

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE TUBOS DE AÇO INOXIDÁVEL AUSTENÍTICO COM E SEM COSTURA*

Elie Setton⁽¹⁾
Marcelo Senatore⁽²⁾

Resumo

Tubos em aços inoxidáveis podem ser aplicados na forma “com costura” ou “sem costura”. Sabe-se que dentre as vantagens da aplicação de tubos com costura, destacam-se os menores preços, a maior disponibilidade de produtos, o menor tempo de fabricação e o melhor acabamento superficial. A presença da solda longitudinal, por décadas, foi motivo de objeção técnica para a aplicação de tubos com costura em aços inoxidáveis. Os avanços tecnológicos observados, tanto nos processos de soldagem como nos ensaios desenvolvidos, tornaram o consumo mundial dos tubos com costura em aços inoxidáveis bem superior ao consumo dos tubos sem costura.

O presente trabalho apresenta os resultados de diversos ensaios realizados em tubos com e sem costura, tais como ensaios mecânicos, de corrosão e análise superficial.

Os resultados indicam que os tubos com costura em aços inoxidáveis apresentam excelentes resultados nos ensaios propostos. A presença do cordão longitudinal nos tubos com costura não apresentaram nenhuma desvantagem sobre os tubos com costura. Além disso, os tubos com costura apresentaram melhores condições superficiais que os tubos sem costura.

Palavras-chave: Aços inoxidáveis; tubos com costura; tubos sem costura.

Abstract

Stainless steel tubes are available in seamless and welded process. Welded tubes advantages are known as prices level, high product availability, short lead time in manufacturing and better surface condition. For decades, longitudinal bead, present in the welded tubes, was an objection for welded tubes application. Since welding and tests technology has been improved lately, welded tubes have higher worldwide market share.

Present work shows several test results after submitting seamless and welded tubes. Results indicate that welded tubes have excellent performance concerning tests done. Longitudinal bead in welded tubes does not bring any disadvantage comparing with seamless tubes. Besides welded tubes presented better superficial condition.

Key-words: *Stainless steel; welded tubes; seamless tubes.*

*VII SEMINÁRIO BRASILEIRO DO AÇO INOXIDÁVEL, 23 a 25 de novembro de 2004, São Paulo/SP.

(1) Engenheiro Metalurgista, responsável pelo Depto. da Qualidade INOXTUBOS S/A

(2) Engenheiro Metalurgista, Depto. da Qualidade INOXTUBOS S/A

“As informações e opiniões contidas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade dos autores”.

1. Introdução

O produto denominado “tubo de aço inoxidável” é aplicado em praticamente todas as indústrias de processo, além de componentes de veículos e aplicações estruturais diversas.

Tal produto pode se apresentar ao mercado consumidor na forma de tubos inoxidáveis com costura ou sem costura. O termo “com costura” significa a obtenção do produto tubular a partir da aplicação de um processo de soldagem para a união de duas bordas.

Tubos de aço inoxidável sem costura são obtidos a partir de uma barra maciça, a qual se torna um tarugo, que por sua vez será submetido a um processo de extrusão a quente. No processo de redução a frio, denominado de “pilgering” seguido de trefilação a frio, o tubo alcança suas dimensões finais⁽¹⁾.

No caso dos tubos com costura, as matérias-primas básicas são tiras inoxidáveis, provenientes de bobinas laminas a frio ou a quente. Tais tiras são aplicadas numa largura tal que resultará no diâmetro final do tubo. Tais fitas são encaminhadas para uma máquina formadora na qual seguirão as etapas produtivas de formação, soldagem, acabamento, calibração e corte. A soldagem para tubos com costura em aços inoxidáveis ocorre principalmente por processo TIG sem metal de adição, podendo se aplicar também processo ERW (Electric Resistance Welding), plasma ou laser. Após as etapas descritas, a maioria das normas aplicada exige um tratamento térmico de solubilização, o qual pode ser realizado na própria máquina formadora ou em forno contínuo fora da linha de formação, seguido de decapagem e passivação dos tubos. Diversos testes são realizados durante a fabricação de tubos inoxidáveis com costura, os quais variam de acordo com as exigências de normas, destacando-se ensaio de Eddy Current, ensaio hidrostático, ensaio pneumático, ensaios mecânicos e ensaios de corrosão.

Embora por algumas décadas passadas, algumas objeções técnicas foram colocadas devido a presença de um cordão de solda longitudinal ao tubo, hoje em dia, devido aos avanços tecnológicos observados, os tubos com costura representam a grande maioria do consumo mundial de tubos inoxidáveis.

Dentre as vantagens apresentadas pelos tubos com costura, destacam-se⁽²⁾:

- Menores preços
- Maior disponibilidade de produto no mercado
- Menor tempo de manufatura do produto
- Maior variedade de diâmetros e espessuras disponíveis
- Tolerâncias dimensionais mais estreitas
- Obtenção de tubos com diâmetros elevados
- Melhor condição superficial, portanto maior facilidade em se obter assepsia.

Embora sejam óbvias as vantagens mercadológicas e econômicas dos tubos com costura em aço inoxidável, o presente trabalho tem por objetivo apresentar resultados obtidos após se submeter tubos inoxidáveis com e sem costura a

diversos ensaios destrutivos e não destrutivos, apresentando assim um comparativo técnico entre essas duas formas de obtenção do produto em questão.

2. Materiais e Métodos

Para realização do referido estudo comparativo entre tubos inoxidáveis com e sem costura, inicialmente elegeram-se tubos 1" e 3" SCH 40 S, com e sem costura, todos em aço inoxidável 316 L, cujas medidas e nomenclaturas, se encontram na tabela I:

Tabela I: Nomenclatura das amostras, do tubo e descrição das medidas.

Amostras	Nomenclatura Tubo	Norma ASTM	Medidas Nominais (mm)	Medidas reais (mm)
1C	1" SCH 40 S, com costura	A 312 ⁽³⁾	33,40 x 3,38	33,49 x 3,20
1S	1" SCH 40 S, sem costura	A 312	33,40 x 3,38	33,20 x 3,30
3C	3" SCH 40 S, com costura	A 312	88,90 x 5,49	88,79 x 5,52
3S	3" SCH 40 S, sem costura	A 312	88,90 x 5,49	88,80 x 5,40

A partir das amostras coletadas seguiram-se diversos ensaios destrutivos e não destrutivos como mostra a tabela II. Vale ressaltar que os ensaios de explosão e de corrosão preferencial em cordão de solda, aplicados justamente para se garantir as propriedades do cordão de solda, foram realizados apenas para os tubos com costura.

Tabela II: Ensaios e respectivas normas aplicadas.

Ensaios	Normas	Observações
Dureza HRB	NBR NM 146-1 ⁽⁴⁾	Ensaio realizado pelo Laboratório Bauer Abbo - SP
Ensaio de Tração	ASTM A 370 ⁽⁵⁾	Ensaio realizado pelo Laboratório Bauer Abbo - SP
Flangeamento & Achatamento	ASTM A 370 ⁽⁶⁾	Ensaio realizado pelo Laboratório Bauer Abbo - SP
Teste de Explosão	ASTM A1016M-02a ⁽⁷⁾	Ensaio realizado pelo Laboratório Bauer Abbo - SP (Aplicado somente para os tubos com costura)
Decay Test - Ensaio de corrosão preferencial em cordão de solda	ASTM A 249 S.7 ⁽⁸⁾	Ensaio realizado nos laboratórios da InoxTubos SA (Aplicado somente para os tubos com costura)
Análise de Rugosidade	ASME B46.1 ⁽⁹⁾	Ensaio realizado nos laboratórios da InoxTubos SA

Os ensaios de dureza, tração e os ensaios tecnológicos de flange e achatamento forma realizados com base na norma ASTM A 370.

O ensaio de explosão foi baseado na norma ASTM A1016M-02a, como tentativa de avaliar as condições da solda sob pressão de teste.

O ensaio de corrosão preferencial em cordão de solda (Decay Test) foi realizado conforme norma ASTM A 249, suplemento 7.

Para análise da rugosidade superficial utilizou-se rugosímetro Mitutoyo - Surftest 211, baseando-se o ensaio na norma ASME B46.1

3. Resultados e Discussões

Os resultados dos ensaios de dureza realizados encontram-se resumidos na figura 1. São apresentados três valores por amostra. como seque:

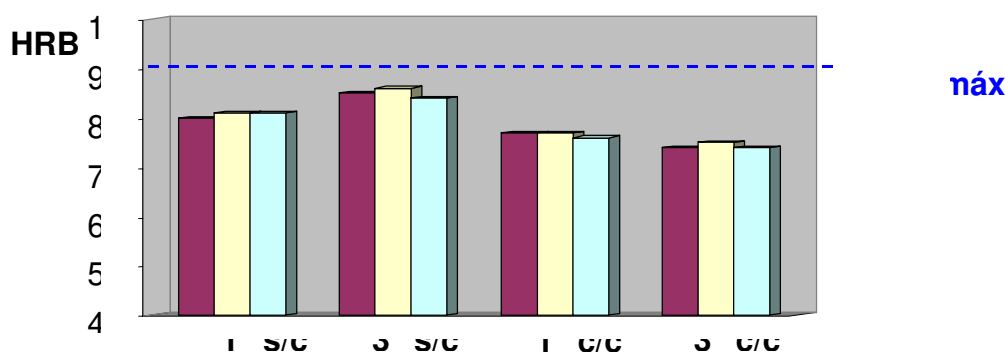


Figura 1: Valores de dureza obtidos para as amostras em questão.

Pode-se inferir pela figura 1 que tanto os tubos sem, como aqueles com costura, apresentaram as três medidas, abaixo da dureza máxima especificada para as respectivas normas.

3.1 Ensaio de Tração

Os resultados dos ensaios de tração realizados encontram-se resumidos na tabela III. São apresentados valores de limite de resistência (LR), limite de escoamento (LE) e alongamento (AL) das amostras, além de novamente, os ensaios de dureza, como segue:

Tabela III: Resultados dos ensaios de tração completos.

Amostra	LR (MPa)	LE (MPa)	Al (%)	Dureza (HRB)	Resultado
	Especificação 485 mín.	Especificação 170 mín.	Especificação 35 mín.	Especificação 90 máx.	
1\" S/C	594	302	65	81	OK
1\" C/C	555	248	73	77	OK
3\" S/C	588	329	50	85	OK
3\" C/C	523	221	66	74	OK

Pode-se observar pela tabela III que todos os valores encontrados no ensaio de tração se encontram dentro do especificado para as normas em questão.

3.2 Ensaios de Flange e Achatamento

Os ensaios de flangeamento, realizados nas amostras, se encontram na figura 2.

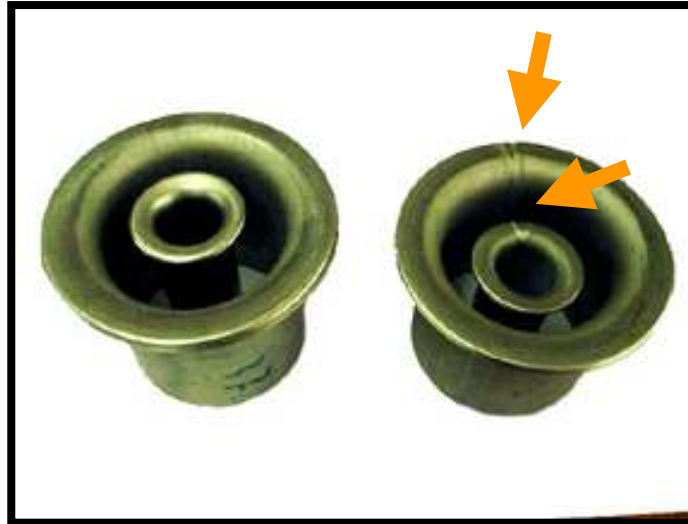


Figura 2: Tubos com e sem costura após ensaios de flangeamento. Setas indicam a solda longitudinal.

Pode-se observar pela figura 2 que os tubos não apresentaram defeitos após o ensaio de flangeamento. As setas da figura 2 indicam região da solda longitudinal dos tubos com costura, sem defeitos após o ensaio .

Por outro lado, os ensaios de achatamento, realizados nas amostras, se encontram na figura 3.



Figura 3: Tubos com e sem costura após ensaios de achatamento.

Observa-se pela figura 3 que nenhuma amostra solicitada no ensaio de achatamento apresentou defeito após o teste.

3.3 Ensaio de Explosão

Baseado na norma ASTM A1016M-02a realizou-se ensaio de explosão nos tubos com costura na tentativa de avaliar as condições da solda. A figura 4 apresenta os valores de pressão obtidos e a condição dos tubos com costura após o teste.

Tabela IV: Comparativo das pressões de teste realizadas

Pressão de teste				
Tubo	Especificado pela norma		Realizado	
	Lbf/pol ²	Kgf/cm ²	Lbf/pol ²	Kgf/cm ²
1”SCH40	2.530	178	7.111	500
3”SCH40	1.544	108	7.111	500



Figura 4: A foto mostra o aspecto das amostras com costura após o teste.

Pode-se inferir pela figura 4 que os tubos com costura, mesmo submetidos a pressões bem maiores do que aquelas especificadas em norma, não romperam no ensaio de explosão. A foto da figura 4 mostra as amostras com costura após o ensaio, sem ocorrência de qualquer ruptura.

3.4 Ensaio “Decay Test”

Este ensaio, baseado na norma ASTM A 249 S.7, consiste em uma verificação das condições da solda e material base quanto à resistência à corrosão. Compara-se por meio de corrosão acelerada da amostra, em ácido clorídrico 50% em ebulição após redução de 40% a 60% da espessura inicial, se ocorreu na junta uma redução de espessura maior, menor ou igual ao material de base. A norma permite que a solda possa ter uma redução de espessura até 25% maior que a redução de espessura ocorrida no material de base ($R \leq 1,25$).

Tabela V: Valores das medições de espessura da amostra de 33,40 x 3,38(mm) para calculo do valor de “R”.

	MB antes	Solda antes	MB depois	Solda depois
	3,08	3,30	1,70	2,42
	3,09	3,33	1,73	2,30
	3,11	3,27	1,68	2,35
	3,07	3,31	1,69	2,17
	3,06	3,32	1,67	2,25
Média	3,08	3,31	1,69	2,30
Valor de R = 0,71			APROVADO	

Tabela VI: Valores das medições de espessura da amostra de 88,90 x 5,49(mm) para calculo do valor de “R”.

	MB antes	Solda antes	MB depois	Solda depois
	5,52	5,60	3,03	4,08
	5,52	5,59	3,05	4,06
	5,54	5,61	3,00	4,10
	5,49	5,60	3,04	4,09
	5,52	5,60	3,04	4,09
Média	5,52	5,60	3,03	4,08
Valor de R = 0,61			APROVADO	



Figura 5: Seqüência do ensaio “Decay test”

Observa-se pelos resultados do ensaio “Decay test”, apresentados nas tabelas IV e V, que a junta soldada tem redução de espessura de 30% a 40% menor que a perda de espessura ocorrida no material de base. Portanto, podemos inferir que a junta soldada apresenta resistência a corrosão equivalente ou superior ao material de base. A figura 6 mostra a seqüência realizada para este ensaio.

3.5 Ensaio de Rugosidade

Com o objetivo de se avaliar as condições superficiais das amostras com e sem costura, submeteu-se as mesmas a ensaio de rugosidade. Vale ressaltar que os

tubos com costura aplicados no presente estudo, são produzidos a partir de bobinas a quente (BQ). Os valores obtidos (média de três inserções por amostra), se encontram na figura 6.

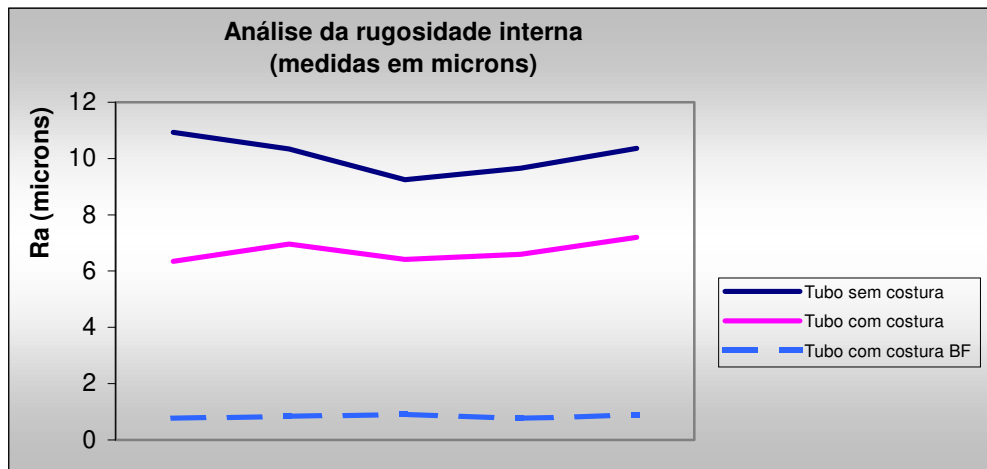


Figura 6: Valores de rugosidade obtidos. (BF – Bobinas a Frio)

Os valores de rugosidade mostrados na figura 6 indicam a melhor condição dos tubos com costura que, mesmo tendo sido produzidos a partir de bobinas laminadas a quente (BQ), apresentam menores valores de rugosidade Ra. Pode-se observar também que tubos com costura de espessura abaixo de 2,0 mm, isto é, produzidas a partir de bobinas laminadas a frio (BF), tendem a apresentar valores de rugosidade bem diminutos.

Sabe-se que valores de rugosidade são inversamente proporcionais ao nível de sanitabilidade das superfícies.

4. Conclusão

Embora as vantagens econômicas da aplicação de tubos inoxidáveis com costura sejam evidentes, principalmente pelos menores preços e pela maior oferta de produto no mercado, muitas dúvidas técnicas surgiram no passado, principalmente pela presença da solda longitudinal.

Ambas as classes de material apresentaram propriedades mecânicas e tecnológicas dentro da especificação das normas aplicadas. Tal fato foi observado após a realização dos ensaios de dureza, tração, flangeamento e achatamento.

As soldas presentes nos tubos com costura não romperam nos ensaios de explosão realizados, mesmo com os valores de pressão tendo sido elevados a níveis superiores ao especificado por norma.

Após a realização de ensaio de corrosão preferencial em cordão de solda, as amostras de tubos com costura foram aprovadas.

Tubos com costura apresentaram valores de rugosidade interna inferiores aos tubos sem costura. Tal fato indica uma maior sanitaridade dos tubos com costura. Após a análise dos ensaios a que foram submetidos tubos para condução, com e sem costura, produzidos em aço inoxidável AISI 316 L, verificou-se que os com costura não apresentaram nenhuma desvantagem técnica sobre os tubos sem costura.

5. Referências Bibliográficas

- (1) Davidsson, I. ; Lundell, U. ; Gilbert A. Tube Promotion Manual. Suécia, Sandvik Steel, 1993, p. 2.4 a 2.11
- (2) AST Pipe & Tube Technical Handbook, Suécia, Avesta Sandvik Tubes, 2000, p. 72.
- (3) ASTM A 312/A 312M – 01a. Standard Specification for Seamless and Welded Austenitic Stainless Steel Pipes, 2003.
- (4) NBR NM 146-1 - Materiais Metálicos Dureza Rockwell - Parte 1: Medição de Dureza Rockwell, 1998.
- (5) ASTM A370 - 02^e. Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products, 2003.
- (6) ASTM A 1016/ A 1016M-02a. Standard Specification for General Requirements for Ferritic Alloy Steel, Austenitic Alloy Steel, and Stainless Steel Tubes, 2003.
- (7) ASTM A 249 / A 249M – 02 S.7. Standard Specification for Welded Austenitic Steel Boiler, Superheater, Heat-Exchanger, and Condenser Tubes, 2003.
- (8) ASME B46.1. Surface Texture (Surface Roughness, Waviness & Lay), 2003.