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

Alterações Microestruturais Ocorridas em um Sistema Piloto (Tulipa) de um Queimador de Plataforma de Petróleo Após Longo Tempo de Operação

Ana Beatriz Ferreira Sousa[1]; Bruno Ribeiro Pinheiro[1]; Lênin Vinicius Fidélis Soares[1]; Ricardo Gonsiorocki Mombru[2]; Ricardo Reppold Marinho[3]; Marcelo Torres Piza Paes[3]; Giovani Dalpiaz[3]; Hélio Cordeiro Miranda[1]; Cleiton Carvalho Silva[1]

1. Universidade Federal do Ceará (UFC), Laboratório de Pesquisa e Tecnologia em Soldagem (LPTS); 2. KEMPETRO Engenharia; 3. Centro de Pesquisas, Desenvolvimento e Inovação Leopoldo Américo Miguez de Mello (CENPES/PETROBRAS).

Introdução

Na indústria de petróleo e gás, os queimadores (*flares*) são utilizados para o descarte de gases residuais por combustão, operando em altas temperaturas e atmosferas carbonetantes e oxidantes [1]. Esses equipamentos são fabricados com ligas especiais, como aços inoxidáveis e ligas à base de níquel, que, apesar de sua elevada resistência, estão sujeitas à degradação microestrutural, podendo comprometer suas propriedades mecânicas e de resistência à corrosão [2,3].

O presente trabalho visou investigar as alterações microestruturais experienciadas no sistema piloto de um queimador de plataforma de petróleo, após um longo período de operação.

Metodologia

O objeto de estudo deste trabalho é a parte superior do sistema piloto, chamada de tulipa (Figura 1), fabricada em aço inoxidável austenítico AISI 310S e com três regiões de interesse: partes fundidas, partes conformadas e soldas de união.

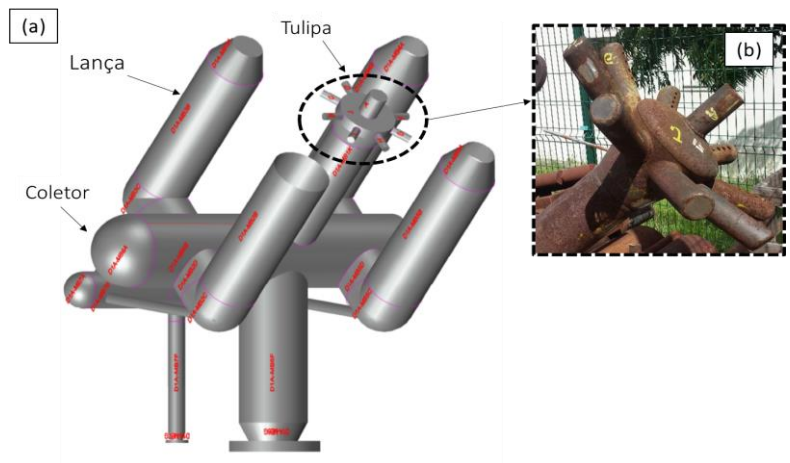


Figura 1. (a) Representação das diferentes partes da ponta do *flare;* (b) fotografia detalhada da tulipa do *flare*.

Resultados e Discussão

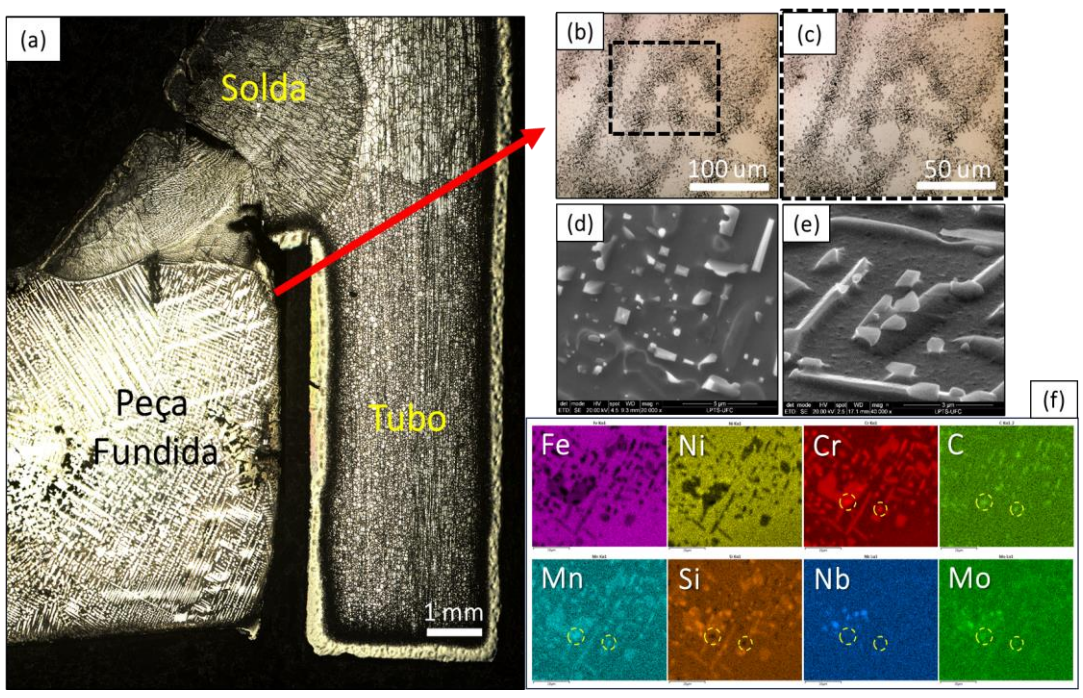


Figura 2. (a) Vista lateral de uma solda da tulipa; (b) microestrutura da peça fundida (500x); (c) aumento em 1000x; (d) micrografia obtida por MEV da região central da peça fundida; (e) detalhe ampliado das partículas precipitadas; (f) mapeamento químico de EDS realizado na peça fundida.

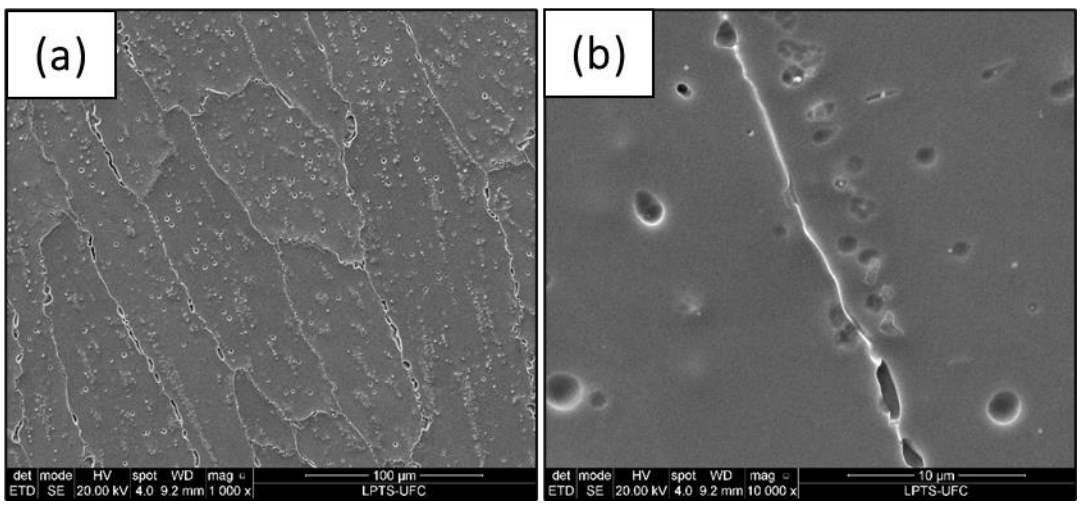


Figura 3. (a) Imagem de MEV da microestrutura da solda; (b) filme fino ao longo de um contorno de grão de solidificação.

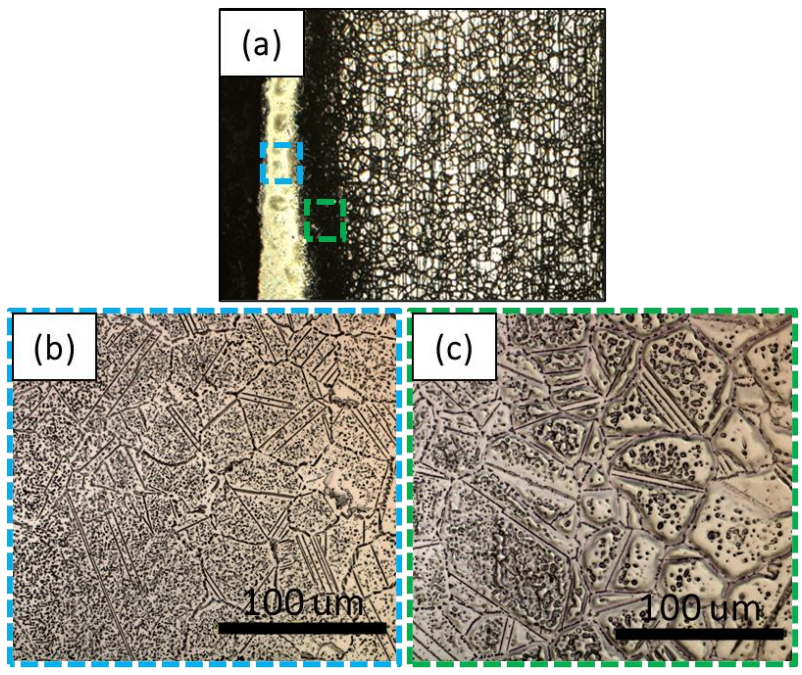


Figura 4. (a) Microestrutura da superfície interna do tubo; (b) micrografia de MO da camada branca; (c) Micrografia de MO da camada escura.

Conclusões

- As condições de operação causaram a carburização do aço, que ocorreu mais intensamente nas superfícies internas e externas da tulipa;
- Verificou-se que, dependendo da região do componente, a microestrutura pode sofrer intensa precipitação de carbonetos de cromo do tipo $Cr_{23}C_6$ e/ou de fase sigma;
- As partes de 310S conformado apresentaram comportamento distinto em termos de cinética de precipitação. Nelas, houve apenas a formação de carbonetos $Cr_{23}C_6$.

Referências

[1] SHORE, D. Making the flare safe. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, v. 9, p. 363–381, 1996.
[2] KANEKO, K.; FUKUNAGA, T.; YAMADA, K.; NAKADA, N.; KIKUCHI, M.; SAGHI, Z.; BARNARD, J. S.; MIDGLEY, P. A. Formation of $M_{23}C_6$-type precipitates and chromium-depleted zones in austenite stainless steel. Scripta Materialia, v. 65, p. 509–512, 2011.
[3] PARDAL, J. M.; CARVALHO, S. S.; BARBOSA, C.; MONTENEGRO, T. R.; TAVARES, S. S. M. Failure analysis of AISI 310S plate in an inert gas generator used in off-shore oil platform. Engineering Failure Analysis, v. 18, p. 1435–1444, 2011.

Agradecimentos

LPTS Laboratório de Pesquisa e Tecnologia em Soldagem
UFC
BR PETROBRAS
anp Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis