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

Estudo da Degradação do Sistema Papel-Óleo no Mecanismo de Defeitos Superficiais em Aço AISI 430 Laminado a Frio

Fernandes, B.; Labiapari, W. S.; Lizardo, F.; Almeida, F.; Reis, G.; Miranda, A. C.
Aperam South America

Introdução

Na laminação a frio de aços inoxidáveis, o papel intercalar evita arranhões no bobinamento, mas sua interação com o óleo de laminação pode gerar dois defeitos de mancha. O primeiro ocorre pela aderência e consequente queima do papel no forno de recozimento; o segundo, pela queima do óleo residual distribuído de forma heterogênea durante o tratamento térmico.

Objetivos

Este estudo visa simular e compreender os mecanismos de degradação do sistema óleo-papel celulósico durante a laminação a frio do aço AISI 430. Busca-se identificar as variáveis determinantes para a aderência do papel e a mancha da tira metálica, viabilizando a definição de parâmetros de controle para mitigar esses defeitos no processo de recozimento.

Metodologia

Realizaram-se simulações laboratoriais com amostras do aço AISI 430. No ensaio de aderência, conjuntos em formato "sanduíche" (chapas, óleo e papel) foram comprimidos sob carga de 360 kgf e aquecidos em forno na faixa de 80 a 200 °C por 24 horas, com posterior análise visual e por espectroscopia FTIR. Para a análise de mancha, amostras análogas montadas com papel seco e úmido foram submetidas a uma tensão de 0,525 MPa e aquecidas entre 60 e 120 °C por 4 horas, seguindo para a simulação do recozimento e avaliação visual. Ambas as metodologias buscaram reproduzir as condições operacionais limites da linha industrial.

Resultados e Discussão

Temperaturas a partir de 120 °C revelaram-se determinantes para o surgimento de ambos os defeitos. Todavia, a utilização de papel húmido induz o aparecimento de manchas independentemente do patamar térmico considerado.

Via FTIR (Fig. 1), constatar-se a degradação da celulose (atenuação de hidroxilas, adsorção de hidrocarbonetos e intensificação de carboxilas). Esse fenômeno gera água (Eq. 1) e é induzida por ácidos carboxílicos da hidrólise e termo-oxidação do óleo (≥120 °C) [1, 2, 3]. EQ 1: RCOOH + HO-[Celulose] ↔ RCOO-[Celulose] + H_2O. Propõe-se um ciclo autocatalítico: a água liberada retroalimenta a hidrólise do óleo e a degradação da celulose [4]. A hipótese para o defeito papel queimado é que este processo satura o meio com subprodutos polares que precipitam como compostos aderentes, fixando o papel ao aço [5]. Já nas manchas, a água originada pela própria degradação da celulose desestabiliza o filme de óleo, causando manchas no recozimento, sem nenhuma fonte externa de umidade.

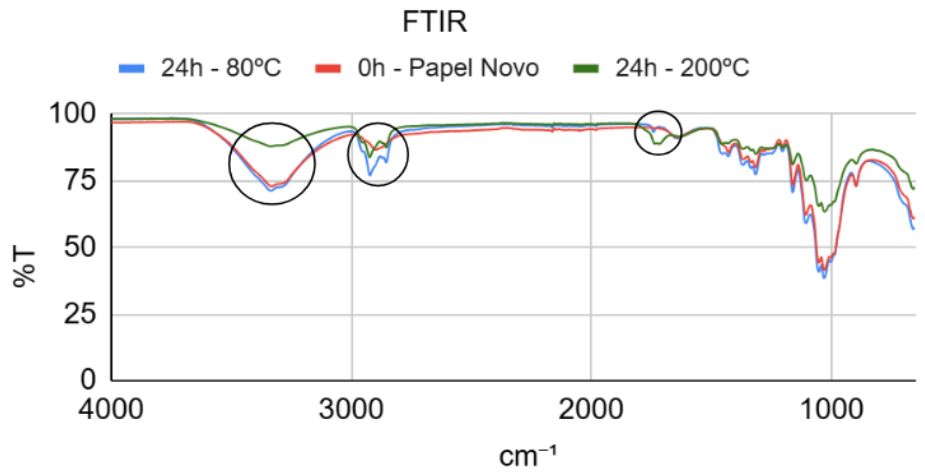


Figura 1. FTIR dos Papeis ensaiados

Conclusões

O estudo comprovou que a degradação da celulose, com a consequente liberação de água, constitui o principal mecanismo determinante para a mancha superficial no aço AISI 430, desempenhando também um papel fundamental na aderência do papel. A temperatura consolida-se como a variável crítica desse ciclo degradativo, indicando que o seu controle é capaz de prevenir a ocorrência de ambos os defeitos. Como trabalhos futuros, sugere-se a caracterização física dos subprodutos formados, bem como a investigação de estratégias para mitigar essa reação de degradação.

Referências

[1] CHAKRABORTY, Subho; GIRI, Suvendu Sekhar; PANDIT, Ashwin; BHAGAT, Amarnath; JHA, Ajay Kumar. Kinetics study of cold rolling lubricant degradation through advanced instrumental techniques. **Lubrication Science**, v. 35, n. 3, p. 171-182, 2023. DOI: 10.1002/ls.1630.
[2] ESE, M.-H. G.; LILAND, K. B.; LESAINT, C.; KES, M. Esterification of low molecular weight acids in cellulose. **IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation**, v. 21, n. 2, p. 662-665, abr. 2014.
[3] MOHAN RAO, U.; FOFANA, I.; KARTHEEK, R.; YAPI, K. M. L.; JAYA, T. **Mineral Oil and Ester Based Oil/Paper Insulation Decaying Assessment by FTIR Measurements**. Chicoutimi: University of Quebec at Chicoutimi, 2018.
[4]LUNDGAARD, L. E.; HANSEN, W.; LINHJELL, D.; PAINTER, T. J. Aging of oil-impregnated paper in power transformers. **IEEE Transactions on Power Delivery**, v. 19, n. 1, p. 230-239, jan. 2004.
[5] HONG, S.-H.; JANG, E. K. **Materials**, v. 16, n. 10, art. 3737, 2023. DOI: 10.3390/ma16103737.