

Disciplina: Metalurgia da Soldagem, módulo 3

Prof Dr.: Luiz Gimenes

Aluno: Gilberto Tadayuki Nakamura

Data: 04 / agosto / 2012

1-Objetivo

Elaboração de uma EPS conforme dados abaixo:

- Soldagem de Topo
- Material: SAE 1045
- Espessura: 50 mm
- Processo: SMAW
- Dureza Max.: 220 HB

2- Características do Material

Conforme ASM V01 p. 262 o material é considerado aço de médio carbono devido a sua faixa de composição química: C: 0,3 – 0,6; Mn 0,6 – 1,65.

O material escolhido é o aço laminado da Gerdau cuja composição e características, conforme a tabela do fabricante, seguem abaixo:

Composição:

C %	Mn %	P % max	S % max
0,43 – 0,50	0,6 – 0,9	0,03	0,05

Propriedades mecânicas:

Lim. Resistência	Lim. escoamento	Dureza (HB)	Impacto (J)
650 – 800 MPa	430 MPa	195 - 234	35 *

* média entre os aços: SAE 1040 e SAE 1050

P. Number: 3 (TT Alivio de Tensões: L. Gimenes)

Ainda, segundo ASM V 06 p. 242 o carbono equivalente é dado por:

$$Ceq = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Si + Ni + Cu)/15$$

Portanto para este material temos:

$$Ceq = 0,45 + 0,9/6$$

$$C_{eq} = 0,6$$

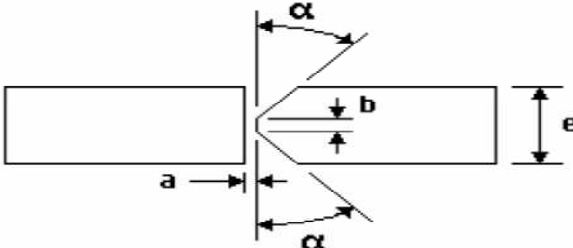
3 – Norma utilizada

ASME VIII, AWS D1.1

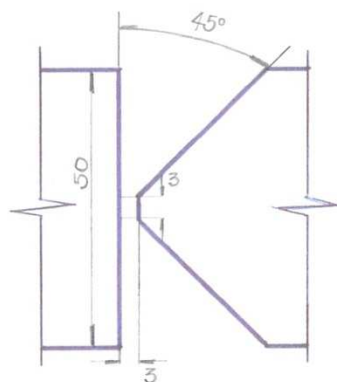
4 – Junta

Para depositar a menor quantidade de metal de adição e diminuir distorções devido à simetria, adotou-se uma junta de topo com chanfro em K que permite solda equilibrada, de acordo com a tab. 5 da apostila tipos de chanfros p/ juntas soldadas (Treiber, Marcos X., et AL.)

Tab. 5
Junta de topo com chanfro em K

$\alpha = 45^\circ$ $a = 3 \pm 1$ $b = 3 \pm 1$	
	
e (espessura)	5/8" a 2"
Obtenção da junta	Oxicorte + Esmerilhamento ou Usinagem
Processo de Soldagem	Selar e encher c/ MIG/MAG ou EI. Revestido ou Selar c/ MIG/MAG ou EI. Revestido e encher c/ Arco Submerso

Assim obtem-se a junta abaixo com suas dimensões:



Totalizando uma área de: 702,3 mm²

5 – Eletrodo

Em função das características físico-químicos do material e otimização do processo, conforme item anterior, será escolhido o eletrodo E11018 (de baixo hidrogênio, com pó de ferro e potássio) regido pela Norma AWS 5.5, do fabricante ESAB.

Este eletrodo é caracterizado por ter revestimento básico com baixo teor de hidrogênio o que diminui o risco de fissuração e de fragilização e ainda possui em sua composição, pó de ferro para aumentar seu rendimento. É utilizado para aplicações estruturais de grandes espessuras e que exijam alta responsabilidade.

Dados do eletrodo:

Nome Comercial	Lim Resistência	Posições	Composição
ESAB 75.75	760 – 840 MPa	plana, horizontal, vertical e sobre cabeça	C: 0,06; Si: 0,25; Mn 1,70; Cr: 0,35, Ni: 1,70; Mo: 0,4

Temperatura de Armazenamento e Ressecagem e Polaridade

Em ESTUFA	Em COCHICHO	Ressecagem (1,5h)	Polaridade
125 C	115 C	300 – 350 C	CC +

$$C_{eq} = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Si + Ni + Cu)/15$$

$$C_{eq} = 0,06 + 1,70/6 + (0,35 + 0,4 + 0)/5 + (0,25 + 1,70 + 0)/15$$

$$C_{eq} = 0,623$$

Serão adotado 2 bitolas, uma para a raiz e outra para o enchimento:

Diâmetro: 5 mm; Faixa de corrente: 190 – 250 A (conforme dados do fabricante)

Diâmetro: 2,5mm; Faixa de Corrente: 90 - 110 A

6. Pré aquecimento:

Devido à espessura, para diminuir a taxa de resfriamento e favorecer a difusão do hidrogênio e reduzir a ocorrência da ZTA com altos níveis de dureza por se tratar de aço de médio carbono a junta deverá passar por pré aquecimento conforme temperatura abaixo:

$$P_a = 500(C-0,10)+0,7 \times \text{esp (em mm)} \quad (\text{Curso de inspetor de solda: Luiz Gimenez Jr})$$

$$P_a = 500(0,45-0,10) + 0,78 \times 50$$

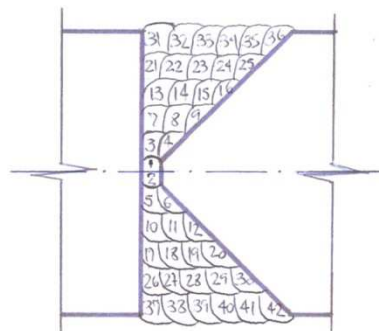
$$P_a = 214 \text{ C}$$

7. Interpasses

A temperatura de interpasses deverá ser mantida a mesma do pré-aquecimento, ou seja 214 C

E para diminuir a probabilidade de distorções a solda será executada em camadas alternadas, sendo aproximadamente 6 camadas de cada lado com seus respectivos passes conforme abaixo:

- 1 camada (raiz): 1 passe
- 2 camada: 2 passes
- 3 camada: 3 passes
- 4 camada: 4 passes
- 5 camada: 5 passes
- 6 camada: 6 passes



8. Pós Aquecimento:

Conforme ASME VIII div 1 p.171 (Ed.2010) a temperatura de pós aquecimento deverá ser de 595 C por duas horas com a finalidade de aliviar tensões, difundir o hidrogênio e diminuir a dureza, melhorar a ductilidade e diminuição da probabilidade de ocorrência de trincas.

A taxa de resfriamento deverá ser controlada e não poderá ser menor do que 135 C/h (soldagem SENAI p. 138)

9. Parâmetros elétricos e aporte de calor (Heat Input)

Conforme já mencionado anteriormente a polaridade é: **CC +**

Bitola (diâmetro)	Faixa de corrente	Faixa de tensão	Veloc. (cm/min)
-------------------	-------------------	-----------------	-----------------

2,5 mm (raiz)	90-110	21-24	8-15
5,0 mm (enchim.)	190-250	21-24	15-25

O aporte de calor é dado por:

Heat Input = Tensão x Corrente / Veloc soldagem

Assim, para a raiz temos:

$$\text{Min.: } 90 \cdot 21 \cdot 60 / 15 = 7,56 \text{ KJ/cm}$$

$$\text{Max.: } 110 \cdot 24 \cdot 60 / 8 = 19,8 \text{ KJ/cm}$$

$$\text{Média: } 13,7 \text{ KJ/cm}$$

E para o enchimento tem-se:

$$\text{Min.: } 190 \cdot 21 \cdot 60 / 25 = 9,58 \text{ KJ/cm}$$

$$\text{Max.: } 250 \cdot 24 \cdot 60 / 15 = 24,0 \text{ KJ/cm}$$

$$\text{Média: } 16,8 \text{ KJ/cm}$$

10. Custos por metro de solda

10.1-Energia:

Para o calculo da energia despendida, temos:

Para a RAIZ (vel.: 12 cm/min)

$$\text{Tempo: } 8,333 \text{ min/metro} = 500 \text{ seg.}$$

$$\text{Pot}=U \times i = 110 \cdot 24 = 2.640 \text{ W}$$

$$\text{Energia}=\text{Pot} \times \text{tempo} = 2.640 \times 500 = 1,32 \text{ MJ}$$

Para o ENCHIMENTO (vel.: 20 cm/min)

$$\text{Tempo: } 5 \text{ min/metro} \times 20 \text{ passes} = 100 \text{ min} = 6.000 \text{ seg.}$$

$$\text{Pot}=U \times i = 24 \times 250 = 6.000 \text{ W}$$

$$\text{Energia}=\text{Pot} \times \text{tempo} = 6.000 \times 6.000 = 36,00 \text{ MJ}$$

Assim:

$$\text{Raiz} + \text{Enchimento} = 37,32 \text{ MJ} = 10,37 \text{ KWh (1 lado)}$$

Total 2 lados: **20,73 KWh**

Do Heat Input médio calculado no item 9, temos:

$$13,7 + 16,8 = 30,5 \text{ KJ/cm}$$

Para os dois lados e considerando 100 cm:

$$30,5 \times 100 \times 2 = 6,1 \text{ MJ} = \mathbf{1,7 \text{ KWh}}$$

Total geral de energia despendida na soldagem e no Heat Input

$$20,73 + 1,7 = 22,43 \text{ KWh}$$

Considerando o preço do kWh em R\$ 0,30 (s/ Impostos), o custo será portanto:

$$22,43 * 0,3 = \text{R\$ } 6,73$$

10.2. Eletrodos:

Densidade de eletrodo: aprox.: 7,8 g/cm³

Massa da solda p/ metro:

$$(\text{Área da solda} \times 1 \text{ metro}) \times \text{densidade do mat de adição} = (702,25 \text{ mm}^2 \times 100\text{cm}) \times 7,8 \text{ g/cm}^3 = \text{5.477,6 g}$$

Comprimento do eletrodo: 450 mm (total aprox. utilizado: 400 mm)

Diâmetro: 5 mm

Assim o volume da alma será: 7,85 cm³

$$\text{Massa depositada} = \text{vol alma} \times \text{densidade} = 7,85 \times 7,8 = \text{61,23 g}$$

Quantidade de eletrodos p/ metro será portanto:

$$\text{Massa solda/massa depositada} = 5.477,6 / 61,23 = \text{90 eletrodos/metro (aprox. 9kg)}$$

Adotando-se o preço do eletrodo abaixo:

R\$ 15,5 kg (2,5 mm)

R\$ 14,10 kg (5,0 mm)

$$9 \times 14,1 = \text{R\$ } 127,00$$

10.3. Soldador:

Tempo total da soldagem, conforme já calculado no item 10.1, acima é: 1,81 horas, portanto para os dois lados será: 3,6 horas

Custo mensal do soldador considerando salário mais encargos sociais: R\$ 6.000,00 em um mês de 160 horas.

$$\text{Logo: } (\text{R\$ } 6.000,00/160\text{horas}) \times 3,6 = \text{R\$ } 135,00$$

Portanto o custo total será, somando-se 10.1, 10.2 e 10.3:

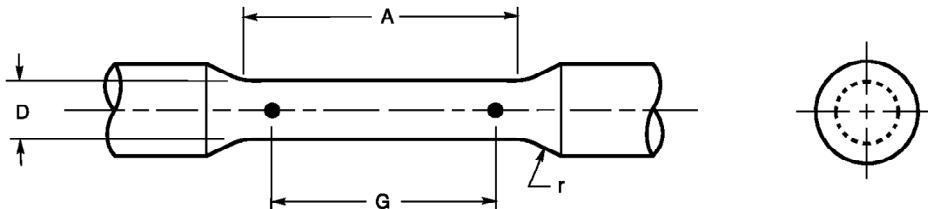
$$6,73 + 127,00 + 135,00 = \text{R\$ } 268,73$$

11. Ensaio mecânicos

11.1 Tensão:

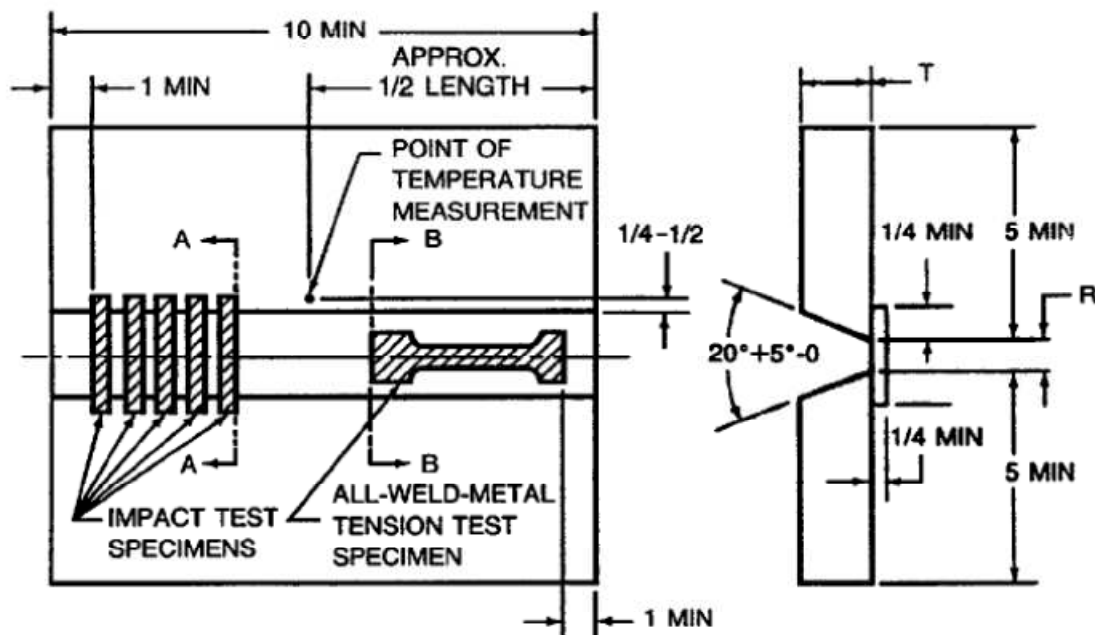
Para o teste de tração, conforme norma AWS 5.5 o limite de resistência mínima esperado é: 760 MPa, e o limite de escoamento mínimo esperado é: 670 MPa, e o alongamento: mínimo esperado é 15%.

Corpo de prova padrão para ensaio de tração conforme fig 4.18 AWS D1.1:



Nominal Diameter	Dimensions in inches		
	Standard Specimen	Small-Size Specimens Proportional to Standard	
	0.500 in. Round	0.350 in. Round	0.250 in. Round
G—Gage length	2.000 ± 0.005	1.400 ± 0.005	1.000 ± 0.005
D—Diameter (Note 1)	0.500 ± 0.010	0.350 ± 0.007	0.250 ± 0.005
r—Radius of fillet, min	3/8	1/4	3/16
A—Length of reduced section (Note 2), min	2-1/4	1-3/4	1-1/4

Chapa conforme fig 2 AWS 5.5 para retirada dos corpos de prova.



(A) TEST PLATE SHOWING LOCATION OF TEST SPECIMENS

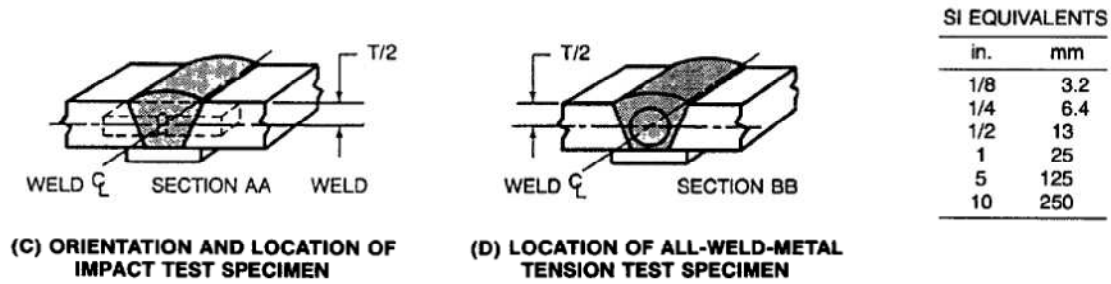


Figure 2—Groove Weld Test Assembly for Mechanical Properties and Soundness of Weld Metal Produced by Using All Electrode Classifications Except EXX18M(1)

11.2. Impacto:

O teste de impacto mínimo deverá ser maior do que o informado para o material base ou seja Charpy: min 35 J (média de medidas).

Sendo quinze corpos de prova retiradas de 3 locais diferentes:

5 corpos da raiz, (entalhe centrado na raiz)

5 corpos com entalhe centrado a 1mm da zona de ligação com linha de centro a ¼ da espessura

5 corpos com entalhe centrado a 5 mm da zona de ligação com linha de centro a ¼ da espessura

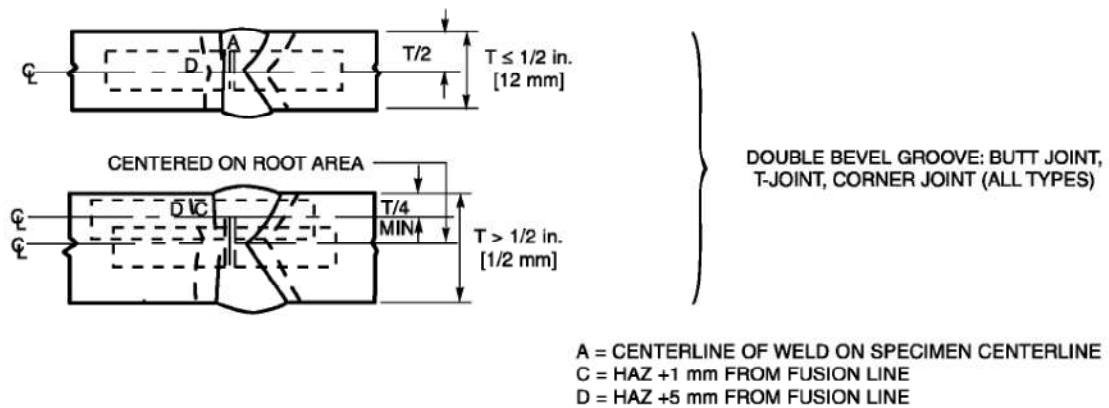


Figure III-1—CVN Test Specimen Locations (see III2.1)

11.3. Dureza:

Poderá ser utilizado para o teste de dureza durômetros portáteis sendo recomendado que a barra padrão seja próxima do material SAE 1045 E deverá atender a norma ASTM E 10 e E 110.

11.4. Radiografia


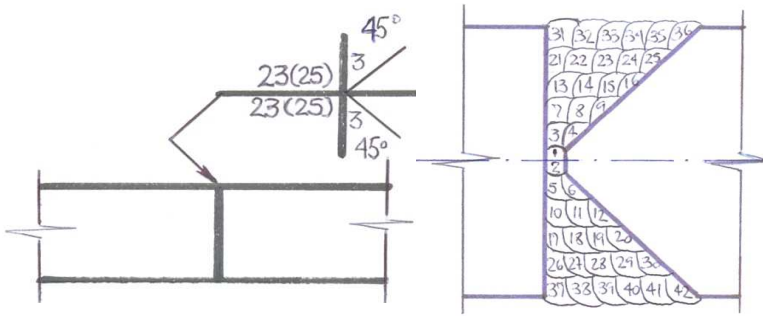
Conforme ASME VIII div I A solda quando finalizada e esfriada deverá ser radiografada.

UW-11 RADIOGRAPHIC AND ULTRASONIC EXAMINATION

(a) *Full Radiography.* The following welded joints shall be examined radiographically for their full length in the manner prescribed in UW-51:

(1) all butt welds in the shell and heads of vessels used to contain lethal substances [see UW-2(a)];

(2) all butt welds in vessels in which the nominal thickness [see (g) below] at the welded joint exceeds 1½ in. (38 mm), or exceeds the lesser thicknesses prescribed

	ESPECIFICAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM (EPS)		N EPS 1
			Revisão/Data
Elaborado por: Gilberto Tadayuki Nakamura	data: 04/ago/12	N QPS	
PROCESSO DE SOLDAGEM SMAW - Eletrodo Revestido		Tipo: Manual	
Juntas (QW 402) Topo Tipo de Chanfro K Mata Junta [] Sim [X] Não Soldagem: pelos 2 lados Ponteamento: a cada 200mm			
Material de Mata-Junta N/A	Detalhe		Seqüência de passes
METAIS DE BASE (QW 403) SAE 1045 (eq.: AISI C 1045) Laminado P Nº 03 Grupo Nº com P Nº 03 Grupo Nº ou Especificação do Tipo e Grau com Especificação do Tipo e Grau ou Análise Química e Propriedade Mecânica C: 0,43-05; Mn: 06-09; P(max):0,04; S(max):0,05 / Lim Resistência.: 643 MP; Lim Escoa.: 415 Mpa com Análise Química e Propriedade Mecânica			
Faixa de Espessura			
Metal de Base: 50 mm	Chanfro 23 mm	Filete	
Metal de Solda Depositado:	Chanfro	Filete 5 mm	
Faixa de Diâmetro do Tubo: N/A	Chanfro	Filete	
Outros			
METAIS DE ADIÇÃO (QW 404) C: 0,06; Si: 0,25; Mn 1,70; Cr: 0,35; Ni: 1,70; Mo: 0,4 F Nº Outros A Nº Outros 4			
Especificação Nº SFA SFA-5.1		Classificação Nº AWS E11018	
Bitolas 2,5mm e 5mm	Eletrodos N/A	Arame N/A	
Classificação Fluxo Arame N/A		Marca ESAB 75.75	
Armazenamento ESTUFA: 125 C; COCHICHO: 115 C	Ressecagem 300 - 350 C	Período 1:30 horas	
POSIÇÕES (QW 405) Posição (ões) do Chanfro Plana e Sobre Cabeça Progressão de Soldagem ASC. [] Desc. [] N/A Posição (ões) do Filete Plana e Sobre Cabeça		PRÉ AQUECIMENTO (QW 406) Sim Temp. Pré aquecimento (min.) 214 C Temperatura Interpasse (max.) 214 C Outros	

TRATAMENTO TÉRMICO (QW 407)								
Faixa de Temperatura 595 C	Tempo 2 horas			Resfriamento 135 C/h				
GÁS (QW 408) N/A Gás de Proteção N/A Composição da Mistura N/A Vazão: Tocha N/A Backing de Gás N/A								
CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS (QW 409)								
Tipo e Diâmetro do Eletrodo de Tungstênio N/A Modo de transferência de Metal para GMAW N/A Faixa de Velocidade de Alimentação do Arame N/A								
Processo	diâmetro	Camadas	Material de Adição	Corrente	Tensão	Polaridade	Vel.	Heat Input
	mm		AWS	A	(V)		cm/min	J/cm
SMAW	2,5	1	E11018	90-110	21-24	CC +	8 - 15	7,6 - 19,8
SMAW	5	5	E11018	190-250	21-24	CC +	15 - 25	9,6 - 24
Outros								
TÉCNICA (QW 410)								
Filetado Orifício ou Tamanho do Furo para Saída de Gás n/a Limpeza Inicial e Final Sim Método de Goivagem N/A Retilíneo Múltiplos Passes por lado por camada Uma Camada de cada lado Eletrodos simples								
FABRICANTE				VISTO QUALIDADE			CLIENTE E/OU INSPETOR	
DATA				DATA			DATA	