

REPARO POR SOLDAGEM EM UM VASO EVAPORADOR DE SODA CÁUSTICA FABRICADO EM NÍQUEL

Jaquaraci de Souza¹, Manoel Carreira Neto¹

¹SENAI/Cimatec, E-mail: jaquaraci@gmail.com; manoelc@fieb.org.br;

Resumo: *O reparo por soldagem com instalação de chapas de sacrifício, (lining) em materiais a base de níquel e ligas de níquel, é uma técnica bastante aplicada na recuperação de equipamentos, como vasos evaporadores, fabricados em níquel puro, e que processam produtos corrosivos, como a soda cáustica. Na preparação e limpeza para a soldagem do níquel a acetona, (CH₃ - CH₃) é o produto recomendado e comumente utilizado como procedimento normal de limpeza da superfície. Neste trabalho de recuperação em espaço confinado e com a necessidade de neutralização das regiões impregnadas pela soda cáustica, a acetona foi substituída por recomendação do cliente, pelo vinagre (ácido acético). O presente artigo visa avaliar através dos ensaios não destrutivos de visual (EVS) e líquido penetrante, (LP), a influência do método de limpeza e neutralização com vinagre nos resultados a serem obtidos. Na avaliação dos resultados não houve descontinuidades visuais em quantidade e qualidade diferentes, comparando com o método de limpeza normal com acetona*

Palavras-Chaves: *Níquel; Soldagem; Corrosão-Erosão; Soda Cáustica; Neutralização;*

Abstract: *Welding repair with lining in nickel-based materials and nickel alloys is a well-applied technique for recovering equipment such as evaporating vessels made of pure nickel and processing products Such as caustic soda. In the preparation and cleaning for welding nickel to acetone, (CH₃ - CH₃) is the recommended product and commonly used as a normal surface cleaning procedure. In this work of confined space recovery and with the need to neutralize the regions impregnated by caustic soda, acetone was replaced by customer's recommendation for vinegar (acetic acid). This paper aims to evaluate the influence of the cleaning and neutralization method with vinegar on the results to be obtained through non - destructive tests of visual (EVS) and penetrating liquid (LP). In the evaluation of the results there were no visual discontinuities in different quantity and quality, comparing with the normal cleaning method with acetone*

Keywords: *nickel; welding; Corrosion - Erosion; Caustic soda; Neutralization;*

1. INTRODUÇÃO

Os equipamentos metálicos industriais dos setores químicos e petroquímicos sofrem deterioração ao longo de suas campanhas nos processos de fabricações dos seus produtos. Essas deteriorações, também chamadas de danos, podem provocar sérios riscos de segurança aos próprios equipamentos, às pessoas e ao meio ambiente. Os vasos evaporadores fabricados em níquel, são equipamentos resistentes a corrosão no processamento da soda cáustica (NaOH) na indústria química. Mesmo em condições normais de uso e controles do processo estão sujeitos ao mecanismo de dano por corrosão erosão na parte interna em regiões de maior contato e fluxo turbulento.

A substituição deste equipamento sujeito a falha pelo ataque corrosivo seria o método ideal. Entretanto, os custos elevados e os prazos desta operação incentivam a discussão de formas de se prolongar a sua utilização através de reparos. Os tipos de reparos mais comuns são: substituições trechos do costado, revestimento com solda e instalação de *lining* (chapa de sacrifício) nas regiões com baixa espessura.

O procedimento para instalação de *lining* é recomendado para a situação em que a perda de espessura por erosão no costado caracterize uma condição próximo à deficiência, ou seja, espessura remanescente próxima, porém maior que a espessura mínima. Nessa condição são atendidos os custos benefício, os prazos de perda de produção e requisitos de segurança, obtendo resultados desejados de acordo com os códigos de projeto.

A especificidade deste reparo ficou na limpeza e preparação da superfície a ser soldada devido às impregnações remanescentes de soda cáustica nas regiões de instalação de *lining*. A realização da neutralização com ácido acético (vinagre) foi de suma importância no sucesso da soldagem.

Diante do exposto, neste trabalho, foi avaliado a influencia do método de limpeza e neutralização com ácido acético nas regiões a serem soldadas, através dos ensaios destrutivos e não destrutivos, que foram requeridos para garantir a sanidade das soldas e integridade do vaso evaporador.

1.1 Níquel (Ni) / Soda Cáustica (NaOH)

A indústria de processamento químico envolve uma grande variedade de ambientes corrosivos. Assim como, uma variedade de metais de níquel e suas ligas para formar ambientes cada vez mais resistentes aos ataques de corrosão nas transformações de produtos industriais. Desses materiais, o níquel da série 200 (níquel comercialmente puro 99,6%) é largamente utilizado na produção do hidróxido de sódio (NaOH) pela sua resistência a corrosão em concentrações de 11 a 15% e concentrados por evaporação até 50% ou mais [1][8].

1.2 Soldabilidade do Níquel e Suas Ligas

O níquel e suas ligas são selecionados principalmente pelas suas propriedades de resistência a ambientes corrosivos, em altas e baixas temperaturas. As ligas de níquel são identificadas por símbolos de suas composições químicas, o que facilita na escolha dos processos de soldagem adequados, além das técnicas e variáveis a serem utilizadas para minimizar a ocorrência de defeitos. Embora nomes comerciais como inconel e hastelloy sejam comumente utilizados nos casos de “super ligas”, em termos de soldabilidade, as ligas de níquel podem ser classificadas de acordo com a maneira pela qual os elementos de liga se posicionam no material. Desta forma, atuam nas propriedades. As ligas de níquel podem ser classificadas como ligas endurecidas por solução sólida e ligas endurecidas por precipitação [10][12].

As ligas formadas por solução sólida são: Níquel puro, Ni-Cu e Fe-Ni-Cr, essas ligas são normalmente soldadas na condição recozida. Como a zona termicamente afetada (ZTA) não sofre transformações, não é requerido tratamentos térmicos após soldagem. Enquanto as ligas endurecidas por precipitação que são: Ni-Cu-Al-Ti, Ni-Cr-Al-Ti e Ni-Cr-Fe-Al-Ti. Essas ligas podem ser suscetíveis a trincas a frio [10] [12].

A maioria das ligas de níquel pode ser soldada pelos processos TIG (Tungsten Inert Gas) ou MIG (Metal Inert Gas). Outros processos, como Eletrodo Revestido e Arco Submerso são menos utilizados [10] [12].

Ligas endurecidas por solução sólidas são normalmente soldadas na condição recozida, enquanto ligas endurecidas por precipitação na condição tratada termicamente. O pré-aquecimento não é necessário, ou seja, o material deve estar na temperatura ambiente, a menos que se tenha risco de umidade de condensação. Porém é recomendado antes da soldagem para materiais que sofreram tensões residuais [10][12].

Tratamento térmico pós-soldagem normalmente não é necessário, mas pode ser requerido para ligas endurecidas por precipitação, ou para fins de refazer o alívio das tensões e evitar trincas de corrosão sobtensão [10] [12].

Os metais de adição utilizados normalmente contêm composições químicas muito próximas dos metais de base. Entretanto, em sua grande maioria, pequenos teores de alumínio, titânio e ou nióbio, são necessários para minimizar os riscos de trincas e porosidades [10] [12].

Níquel e suas ligas são facilmente soldáveis, porém é essencial que as superfícies estejam suficientemente limpas imediatamente antes da soldagem. O método normal de limpeza é a remoção de pequenas camadas dos óxidos superficiais por esmerilhamento e em seguida escovar. No final, uma limpeza com acetona para eliminar possíveis hidrocarbonetos [10] [12].

As discontinuidades mais comuns encontradas na soldagem são: porosidade, inclusão de óxidos, falta de fusão entre passes, trincas de solidificação e micro trincas. Precauções adicionais devem ser tomadas contra eventuais defeitos pós-soldagem, tais como: trincas de reaquecimentos ou de tratamento térmico pós-soldagem e trincas de corrosão sobtensão [10] [12].

As porosidades podem ser causadas pelo oxigênio e nitrogênio da atmosfera, por óxidos ou pela contaminação de hidrogênio da superfície. Cuidados com a limpeza das superfícies das peças a serem soldadas, o uso de metais de adição contendo desoxidantes, a pureza e eficiência do gás de proteção nos processos TIG e MIG, além do gás de proteção da raiz, irão reduzir os riscos e produzir soldas com ótimos acabamentos e com mínima porosidade [10] [12].

A inclusão de óxidos falta de fusão e inclusão de escórias, ocorrem porque o óxido formado na superfície nas ligas de níquel tem uma temperatura de fusão maior que a temperatura do metal de base; assim podem se solidificar durante a soldagem e formar inclusões. Devido a sua difícil remoção, em soldagem multipasses podem causar falta de fusão [10][12].

Trincas de solidificação no metal de solda podem ser controladas por algumas variáveis tais como: composição dos elementos de liga, processos de soldagem, mínima restrição e técnicas e condições de soldagem adequadas [10][12].

Micro trincas, similares as que aparecem nos aços inoxidáveis austeníticos são susceptíveis, também nas ligas de níquel e não podem ser controlados pelo soldador. Também chamadas de trincas de liquação, elas ocorrem em regiões do metal de solda e ZTA. Os fatores externos de controle para minimizar a suscetibilidade são: redução do tamanho dos grãos ou o conteúdo de impurezas através de tratamentos térmicos de solubilização ou homogeneização com resfriamento rápido [12].

Trincas de tratamento térmico pós-soldagem, também conhecidas como trincas de reaquecimento, ocorrem durante o tratamento de envelhecimento para endurecimento por precipitação, mas pode ser minimizada pelo pré-tratamento de solubilização das ligas antes da soldagem [12].

Trincas de corrosão sob tensão, na grande maioria das ligas de níquel, não são susceptíveis para o metal de solda e ZTA. Entretanto, ligas da série 400 em ambientes com soda cáustica e ácidos sulfúricos são possíveis. Corrosão sob tensão também pode ocorrer nas ligas de cromo-níquel em ambientes aquosos de altas temperaturas. Para estes ambientes, metais de adição de alto cromo têm sido desenvolvidos para soldas e revestimentos [12].

1.3 Histórico do Equipamento

O equipamento cujo reparo por soldagem esta descrito neste trabalho, trata-se de um evaporador de soda cáustica (NaOH) que opera em uma temperatura de trabalho em 155°C. A pressão de trabalho fica entre 0,3 a 0,85 Kgf/cm² e é bem menos que a pressão de projeto de 3 Kgf/cm².

O tempo de operação do equipamento é de aproximadamente quarenta anos, sendo que este foi o primeiro reparo com grande dimensão e necessidade de instalação de *lining*, (chapa de sacrifício) apesar do monitoramento periódico é inevitável este tipo de ocorrência pela sua forma de processamento turbulento helicoidalmente em uma região interna específica. Mesmo assim, não há registros de falhas ao longo destes anos de operação.

2. METODOLOGIA

2.1 Materiais Utilizados

O material do Evaporador tem como especificação SB-162- ALLOY 200 – UNS N02200. O material utilizado como *lining*, chapa com espessura de (1/8”) 3,2 milímetros NÍQUEL 200, SB-162 UNS N02200 [3].

O metal de adição (consumível de soldagem) utilizado, pertencendo à especificação, AWS/SFA 5.11, diâmetro 3,2 milímetros. Enquanto que o gás de proteção o argônio (Ar) com 99,5 de pureza [6].

Tabela 1. Composição química dos metais de base e adição.

Elemento	Níquel (UNS N02200)	Metal de Adição AWS/SFA 5.11 (UNS W-82141)
Níquel mínimo	99,0	93,0
Cobre máximo	0.25	0,25
Ferro máximo	0,40	1,0
Manganês máximo	0,35	1,00
Carbono máximo	-----	0,15
Silício máximo	0,35	0,75
Enxofre máximo	0,01	0,015

Fonte: ASME II, Partes B e C, Ed. 2010

2.2 Processo de Soldagem Utilizado

No caso específico deste reparo por soldagem, o processo TIG foi utilizado, sendo que a escolha tornou-se essencial para maior controle e monitoramento da poça de fusão, na detecção de anormalidades durante a soldagem e contaminação após o tratamento de limpeza e neutralização.

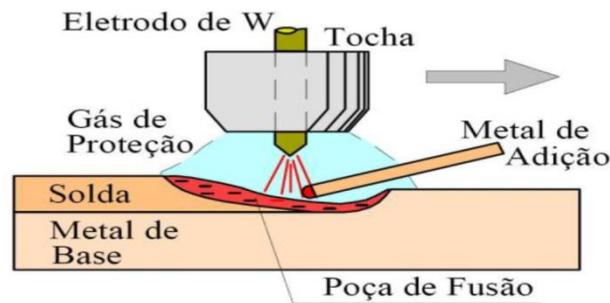


Figura 1. Esquema do processo de soldagem TIG. [9]

2.3 Procedimento de Soldagem Executado

Antes da elaboração do procedimento de soldagem (EPS anexo 1) foi feito um registro de qualificação do procedimento de soldagem (RQPS anexo 2), documento que descreve todas as variáveis durante a soldagem da peça de teste. Os testes requeridos pelo código foram aprovados e o procedimento de soldagem elaborado de acordo com os requisitos do código (ASME VIII Divisão 1), *American Society of Mechanical Engineers*, norma de fabricação de vasos de pressão, que tem como norma auxiliar de soldagem o ASME Seção IX [7] [9] [10].

2.4 Procedimento de limpeza/neutralização

Como descrito anteriormente, o equipamento trabalha na produção de soda cáustica. Para evitar uma possível contaminação de resíduos do produto ou problemas gerados pelo elevado Ph (acidez) associados a este produto, um procedimento de limpeza e neutralização da superfície exposta à soda cáustica foi elaborado antes da execução da soldagem. Este procedimento consiste em uma sistemática conforme descrito no anexo 3 (três), com todas as etapas de:

- Lavagem com água;
- Limpeza e secagem;
- Neutralização da superfície com ácido acético ou (vinagre de cozinha) seguido de aquecimento e resfriamento;
- Verificação de Ph [11].

2.5 Ensaios não destrutivos aplicados

Os ensaios não destrutivos (ENDs), requeridos pela norma de acordo com o procedimento foram:

- Exame visual de soldagem (EVS), com extensão de 100% em todas as camadas e todos os perímetros soldados [5].

- Líquido penetrante (LP), com extensão de 100% em todas as raízes e acabamento e todos os perímetros soldados [5].

2.6 Testes de estanqueidade

Foram realizados os testes de estanqueidade localizados em todas as chapas soldadas, para garantir a sanidade das soldas e integridade do equipamento. Nos casos de defeitos, após a identificação foram avaliados e redefinidos os planos específicos de reparos com soldagem, bem como a repetição dos END Definitivos [5].

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os procedimentos da RQPS, (anexo 1) exigidos pelos códigos de projeto do equipamento, (ASME VIII DIVISÃO 1. 2010) e a norma de soldagem, (ASME IX EDIÇÃO 2010) tiveram resultados satisfatórios e gerou uma EPS (anexo 2) de onde foi elaborado um procedimento padrão, além de instruções de trabalho com passo a passo das atividades a serem seguidas em todo o processo de limpeza, neutralização (anexo 3), montagem, ponteamto e soldagem. Um inspetor de soldagem qualificado e certificado acompanhando todas as variáveis de soldagem do procedimento qualificado, os ensaios não destrutivos de EVS foram aprovados, bem como o teste de estanqueidade.

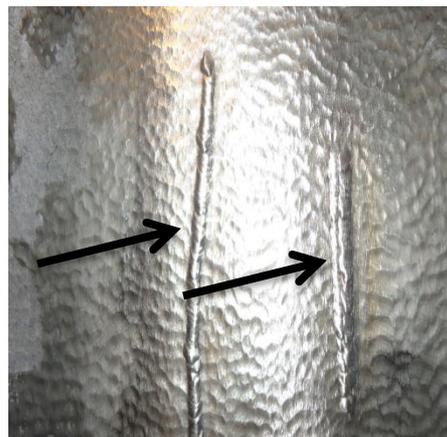
Cabe notar que o aspecto visual da soldagem do níquel é bastante susceptível, a formação de coloração característica pela formação de óxidos. O sucesso do procedimento executado pode ser em grande parte relacionado com o procedimento de limpeza e neutralização aplicado nas regiões atingidas pela soda cáustica. Este método, utilizado na indústria química, é pouco conhecido na área de soldagem, devido a especificidade da natureza do produto que o equipamento processa.

As figuras de 1 a 10 mostram através de fotos e setas de forma sequencial a execução do reparo dentro do equipamento. Nas figuras 1 e 2 é possível notar a condição dos danos por erosão do equipamento antes do reparo e alguns cordões de solda executados para teste de parâmetros de soldagem (Teste de soldabilidade).

Figuras 1 e 2 - Cordões de solda no teste de soldabilidade em região com erosão/corrosão

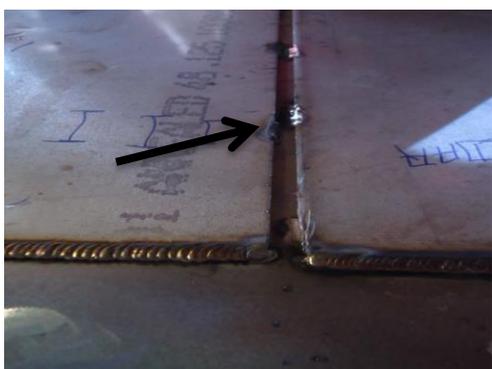


Fonte – Própria



Fonte – Própria

Figura 3: Chapas Ponteadas



Fonte – Própria

Figura 4: Aspecto da solda sem EVS



Fonte – Própria

Figura 5: Aspecto da solda escovada



Fonte – Própria

Figura 6: Aspecto da solda escovada



Fonte – Própria

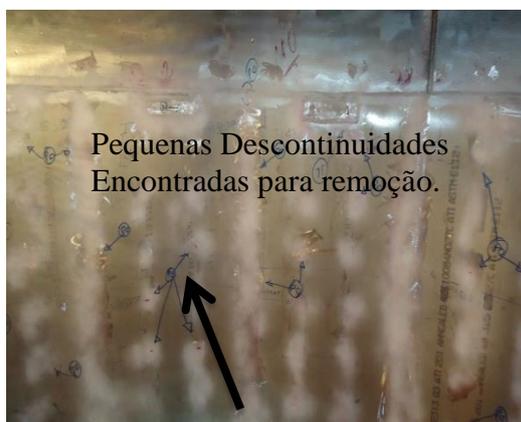
Figura 7: Cordão de solda com EVS



Figura 8: Face da Solda esmerilhada



Figura 9: Ensaio de LP em execução



Fonte – Própria

Figura 10: Ensaio de LP Aprovado



Fonte – Própria

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em condições normais, uma solda de recuperação, exige maiores cuidados em sua preparação e limpeza antes da soldagem se comparado com a execução de uma solda nova. Neste caso específico, visto neste trabalho, a situação obrigou além da preparação e limpeza, uma neutralização com vinagre, não sendo possível, o uso da acetona na limpeza após montagem por causa do risco em espaço confinado. Entretanto, na avaliação dos resultados dos ensaios requeridos, não houve alteração nos resultados obtidos, que foram satisfatórios e sem mudanças significativas na coloração da solda. Fica como sugestão, uma pesquisa deste elemento vinagre, (ácido acético) para uso na limpeza na preparação para soldas de níquel e suas ligas, como uma alternativa em substituição a acetona, devido ao seu baixo potencial de risco, principalmente em espaços confinado.

5. REFERÊNCIAS

1. ASM-HANDBOOK. Corrosion. J.R.Crum, Inco Alloys International, Inc. volume 13 p. 653.
2. ASM-HANDBOOK. Corrosion. Samuel Dwight Kiser, Inco Alloys International, Inc. volume 13 p. 652.
3. ASME II, Part B, Nonferrous Materials Specifications edição 2007.
4. ASME Seção IX , Welding and Brazing Qualifications edição 2010.
5. ASME Seção VIII Div 1, Rules for Construction of Pressure Vessels edição 2010.
6. ASME II, Parte C, Specification for Rods, Electrodes and Filler Metals edição 2010.
7. BARBOSA, Indicadores e Titulação ácido-base, Disponível em: Internet Google, www.ebah.com.br/content. Acesso em 03 dez.2015
8. CALLISTER, WILLIAN D. Jr. Fundamentos da Ciencia e Engenharia de Materiais. Seg. edição. P. 503 Ano 2006.
9. MODENESE, Marques, Santos. Introdução à Metalurgia da Soldagem. Metalurgia da Soldagem - 6.1. Janeiro 2012.
10. MODENESE, Marques, Santos. Soldabilidade de Algumas Ligas Metálicas. Janeiro 2011.
11. <https://www.google.com.br/search?q=ARTIGO+SOBRE+REAÇÃO+DE+NEUTRALIZAÇÃO>. Acesso em: 25 de Jan.2016.
12. WELDABILITY OF MATERIALS – nickel and nickels alloys – <http://www.twi-global.com> Acesso em 03 de Dez. 2015.