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

Estudo de propriedades mecânicas e estruturais da superfície do aço rápido S790PM modificada por nitretação a plasma

Leandro Zen[1], Matheus K. Formighieri[2], Isadora K. Buasczyk[2], Francisco Alfaro[3], Diego A. Duarte[1 2 4]

1 Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências Mecânicas, Universidade Federal de Santa Catarina, 89219-600, Joinville, SC, Brasil.
2 Departamento de Engenharias da Mobilidade, Universidade Federal de Santa Catarina, 89219-600, Joinville, SC, Brasil.
3 BIOPARK Educação, Laboratório de Biomateriais e Bioengenharia, Toledo, 85920-025, PR, Brasil.
4 Programa de Pós-Graduação em Física (PPGF), Universidade do Estado de Santa Catarina, 89219-710, Joinville, SC, Brasil.

Introdução

Empacotadoras verticais contínuas atingem até 160 ciclos por minuto, e falhas nos ferramentais de corte em aço AISI 420 geram paradas não programadas da produção. O aço rápido S790PM, obtido por metalurgia do pó, alia microestrutura homogênea, dureza a quente e resistência ao desgaste. A nitretação a plasma pode endurecer sua superfície e ampliar a retenção do gume da ferramenta, mas a resposta desse aço ao tratamento ainda não foi estudada.

Objetivos

Avaliar o efeito da razão N_2/Ar na nitretação a plasma sobre as fases, a composição superficial e a dureza do aço rápido S790PM temperado e revenido.

Metodologia

Amostras de S790PM temperadas e revenidas (66,3 ± 0,3 HRC) foram nitretadas por plasma DC pulsado (200 W, 300 mTorr, ~450 °C, 2 h) com razões N_2/Ar de 20/80 a 100/0 (S1–S5). A amostra S0, não nitretada, serviu como referência. A caracterização empregou DRX (Cu Kα, θ–2θ), MEV/EDS (15 kV), macrodureza HRC (Insize HDT RA151) e microdureza Vickers HV0,05 (DHTMVS-1000, três indentações por amostra).

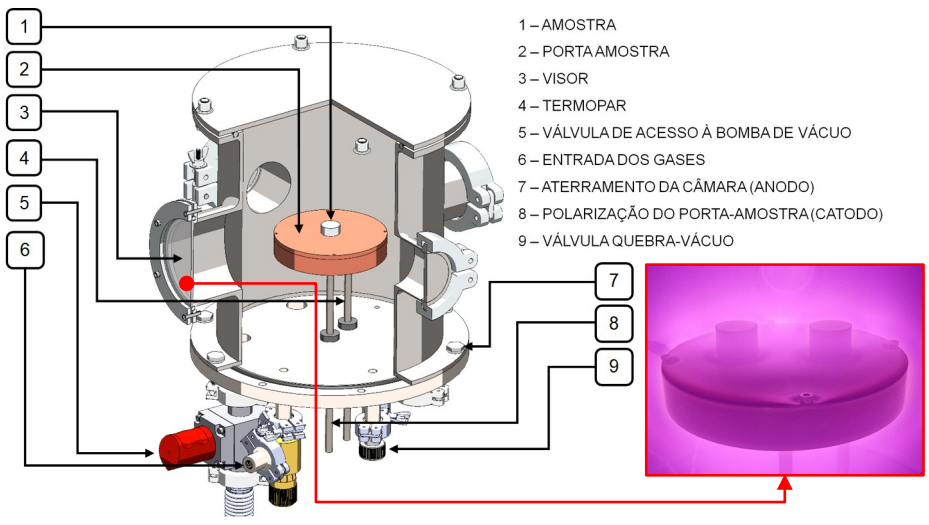


Figura 1 – Reator de nitretação a plasma utilizado; em destaque, a descarga luminescente sobre o porta-amostra.

Resultados e Discussão

A têmpera e o revenimento elevaram a macrodureza do S790PM de 25,3 ± 1,5 HRC, no estado de fornecimento, para 66,3 ± 0,3 HRC. Após a nitretação, o núcleo apresentou 65,9 ± 0,7 HRC, mantendo a dureza da condição temperada, o que indica que o ciclo a plasma não promoveu revenimento adicional. O S790PM temperado supera em cerca de 11 HRC a faca industrial em AISI 420 atualmente utilizada (55,5 ± 0,5 HRC), reforçando seu potencial para a aplicação.

Na microdureza superficial (Figuras 2 e 3), as amostras nitretadas permaneceram próximas da referência temperada, com diferenças da ordem da dispersão das medidas e sem tendência com a razão N_2/Ar.

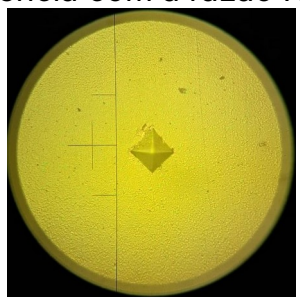


Figura 2 – Indentação Vickers observada na ocular do microdurômetro DHTMVS-1000, com aumento de 400×.

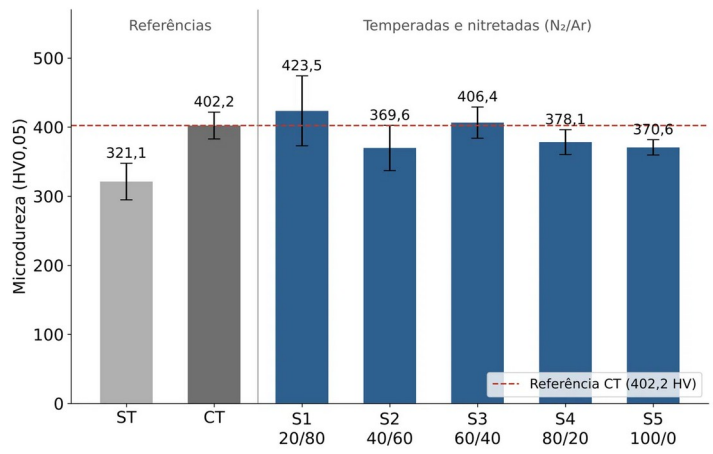
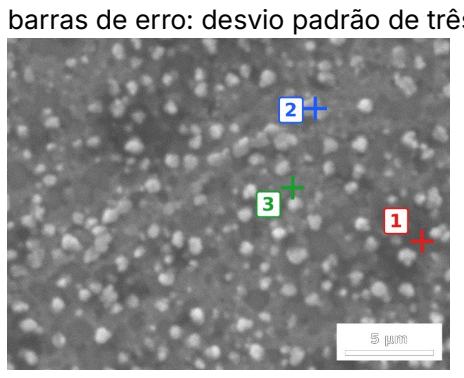


Figura 3 – Microdureza Vickers (HV0,05) das referências ST e CT e das amostras nitretadas S1–S5. A linha tracejada indica a referência CT; barras de erro: desvio padrão de três indentações.



Ponto	N	O	Cu	Fe	Cr
1	0,8	15,0	2,3	33,1	23,2
2	2,0	8,9	48,4	25,3	6,8
3	0,9	4,6	23,3	61,8	2,2

EDS pontual, % em massa (semiquantitativo)

Figura 4 – MEV (5000×) da superfície da amostra S3 (N_2/Ar = 60/40) com os pontos de análise EDS e respectiva composição.

O EDS da amostra S3 (60 % N_2 / 40 % Ar; Figura 4) detectou Fe, Cr, V e Mo, constituintes do S790PM, além de nitrogênio, oxigênio e cobre, enquanto o DRX revelou apenas α-Fe(Cr) e óxidos de ferro e cromo, inclusive na referência S0, sem picos de nitretos. O nitrogênio pode estar em solução sólida ou formar uma camada fina demais para a geometria convencional de DRX, o que pode ser verificado por DRX em ângulo rasante. O óxido superficial e o cobre redepositado do porta-amostra podem ter limitado sua difusão.

Conclusões

A nitretação preservou a dureza do núcleo temperado, mas não elevou a microdureza superficial nas razões N_2/Ar avaliadas, não promovendo o endurecimento necessário para ampliar a retenção do gume. Apesar da presença de nitrogênio, não se detectaram nitretos; o óxido superficial e a redeposição de cobre indicam ter limitado a nitretação. Ainda assim, o S790PM temperado, cerca de 11 HRC mais duro que o AISI 420, mostra-se um substituto promissor.

Referências e Agradecimentos

OSTROVSKI, I. F. et al. Surface & Coatings Technology, 466 (2023) 129688 (10.1016/j.surfcoat.2023.129688)
ASTM INTERNATIONAL. ASTM E384-17, 2017 (10.1520/E0384-17)
BÖHLER EDELSTAHL GMBH & CO. KG. BÖHLER S790 Microclean, 2025 (https://www.bohler-edelstahl.com/en/products/s790-microclean/)

Os autores agradecem ao CNPq (Processos nº 406376/2022-0 e 301715/2025-4), FAPESC (Edital 21/2024) e à Indumak Máquinas pelo auxílio financeiro e material.