.

Conclusões

Nos estudos revisados, a temperatura foi o principal parâmetro: até 400 °C predominou a fase S, e entre 400 e 450 °C os resultados variaram, sugerindo influência do tempo e do tipo de fonte. A fase S formou-se com 5–76% de N_2, e mais hidrogênio elevou sua fração de 89,6% para 96,7% (MINGOLO; TSCHIPTSCHIN; PINEDO, 2006 apud LANDEK et al., 2023). As pressões relatadas variaram de 100 a 500 Pa. O efeito do encruamento, da rugosidade e das tensões residuais da usinagem ainda é pouco estudado.

Referências e Agradecimentos

BOROWSKI, T. Enhancing the corrosion resistance of austenitic steel using active screen plasma nitriding and nitrocarburising. **Materials**, v. 14, n. 12, 3320, 2021.
LANDEK, D. et al. Corrosion and micro-abrasion properties of an AISI 316L austenitic stainless steel after low-temperature plasma nitriding. **Coatings**, v. 13, n. 11, 1854, 2023.
OLIVEIRA, A. M. et al. Effect of the temperature of plasma nitriding in AISI 316L austenitic stainless steel. **Revista Brasileira de Aplicações de Vácuo**, v. 22, n. 2, p. 63-66, 2003.
WOLFART JÚNIOR, M. **Nitretação a plasma do aço ABNT 316L em baixas temperaturas**. 2002. Tese (Doutorado em Engenharia) – UFRGS, Porto Alegre, 2002.
YETIM, A. F.; YAZICI, M. Wear resistance and non-magnetic layer formation on 316L implant material with plasma nitriding. **Journal of Bionic Engineering**, v. 11, n. 4, p. 620-629, 2014.
Agradecimentos: ao LdTM/UFRGS e ao IFSC pelo apoio à pesquisa.

cbecimat26
26° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais
22 a 26 de novembro de 2026
Costão do Santinho
Florianópolis-SC

LITERATURE REVIEW OF PLASMA NITRIDING PARAMETERS OF AISI 316L FOR EXPANDED AUSTENITE FORMATION

Tiago Quartiero Pereira[1]; Fernando Michelon Marques[2]; Hugo Wilhelm Feldmann[1]; Rodrigo Battisti[2]; Felipe Canal[1]; Alexandre da Silva Rocha[1]

1. Federal University of Rio Grande do Sul (UFRGS); 2. Federal Institute of Santa Catarina (IFSC)

Introduction

AISI 316L austenitic stainless steel is widely used in the chemical, petrochemical, pharmaceutical and biomedical industries due to its high corrosion resistance, although it has relatively low surface hardness (about 200 HV) and insufficient wear resistance. Low-temperature plasma nitriding can improve these properties by forming the S phase, or expanded austenite, a nitrogen-supersaturated solid solution that increases hardness without precipitating chromium nitrides, provided that process parameters are controlled.

Objectives

To review the plasma nitriding parameters of AISI 316L reported in the literature, such as temperature, time, nitrogen/hydrogen gas composition, pressure and plasma source type, comparing studies on direct-current, pulsed-plasma and active-screen nitriding. To identify the conditions that favor S-phase formation without chromium nitride precipitation and to point out research gaps.

Methodology

Studies on plasma nitriding of AISI 316L were selected from 35 records retrieved from the Scopus database (2001 to 2025) and complemented by Brazilian reference works. For each study, the temperature, time, gas mixture, pressure, source type and phases formed were extracted, as well as hardness and corrosion resistance when reported. The data were organized as a function of temperature to delimit the S-phase formation window.

Results and Discussion

Up to 400 °C the S phase predominated (Figure 1): Wolfart Júnior (2002) obtained it with 5% and 76% N_2, up to 987 HK and no detected chromium nitrides, and Oliveira et al. (2003) measured 853 HV at 400 °C, with chromium nitrides at 450 and 500 °C (950 and 1050 HV). From 400 to 450 °C, results varied: Yetim and Yazici (2014) detected nitrides, whereas Borowski (2021) obtained the S phase at 440 °C by active-screen nitriding. At 430 °C, Landek et al. (2023) found nitrides over the S phase at 12 and 24 h, with lower wear resistance.

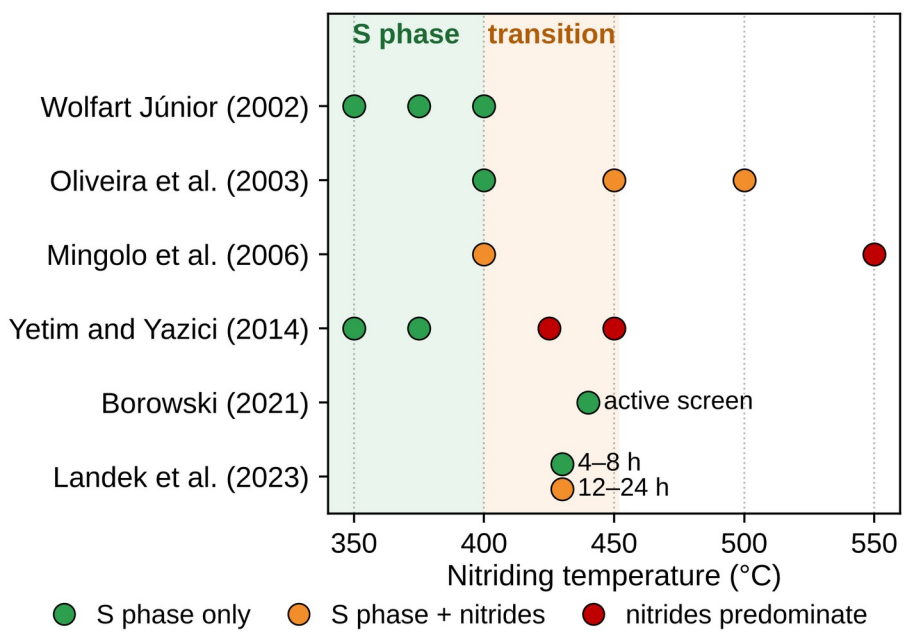


Figure 1. Phases formed versus nitriding temperature (Mingolo et al., 2006, apud Landek et al., 2023).
Source: prepared by the authors.

Conclusions

In the reviewed studies, temperature was the main parameter: up to 400 °C the S phase predominated, whereas between 400 and 450 °C the results varied, suggesting that time and source type also matter. The S phase formed at N_2 contents of 5–76%, and a higher hydrogen content increased the S-phase fraction from 89.6% to 96.7% (MINGOLO; TSCHIPTSCHIN; PINEDO, 2006 apud LANDEK et al., 2023). Reported pressures ranged from 100 to 500 Pa. The effect of prior machining-induced work hardening, roughness and residual stresses remains understudied.

References and Acknowledgments

BOROWSKI, T. Enhancing the corrosion resistance of austenitic steel using active screen plasma nitriding and nitrocarburising. **Materials**, v. 14, n. 12, 3320, 2021.
LANDEK, D. et al. Corrosion and micro-abrasion properties of an AISI 316L austenitic stainless steel after low-temperature plasma nitriding. **Coatings**, v. 13, n. 11, 1854, 2023.
OLIVEIRA, A. M. et al. Effect of the temperature of plasma nitriding in AISI 316L austenitic stainless steel. **Revista Brasileira de Aplicações de Vácuo**, v. 22, n. 2, p. 63-66, 2003.
WOLFART JÚNIOR, M. **Nitretação a plasma do aço ABNT 316L em baixas temperaturas**. 2002. Thesis (Doctorate in Engineering) – UFRGS, Porto Alegre, 2002.
YETIM, A. F.; YAZICI, M. Wear resistance and non-magnetic layer formation on 316L implant material with plasma nitriding. **Journal of Bionic Engineering**, v. 11, n. 4, p. 620-629, 2014.
Acknowledgments: the authors thank LdTM/UFRGS and IFSC for supporting this research.