

*Ricardo Augusto Faria
Paulo S. S. Bálamo
Ricardo José Costa*

Introdução

O mercado atual visa a gradual substituição de caixas d'água de amianto por outros materiais, devido ao efeito nocivo das mesmas. Dentre os novos materiais está o aço inoxidável que, além de apresentar uma elevada assepsia e resistência à corrosão, tem um papel importante na qualidade da água utilizada nas residências. Apesar de ser um produto novo no Brasil, países como Taiwan e Tailândia têm utilizado caixas d'água de aço inoxidável austenítico AISI 304 há mais de 5 anos.

Para o mercado brasileiro, foi feita uma inovação no tipo de aço inoxidável, sendo a caixa d'água feita de aço inoxidável ferrítico AISI 444. A escolha deste material está relacionada com sua melhor resistência à corrosão atmosférica e por pite aliada a um menor preço, quando comparado com o aço inoxidável austenítico AISI 304. As caixas d'água são montadas a partir de kits soldados por costura, conforme mostradas na figura 1, que compõem um conjunto de três soldas: uma do corpo e duas unindo as calotas inferior e superior ao corpo.



Figura 1 - Caixas d'água de aço inoxidável ferrítico 444.

A soldagem dos kits é realizada pelo processo de soldagem por costura, normalmente em máquinas monofásicas que sofrem pequenas adaptações para acomodar o corpo da caixa d'água. A escolha deste processo de soldagem deve-se à menor espessura das chapas (0,50mm). Sua grande vantagem está na elevada produtividade. Devido à soldagem ser com as chapas sobrepostas, é necessário ter-se um controle do tamanho desta sobreposição, a fim de garantir ausência de frestas, tanto na parte interna quanto na externa das caixas d'água.

Atualmente este tamanho é da ordem de 1,5 vezes a largura do disco de soldagem.

Um grande desafio encontrado na soldagem destes aços está relacionado com o desconhecimento da soldabilidade em processo dos aços inoxidáveis. Geralmente estes processos são utilizados para aços galvanizados na indústria automobilística, e um pouco para ferríticos, por apresentarem uma alta condutividade elétrica, necessitam de correntes de soldagem mais elevadas que os austeníticos.

Foi realizado um projeto de pesquisa com a finalidade de desenvolver montadores de caixa d'água distribuídos pelo Brasil através de treinamento e otimização dos parâmetros de soldagem. Foram criadas metodologias de avaliação das soldas e ensaios metalográficos em soldas realizadas no Centro de Pesquisa da ACESITA que permitiram a obtenção de parâmetros ideais para os montadores.

Desenvolvimento

Soldagem

A principal característica da soldagem por costura dos aços inoxidáveis em relação aos demais aços está na utilização de uma refrigeração contínua da chapa durante a soldagem. Esta refrigeração da chapa permite a obtenção de uma solda com melhor qualidade superficial. Devido a caixa d'água necessitar de um apelo estético, é necessário que as soldas tenham uma tonalidade mais clara, ou seja, menos oxidada.

A tabela 1 mostra os parâmetros que foram estudados a fim de otimizar a soldagem do aço AISI 444. Devido à maioria das máquinas de soldagem por resistência elétrica apresentarem o valor de corrente em porcentagem, foi utilizado um amperímetro que permitiu a conversão para quilo ampères (kA), sendo uma unidade de referência para todas as máquinas. As soldas foram realizadas em uma máquina monofásica do tipo universal (permite a soldagem transversal e longitudinal) cuja potência máxima é de 200KVA.

Tabela 1 - Parâmetros de soldagem para o processo costura

	Corrente (kA)	Pressão (Kgf/cm ²)	Velocidade (cm/min)		Corrente (kA)	Pressão (Kgf/cm ²)	Velocidade (cm/min)
1	4,04	3,5	250	7	5,09	3,5	190
2	4,50	3,5	250	8	5,65	3,5	190
3	5,09	3,5	250	9	4,04	3,0	190
4	5,65	3,5	250	10	4,50	3,0	190
5	4,04	3,5	190	11	5,09	3,0	190
6	4,50	3,5	190	12	5,65	3,0	190

Análise visual

A análise visual das amostras teve o único objetivo de relacionar a qualidade superficial da solda com a corrente de soldagem utilizada, a fim de obter-se um padrão de qualidade superficial. Esta análise foi realizada a olho nu e as amostras foram classificadas como: solda limpa (SL), solda pouco escura (SPE) e solda escura (SE), conforme visto na figura 2.



A figura 3 mostra a relação entre os parâmetros de soldagem e a qualidade superficial da solda que permitiram definir a melhor condição de soldagem com relação à qualidade superficial.

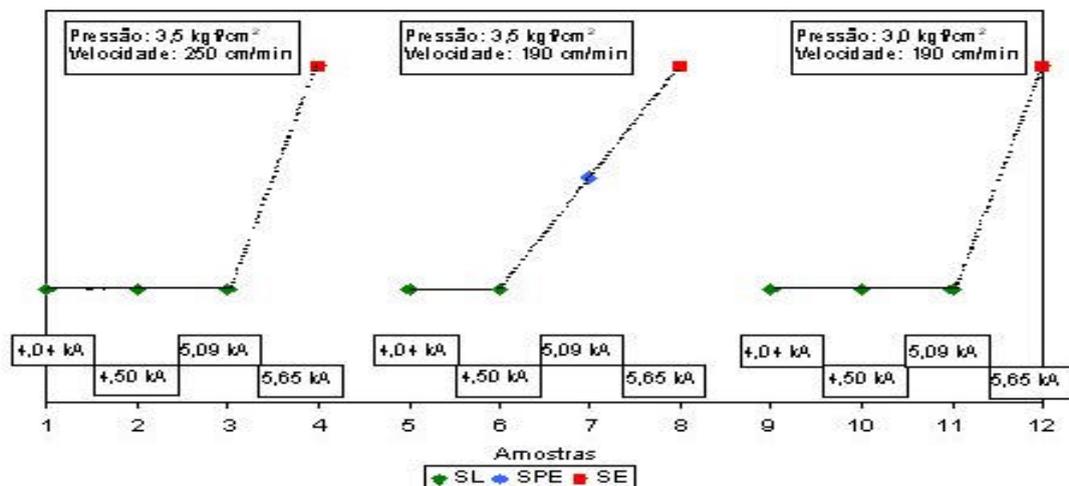


Figura 3 - Qualidade superficial das soldas em função dos parâmetros de soldagem estudados.

Conforme visto na figura 3, o apelo estético e uma melhor resistência à corrosão da solda levam à necessidade de uma solda mais clara (menos oxidada). Esta qualidade superficial geralmente é garantida através da refrigeração das peças durante a soldagem, com uma vazão bastante expressiva. Parâmetros de soldagem inadequados levam ao escurecimento da solda, como é o caso de uma corrente elevada e/ou uma baixa velocidade de soldagem.

Análise metalográfica

A análise metalográfica foi realizada com o ataque colorante (H₂SO₄, HF e HNO₃) a fim de ter-se uma melhor revelação da “lente” de soldagem. A figura 4 mostra a microestrutura de duas amostras soldadas por costura com diferentes parâmetros.

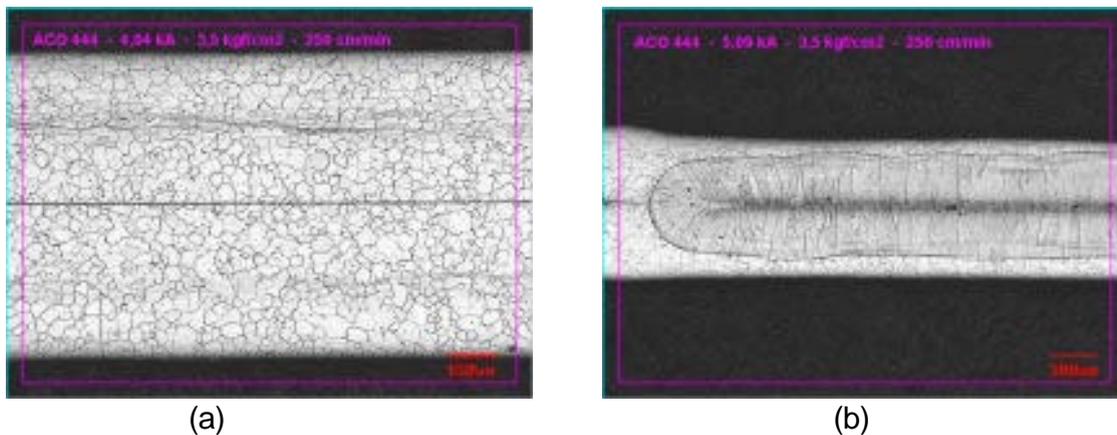
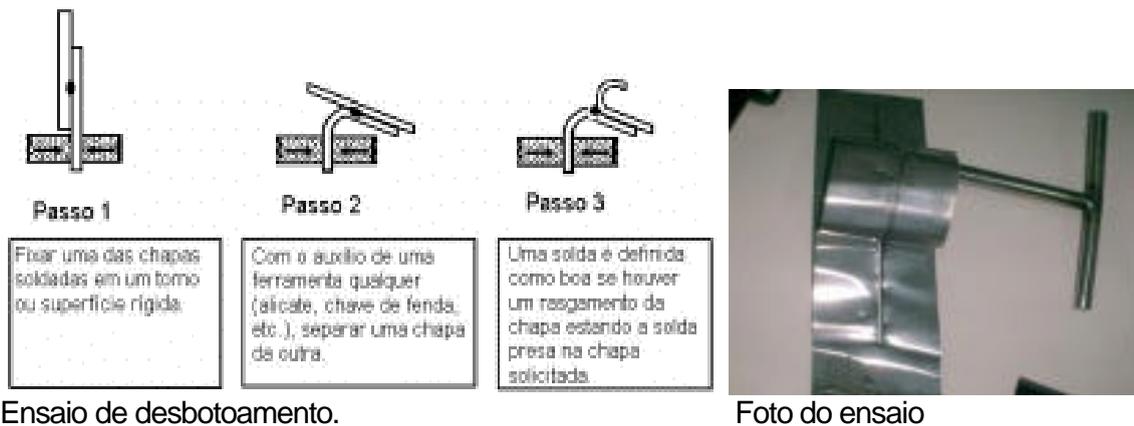


Figura 4 - Microestrutura da junta soldada das amostras 1 e 3. (a) sem lente (b) com lente

A presença ou não de “lente” em uma junta soldada está relacionada com a corrente, ciclo e

Ensaio de desbotoamento

O ensaio de desbotoamento, como pode ser observado na norma QW 462.8 da seção IX do Código ASME, é bem simples tendo a vantagem de ser realizado ao pé do equipamento. A figura 5 mostra como é executado o ensaio.



Ensaio de desbotoamento.

Foto do ensaio

Figura 5 - Etapas do ensaio de desbotoamento conforme código ASME QW 462.8.

O ensaio de desbotoamento é um ensaio qualitativo bastante utilizado para prever a resistência mecânica de soldas por costura. Sua principal utilização se dá no momento da definição dos parâmetros de soldagem a serem utilizados.

A figura 6 mostra o resultado deste ensaio comparando com os parâmetros de soldagem utilizados.

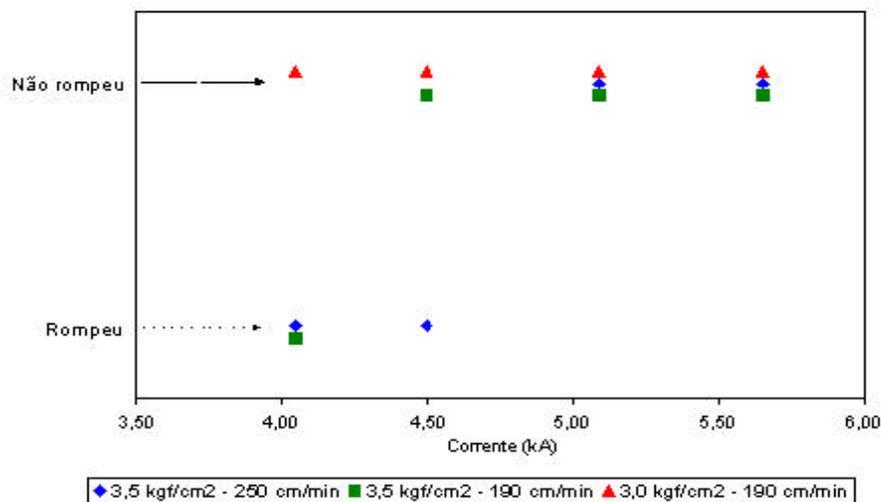


Figura 6 - Resultado do ensaio de desbotoamento.

O ensaio de desbotoamento permitiu verificar que, para a velocidade de 190 cm/min, a corrente mínima deve ser de 4,5 kA. O aumento da velocidade de soldagem levou à necessidade do aumento da corrente (5,0 kA), devido ao menor tempo de permanência do disco em cada ponto da chapa. O aumento da pressão do disco sobre a chapa levou à necessidade de um aumento da corrente.

Ensaio de tração

O ensaio de tração foi realizado conforma a norma ASTM E 8M – 98. Foram definidos dois critérios de aceitação da solda:

™ Corpo-de-prova tem que romper no metal base, fora da região da solda;

™ Análise da ductilidade da junta soldada através do alongamento total.

Os corpos de prova foram retirados com a solda estando perpendicular ao mesmo e em seu centro. Foi realizada uma comparação entre o resultado de alongamento e do ensaio de desbotoamento no sentido de correlacionar os mesmos. A figura 7 mostra o resultado desta comparação.

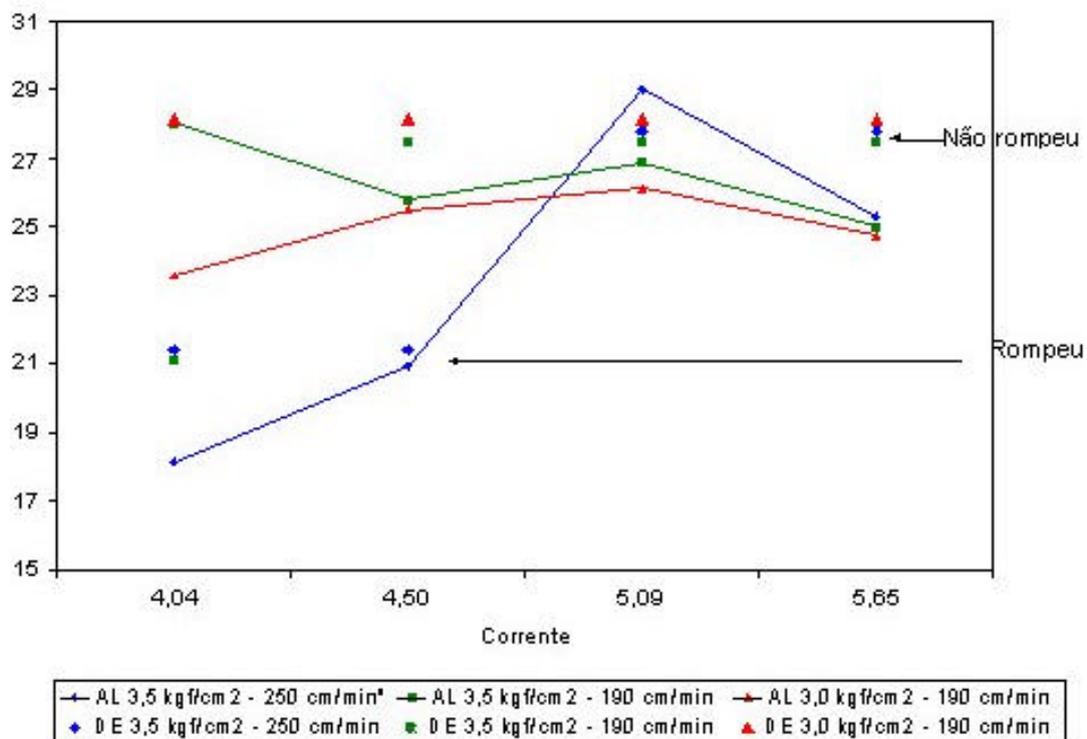


Figura 7 - Correlação entre o ensaio de desbotoamento e de tração para as juntas soldadas.

A figura 7 permite analisar dois fatos:

™ O alongamento apresentou uma redução da ordem de 15% em relação ao metal base, sendo que os parâmetros de soldagem não apresentam um efeito significativo.

™ Comparando-se o ensaio de tração com o de desbotoamento, pode-se verificar que as amostras que apresentaram um alongamento muito baixo, já haviam sido reprovadas no ensaio de desbotoamento.

Ensaio de corrosão

Foram realizados dois tipos diferentes de ensaio de corrosão por fresta nas juntas soldadas, sendo os meios o FeCl₃ e o NaCl. O intuito destes ensaios foi o de simular a condição real e o efeito do meio aquoso (teor de cloretos) na região da solda. Para o caso do FeCl₃, o tempo de permanência das amostras em banho permaneceu o mesmo (72 horas), mas a concentração foi reduzida de 6% para 2% devido à elevada agressividade do ataque. O ensaio com NaCl foi realizado com o mesmo tempo de permanência (72 horas) e a concentração do banho é de 6%.

	NaCl	FeCl ₃		NaCl	FeCl ₃
1	0,00245 ± 2,1 x 10 ⁻⁵	0,6246±0,02	7	0,00241 ± 2,3 x 10 ⁻⁴	0,7341±0,19
2	0,00376 ± 2,6 x 10 ⁻⁴	0,7622±0,06	8	0,00279 ± 1,3 x 10 ⁻⁴	0,7859±0,00
3	0,00296 ± 8,3 x 10 ⁻⁴	0,6798±0,24	9	0,00211 ± 5,0 x 10 ⁻⁴	0,7803±0,01
4	0,00344 ± 4,2 x 10 ⁻⁵	0,8893±0,13	10	0,00269 ± 9,9 x 10 ⁻⁵	0,7612±0,02
5	0,00305 ± 1,4 x 10 ⁻⁵	0,6560±0,16	11	0,00461 ± 1,9 x 10 ⁻³	0,7585±0,02
6	0,00268 ± 1,1 x 10 ⁻³	0,8761±0,02	12	0,00248 ± 1,3 x 10 ⁻⁴	0,7919±0,01

O resultado do ensaio de corrosão mostrou que a junta soldada do aço AISI 444 apresenta uma ótima resistência com uma perda de massa pouco significativa. Como era de se esperar, o ensaio com FeCl₃ é mais agressivo levando a uma maior perda de massa. Não foi verificada nenhuma relação entre a resistência à corrosão e os parâmetros de soldagem. A melhor resistência à corrosão é obtida através da eliminação de frestas na junta soldada, principalmente na parte interna da caixa d'água que estará em contato maior com o meio aquoso.

Considerações finais

De acordo com o trabalho realizado, foi possível criar parâmetros de soldagem na condição mais otimizada para cada montador. Além disto, foi possível verificar que, com um controle da sobreposição das chapas, a resistência à corrosão em fresta das juntas soldadas do aço inoxidável ferrítico AISI 444 por costura é bastante elevada. O ensaio de desbotoamento mostra-se bastante útil e confiável na aferição dos parâmetros de soldagem, tendo a grande vantagem de praticidade em sua execução.