

Introdução

Aços inoxidáveis são largamente empregados para uso em tubulações que transportam substâncias agressivas, graças a sua melhor resistência a corrosão (que é desenvolvida pela adição de no mínimo 12% de Cr). No entanto as zonas afetadas pelo calor (na solda) são pontos suscetíveis dos aços inoxidáveis, principalmente no grupo dos austeníticos, devido a precipitação de carbonetos ricos em cromo predispondo o aço a um processo de corrosão intergranular (ataque preferencial nos contornos de grão, dissolvendo essas regiões e desagregando os grãos e em consequência o material). As tubulações (feitas de aço inoxidável AISI 316L) de uma empresa de galvanização que conduzem uma solução de fluxagem rica em cloretos apresentou intensa deterioração, com pouco tempo de uso, principalmente nas proximidades das soldas.



Metodologia

Metalografia

Ataque com ácido oxálico eletrolítico.

- Observar: ZAC, metal base, metal fundido
- Sentido longitudinal e transversal

Taxa de corrosão

• O procedimento para avaliação da sensibilização foi seguido conforme a norma A262-90 e os limites para corrosão intergranular do aço em questão obtidos a partir do livro Metals handbook.

Análise química

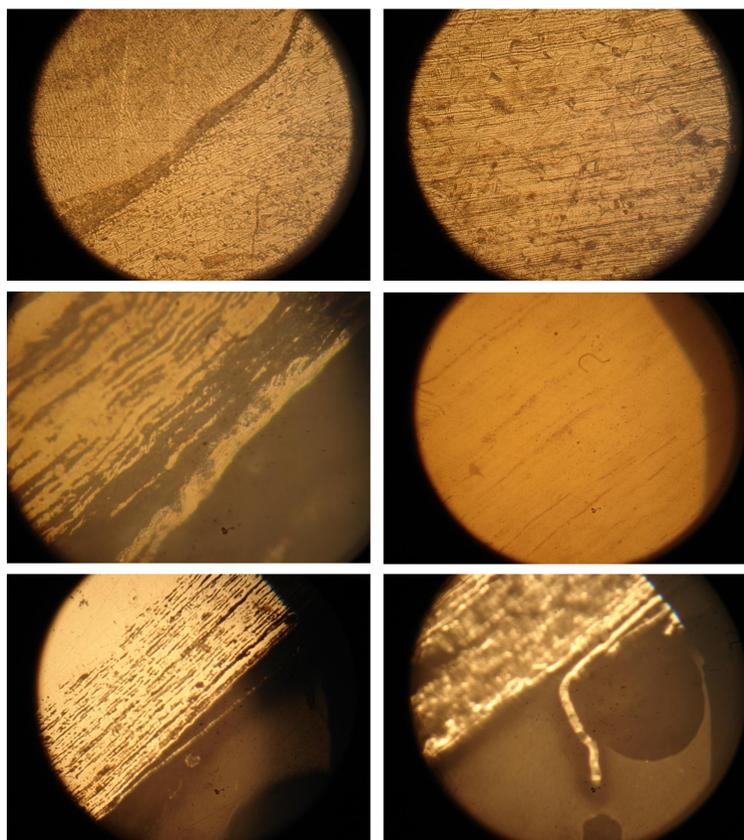
- Espectroscopia de emissão por centelhamento.
- Triplicata das amostras, metal base metal da solda.

Resultados e discussões

Análise das Metalografias

As imagens mostram que houve precipitação de carbonetos, alinhados, no sentido da conformação mecânica no entorno da solda (ZAC).

Esse alinhamento de carbonetos causou uma espécie de desfolhação no material, agravando o processo corrosivo.



O que também pode ser notado é uma estrutura dendrítica (estrutura bruta de fusão) na zona fundida, que também estaria suscetível a sofrer algum processo de corrosão, mas não se observou precipitação de carbonetos.

Análise Química

Amostras	%C	%Si	%Mn	%P	%Cr	%Mo	%Ni	%W
ASI316L	0,03	0,75	2	0,05	16	2	10	-
Solda	0,037	1,04	1,31	0,37	19,3	2,33	11	0,02
Tubo(U)	0,044	0,47	1,76	0,02	18,4	0,25	8,17	0,02
Tubo(reto)	0,033	0,37	1,19	0,03	15,8	2,07	10,1	0,04

Se percebe que o material do tubo está fora da especificação, principalmente quanto ao %C; que é crítico, pois a precipitação de carbonetos depende diretamente na quantidade de carbono no aço.

Além disso esse aço possui resistência a corrosão inferior ao AISI 316L por possuir teor muito inferior de molibdênio.

A parte da tubulação, levemente corroída (parte reta) trata-se de um aço AISI 316L no entanto com o teor de cromo (<16%) um pouco abaixo da especificação.

O material fundido da solda é um AISI 316L no entanto com o teor de carbono acima do máximo permitido. Isso não significa que o teor de carbono do metal adição esta fora da especificação, pois o material analisado foi o da solda, que sofre uma diluição com o material base do tubo (em U) onde o teor de carbono é de 0,044%

Taxa de Corrosão

Amostras	Área [mm ²]	Peso _i [g]	Peso _f [g]	ΔP [g]	Taxa Corrosão [mm/mês]	Limite por norma
ZAC não atacada	607,8112	6,0847	6,0214	0,0633	0,04	0,05
Solda	428,8552	3,4911	3,3118	0,1793	0,16	0,05
ZAC atacada	287,8067	2,9822	2,9291	0,0531	0,071	0,05
Metal de base	434,5048	4,3634	4,3352	0,0282	0,025	0,05

Nota-se a zona afetada pelo calor que sofreu corrosão ultrapassou o limite superior sugerido, confirmando a sensibilização do aço a corrosão intergranular. Já a zona afetada pelo calor não corroída apresentou uma taxa de corrosão inferior ao limite para esse ensaio indicando estar menos sensibilizada. Isso se deve provavelmente a uma maior taxa de resfriamento ou um aporte térmico maior neste lado da solda do que no outro.

A solda sofreu uma perda de massa superior as outras amostras, mas isso se deve provavelmente a uma sensibilidade maior a outros processos corrosivos, e não a sensibilização para corrosão intergranular, já que não se detectou a presença de carbonetos na zona fundida, além de apresentar um estrutura ser menos refinada.

Conclusões

Este trabalho mostrou que o grande causador desta deterioração precoce nas tubulações foi:

- O aço ter o teor de carbono acima do permitido por norma;
- O processo de soldagem causou a precipitação de carbonetos de cromo, gerando corrosão intergranular ao longo das linhas de deformação próximo a solda;
- O fato de um lado somente ter sofrido um ataque severo provavelmente se deve a alguma variável do processo de soldagem ou estrutural;
- A solda apesar de ter uma estrutura menos refinada não apresentou corrosão, nem precipitação de carbonetos apesar de ter mostrado uma alta taxa de corrosão no teste realizado em ácido nítrico da norma ASTM A262.