

## Trabalho de Metalurgia:

Vasos de pressão para frenagem a ar e sistemas auxiliares para veículos a motor e seus reboques, Norma EN 286-2.

Nome do Aluno: Sebastião Rosa – [sebaros@yahoo.com.br](mailto:sebaros@yahoo.com.br)

13/05/2014 , São Bernardo do Campo – SP

Índice.....	Página
Introdução.....	02
Dados do Material utilizado para confeccionar o vaso de pressão.....	03
Qualificação do Procedimento de Soldagem.....	04
Qualificação dos Soldadores conforme Norma EN287-1.....	05/06
Ensaio aplicáveis para qualificação do soldador.....	07
Ensaio Hidrostático no vaso de pressão.....	08/09
Exemplos de defeitos de soldagem / critérios de aceitação.....	10/11
Bibliografia empregada.....	12

- Introdução :

EN 286-2:1992

## 1 Escopo

1.1 Esta parte da presente norma permitindo procedimentos de produção fáceis de usar. Esta Norma Europeia aplica-se ao projeto e fabricação em série de vasos de pressão não aquecidos simples, doravante chamados vasos, projetados para equipamentos de frenagem a ar e sistemas auxiliares para veículos a motor e seus reboques e que:

a) incluam fabricação por soldagem;

b) possuam geometria simples,

1) uma concha cilíndrica de seção transversal circular fechada por pontas planas e/ou côncavas na parte externa, tendo o mesmo eixo de revolução da concha; ou

2) duas pontas côncavas tendo o mesmo eixo de revolução;

c) tenham braços cujo diâmetro não seja maior que 0,5 do diâmetro do cilindro ao qual estão soldados.

1.2 Ela se aplica a vasos planejados para conter apenas ar comprimido e que operem dentro das seguintes restrições:

a) sujeitos a uma pressão interna maior que 0,5 bar;

b) as peças e montagens contribuindo para a resistência do vaso sob pressão devem ser feitas de aço de qualidade sem liga, alumínio sem liga ou ligas de alumínio que não endureçam com o tempo;

c) pressão máxima de trabalho de 30bar, o produto dessa pressão e a capacidade do vaso (PS.V) maior que 50bar litros e que não ultrapasse (PS.V)1500 bar litros;

d) capacidade não superior a 150 litros;

e) temperatura mínima de trabalho não inferior a -50°C e temperatura máxima de trabalho não superior a 100°C.

Ela não se aplica a vasos especificamente projetados para uso nuclear, vasos especificamente projetados para instalação em ou propulsão de navios e aeronaves ou para extintores de incêndio.

3) Produto que será apresentado nesse trabalho, foi projetado conforme norma EN286-2 e seus procedimentos de soldagem e qualificação do soldador conforme norma EN287-1, todos os ensaios de solda são conforme norma acima mencionados.



# REGISTO DA QUALIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDADURA – RQPS

(Welding Procedure Qualification Record Form – WPQR)

ISO 15614-1:2004

Notified Body:1155

Construtor:  
(Manufacturer):

Morada:  
(Address):

São Paulo - SP - Brasil.

Data da execução: 29/03/06 e 13/04/06  
(Date of Welding):

DOMÍNIO DA VALIDADE DA QUALIFICAÇÃO  
(QUALIFICATION- RANGE OF APPROVAL)

1- Processo de soldadura(Welding Process):	Arco metálico com atmosfera gasosa (GMAW - nº 135)
2- Tipo de junta e soldadura(Type of joint and weld):	Em ângulo
3- Material de Base(Parental material group(s) and sub group(s)):	Grupo 1 - sub grupo 1
4- Espessura do material base(Parental Material Thickness (mm)):	1,6 @ 4,5 mm
5- Espessura do metal depositado(Weld Metal Thickness):	4,5 mm
6- Espessura Máxima(Throat Thickness)(mm):	2,3 @ 4,5 mm
7- Único Passo / Vários passos(Single run/ Multi run):	Único passe
8- Diâmetro exterior do tubo(Outside Pipe Diameter )(mm):	25 mm (mínimo)
9- Designação do material de adição(Filler Material Designation):	AWS A5.18 ER 70S-6
10- Marca do Material de adição(Filler Material Make):	BELGO ou GERDAU
11- Tamanho do material de adição(Filler Material Size):	1,0 mm
12- Design. de Gas de protecção/ Fluxo(Designation of Shielding Gas/Flux):	AGAMIX (25% CO <sub>2</sub> + 75% AR)
13- Designação de Purga(Designation of Backing Gas):	Não aplicável
14- Tipo corrente de soldadura(Type of Welding Current and Polarity):	CC (+)
15- Modo de transferência de Metal(Mode of Metal Transfer):	Spray e globular
16- Entrega Térmica(Heat Input):	380 J/mm (máximo)
17- Posições de soldadura(Welding Positions):	Plana e horizontal
18- Pré- Aquecimento(Preheat Temperature):	15° C (mínimo)
19- Temperatura Interpasse(Interpass Temperature):	250° C (máximo)
20- Aquecimento após Soldadura(Post- Heating):	Não aplicável
21- Tratamento Térmico após Soldadura(Post- Weld Heat- Treatment):	Não aplicável
22- Observações(Other Information):	Afastamento da tocha: 16 mm (máximo), vazão do gás de proteção: 16 @ 20 l/min, velocidade de alimentação do arame consumível: 9 @ 13,5 m/min, velocidade de soldagem: 78 @ 108 cm/min, corrente: 197 @ 246 A e tensão: 24 @ 26,4 V. Certifica-se que os corpos de prova foram preparados, soldados e ensaiados satisfatoriamente de acordo com os requisitos de código/ Norma de ensaio acima indicada. (certified that test welds prepared, welded and tested satisfactorily in accordance with the requirements of the code/ testing standard indicated above)

- Qualificação dos Soldadores conforme Norma EN287-1: 2004 (E)

Tabelas abaixo referencia para qualificação dos soldadores, em atendimento a União Europeia (EU), com certificação pela Certificadora SGS :

Table 4 — Range of qualification of material thickness and weld metal thickness (multi process) of test piece for butt welds

Dimension in millimetres

Thickness <sup>a</sup> $t$	Range of qualification
$t < 3$	$t$ to $2 \times t^2$
$3 \leq t \leq 12$	$3$ to $2 \times t^2$
$t > 12$	$\geq 5$
<sup>a</sup> For multi processes, $v_1$ and $v_2$ of Table 1 apply. <sup>b</sup> For oxy-acetylene welding (311): $t$ to $1,5 \times t$ <sup>c</sup> For oxy-acetylene welding (311): 3 mm to $1,5 \times t$	

Table 5 — Range of qualification for outside pipe diameter <sup>a</sup>

Dimension in millimetres

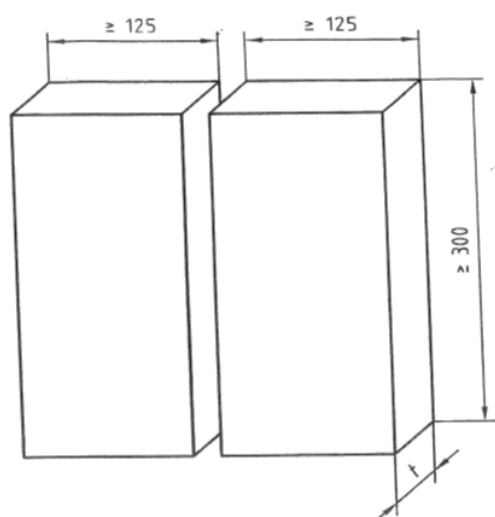
Outside pipe diameter of test piece $D$	Range of qualification
$D \leq 25$	$D$ to $2 \times D$
$D > 25$	$\geq 0,5 \times D$ (25 mm min.)
<sup>a</sup> For structural hollow sections, $D$ is the dimension of the smaller side.	

Table 6 — Range of qualification of material thickness of test piece for fillet welds<sup>a</sup>

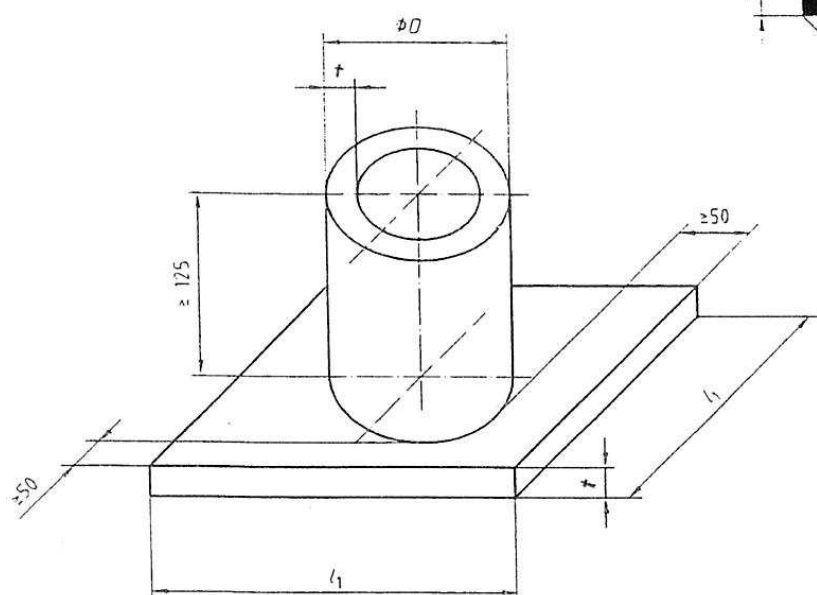
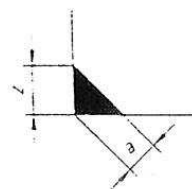
Dimension in millimetres

Material thickness of test piece $t$	Range of qualification
$t < 3$	$t$ to 3
$t \geq 3$	$\geq 3$
<sup>a</sup> See also Table 9.	

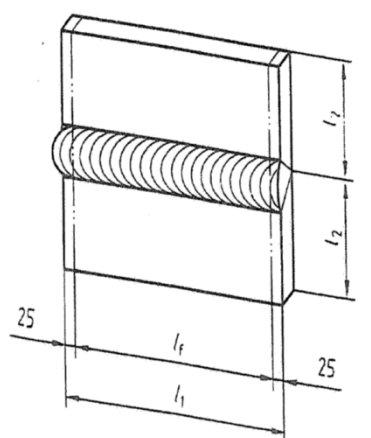
- Dimensões dos corpos de prova, solda de topo e solda em Ângulo:



$$z = a\sqrt{2}$$



- Ensaio dos corpos de prova, forma de avaliar solda topo.



- Ensaios de solda, para Qualificação do soldador conforme EN287-1
- Solda de topo (solda circular e logitudinal do tanque de ar)

#### Ensaio de Dobramento da Junta Soldada:

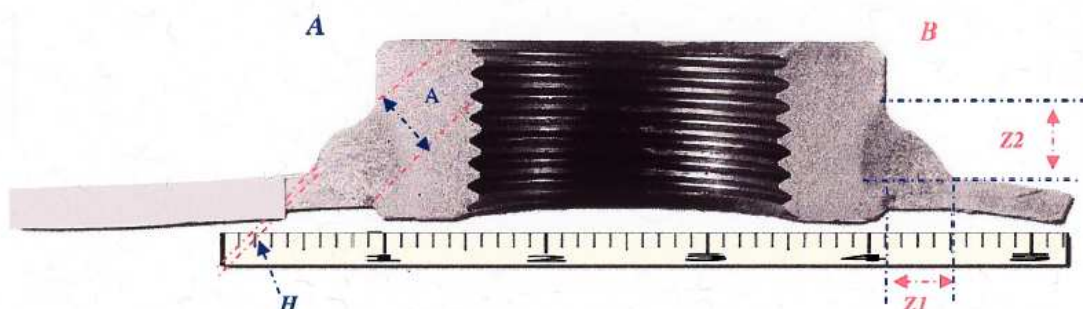
Foram realizados 06 testes de dobramento, sendo 03 lado face (DF) e 03 lado raiz (DR) a 180°, utilizando cutelo de 8,0 mm e distância entre roletes de 15,0 mm.

Amostras	Dimensões (mm)	Resultados
DF 1	2 x 38 x 300	Isento de descontinuidades
DR 1	2 x 38 x 300	Isento de descontinuidades
DF 2	2 x 38 x 300	Isento de descontinuidades
DR 2	2 x 38 x 300	Isento de descontinuidades
DF 3	2 x 38 x 300	Isento de descontinuidades
DR 3	2 x 38 x 300	Isento de descontinuidades

- **Preparação do CP:** Conforme DIN EN 910/1996 Item 5.5.2.1 figura 2a
- **Método de Ensaio:** Conforme DIN EN 910/1996 Item 6.2.1 figura 3a
- **Critério de Aceitação:** Conforme DIN EN 910/1996 e EN 287-1:2004
- Ensaio realizado à temperatura ambiente de 23°C, na Máquina Universal de Ensaio marca RIEHLE MTR-004, escala 30t, certificado DNTT 1191C/2013, calibrado em 28/10/2013.
- **Laudo:** Aprovado Conforme Norma DIN EN 910/1996 ITEM 7

- Solda em ângulo (bucha soldada no corpo e tampa do tanque de ar)

#### Exame Macrografico:



Dimensional em mm

CP	Z1		Z2		H		A		Visual
	A	B	A	B	A	B	A	B	
01	3,1	3,5	3,8	3,0	0,5	0,2	2,2	2,3	Isento de descontinuidades
02	4,0	3,7	3,0	3,7	0,2	0,6	2,5	2,2	Isento de descontinuidades

- > **Ataque:** Nital 5%
- > **Inspeção:** Lupa 10X
- > **Preparação do Corpo de Prova:** Conforme Norma EN 287-1/2004 / A2 : 2006
- > **Método de Ensaio:** Conforme Norma EN 2871 2004 / A2 : 2006
- > **Critério de Aceitação:** Conforme Norma EN 25817 , Classe B
- > **Laudo:** Aprovado de acordo com o nível de qualidade B da EN 25817



- Ensaio Hidrostático no vaso de pressão

Método de ensaio e critérios de aprovação em atendimento as especificações:

- Medir o diâmetro do corpo do reservatório utilizando a fita Pi em 03 secções, uma na região central e as outras duas nas extremidades , conforme indicado abaixo .



- Iniciar teste, abrir a válvula da pressão e fecha-la ao atingir 72,5 Bar (Pressão indicada no manômetro = 72 Kgf/cm<sup>2</sup>)



- Deixar a pressão aplicada de 72,5 Bar (Pressão indicada no manômetro = 74 Kgf/cm<sup>2</sup>) por 05 minutos , retirar a pressão e medir a deformação permanente.
- Prosseguir o teste até o rompimento observando qual a pressão atingida e transformar para Bar multiplicando resultado pelo fator de conversão 1,02 .
- CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO:

Pressure Test (Ensaio de Pressão : deformação permanente após teste), Substituir valores na equação e o valor encontrado deve ser menor ou igual a 1 .

$$100 \cdot \frac{(u_i - u_{io})}{u_{io}} \cdot \frac{R_{e \text{ act}}}{R_e} \cdot \frac{e_{act}}{(e_n - c)} \leq 1$$

Legenda:

- ui - Comprimento Circunferencial na seção transversal após do ensaio de pressão ( mm ) .
- uio - Comprimento Circunferencial na seção transversal antes ao ensaio de pressão ( mm ) .
- Re act - Resistência ao escoamento do material conforme determinado em ensaio de tração (N/mm<sup>2</sup>) .
- Re - Resistência mínima ao escoamento especificada na norma do material (N/mm<sup>2</sup>) .



- Burst Test ( Ensaio de Ruptura )

Substituir valores na equação e o valor encontrado no teste deve ser maior ou igual ao valor calculado da equação.

$$5 \text{ PS} \cdot \frac{R_{m \text{ act}}}{R_m} \cdot \frac{e_{act}}{(e_n - c)}$$

Legenda:

R<sub>m</sub> - Resistência mínima a tração especificada na norma do material ( N/mm<sup>2</sup> ).

R<sub>e act</sub> - Resistência a tração do material determinado em ensaio de tração ( N/mm<sup>2</sup> ) .

e<sub>act</sub> - Espessura real da parede ( mm ) .

e<sub>n</sub> - Espessura nominal da parede indicado em desenho ( mm )

c - Valor absoluto da tolerância negativa obtida da norma do material ou como indicada no desenho (mm).

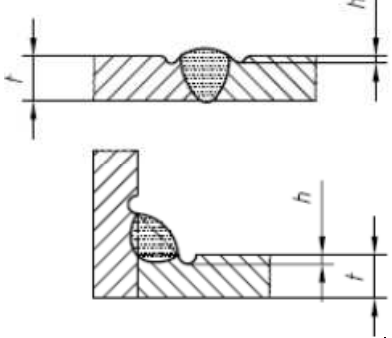
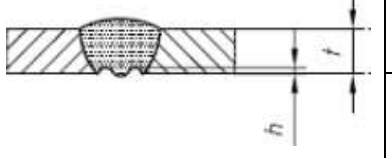
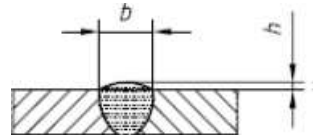
- A ruptura não deve ocorrer em região de solda, tabela abaixo:


ITEM	ESPECIFICAÇÃO	RESULTADOS ENCONTRADOS	CARACTERÍSTICA	
			APROVADO	REJEITADO
1	Deformação calculada após pressão de 72,5 bar, deve ser ≤1%.	mín.0,12% e máx.29%	X	
2	Pressão de Ruptura deve ser ≥ que a calculada. Cálculo de Ruptura = 89 bar	mín.96bar e máx.102 bar	X	
3	Ruptura não originada na solda	vazamento não originado na solda conf. Foto	X	

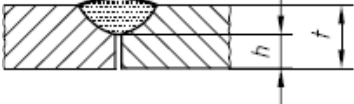


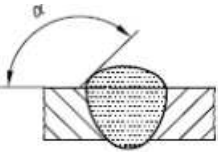
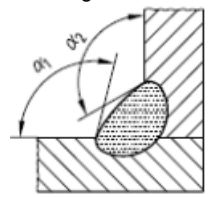
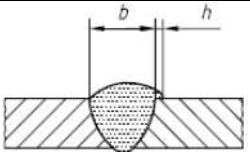
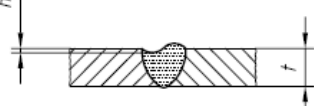
Ruptura não originada na solda.

- Exemplo de defeitos de soldagem DIN EN ISO5817-2006;

Nº	Limites de Referência para a norma ISO 6520-1:1998	Designação da Imperfeição	Observações	t mm	Limites para as imperfeições para o nível de qualidade		
					D	C	
1.7	5011 5012	Mordedura contínua mordedura intermitente	Transição suave é requerida. Este não está relacionado com a imperfeição sistemática. 	0.5 a 3	Pequenas imperfeições: $h \leq 0.2 t$	Pequenas imperfeições: $h \leq 0.1 t$	Não permitido
				> 3	$h \leq 0.2 t$ , entretanto máx. 1 mm	$h \leq 0.1 t$ , entretanto máx. 0.5 mm	$h \leq 0.05 t$ , entretanto máx. 0.5 mm
1.8	5013	Concavidade e lateral	Transição suave é requerida 	0.5 a 3	$h \leq 0.2 \text{ mm} + 0.1 t$	Pequenas imperfeições: $h \leq 0.1 t$	Não permitido
				> 3	Pequenas imperfeições: $h \leq 0.2 t$ , entretanto máx. 2 mm	Pequenas imperfeições: $h \leq 0.1 t$ , entretanto máx. 1 mm	Pequenas imperfeições: $h \leq 0.5 t$ , entretanto máx. 0,5 mm
1.9	502	Excesso de metal de solda (solda de topo)	Transição suave é requerida 	$\geq 0.5$	$h \leq 1 \text{ mm} + 0.25 b$ , entretanto máx. 10 mm	$h \leq 1 \text{ mm} + 0.15 b$ , entretanto máx. 7 mm	$h \leq 1 \text{ mm} + 0.1 b$ , entretanto máx. 5 mm

Nº	Limites de Referência para a norma ISO 6520-1:1998	Designação da Imperfeição	Observações	t mm	Limites para as imperfeições para o nível de qualidade		
					D	C	B
1 Imperfeições da superfície							
1.1	100	Trinca	-	≥0.5	Não permitido	Não permitido	Não permitido
1.2	104	Trinca de cratera	-	≥0.5	Não permitido	Não permitido	Não permitido
1.3	2017	Poro da superfície	Dimensão máxima de um poro único para — soldas de topo — soldas em ângulo	0.5 a 3	$d \leq 0.3 s$ $d \leq 0.3 \alpha$	Não permitido	Não permitido
			Dimensão máxima de um poro único para— soldas de topo — soldas em ângulo	> 3	$d \leq 0.3 s$ , entretanto máx. 3 mm $d \leq 0.3 \alpha$ , entretanto máx. 3 mm	$d \leq 0.2 s$ , entretanto máx. 2 mm $d \leq 0.2 \alpha$ , entretanto máx. 2 mm	Não permitido
1.4	2025	Rechupe de cratera final		0.5 a 3	$h \leq 0.2 t$	Não permitido	Não permitido

				> 3	$h \leq 0.2 t$ , entretanto máx. 2 mm	$h \leq 0.1 t$ , entretanto máx. 1 mm	Não permitido
1.5	401	Falta de fusão (fusão incompleta)	-	>0.5	Não permitido	Não permitido	Não permitido
		Falta micro da fusão	Somente detectável por microexame		Permitido	Permitido	Não permitido
1.6	4021	Penetração da raiz incompleta	Somente para soldas de topo de lado único 	>0.5	Pequenas imperfeições: $h \leq 0.2 t$ , entretanto máx. 2 mm	Não permitido	Não permitido

Nº	Limites de Referência para a norma ISO 6520- 1:1998	Designação da Imperfeição	Observações	t mm	Limites para as imperfeições para o nível de qualidade		
					D	C	
1.1 2	505	Margem da solda incorreta	<p>Soldas de topo</p>  <p>Soldas em ângulo</p>  <p><math>\alpha_1 \geq \alpha</math> <math>\alpha_2 \geq \alpha</math></p>	$\geq 0.5$	$\alpha \geq 90^\circ$	$\alpha \geq 110^\circ$	$\alpha \geq 150^\circ$
1.1 3	506	Sobreposição		$\geq 0.5$	$h \leq 0.2 b$	Não permitido	Não permitido
1.1 4	509 511	Deposição insuficiente	Transição suave é requerida. 	0.5 a 3	Pequenas imperfeições : $h \leq 0.25 t$	Pequenas imperfeições : $h \leq 0.1 t$	Não permitido
				> 3	Pequenas imperfeições : $h \leq 0.25 t$ , entretanto máx. 2 mm	Pequenas imperfeições : $h \leq 0.1 t$ , entretanto máx. 1 mm	Pequenas imperfeições : $h \leq 0.05 t$ , entretanto máx. 0.5 mm
1.1 5	510	Perfuração	-	$\geq 0.5$	Não permitido	Não permitido	Não permitido

- Bibliografia empregada
- Norma DIN EN ISO 5817:2006-10
- Norma EN286-2
- Norma EN287-1