

**FACULDADE SENAI DE TECNOLOGIA
EM PROCESSOS METALÚRGICOS**

**PÓS-GRADUAÇÃO
INSPEÇÃO E AUTOMAÇÃO EM SOLDAGEM**

Denis Santos de Santana

ELABORAÇÃO DE EPS N 40

**Osasco – SP
2012**

**FACULDADE SENAI DE TECNOLOGIA
EM PROCESSOS METALÚRGICOS**

**PÓS-GRADUAÇÃO
INSPEÇÃO E AUTOMAÇÃO EM SOLDAGEM**

Denis Santos de Santana

ELABORAÇÃO DE EPS N 40

Projeto de elaboração do procedimento de soldagem apresentado como requisito para conclusão do modulo de metalurgia
Orientador: Prof. Luiz Gimenes.

**Osasco – SP
2012**

RESUMO

Estudo baseado e desenvolvido de uma solda robotizada com material ASTM A 36 com junta de ângulo e solda robotizada e elaboração de uma EPS baseada nestas informações.

Palavras-chave: EPS-Elaboração procedimento de soldagem, Soldagem robotizada, GMAW-processo.

SUMÁRIO

RESUMO.....	3
1 INTRODUÇÃO	6
1.1 PROBLEMA	6
1.2 OBJETIVOS	6
1.2.1 OBJETIVO GERAL.....	6
1.2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	6
1.3 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO.....	7
1.4 RELEVÂNCIA DO ESTUDO	7
1.5 ORGANIZAÇÃO DO PROJETO.....	7
2 REVISÃO DA LITERATURA	8
2.1 SOLDAGEM (MIG/MAG ou GMAW)	8
2.2 RESUMO DO PROCESSO	9
3 ELABORAÇÃO DA EPS.....	10
3.1 MATERIAL DA EPS	10
3.2 MODELO SUGERIDO PARA ELABORAÇÃO DA EPS	11
3.3 QW-402 TIPOS DE JUNTA.....	12
3.4 METAIS DE BASE(QW-403) ASME IX PG 108	13
3.4.1 ANÁLISE QUÍMICA	13
3.5 METAIS DE ADIÇÃO (QW 404) – ASME IX – Ed. 2007	13
3.5.1 TESTES REQUERIDOS	14
3.6 POSIÇÕES (QW405) – ASME IX – 2007.....	14
3.7 PRÉ-AQUECIMENTO (QW 406) – ASME IX – 2007	14
3.8 TRATAMENTO TÉRMICO (QW 407) – ASME IX - 2007	15

3.9 GÁS (QW 408) – ASME IX – 2007	15
3.10 CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS (QW 409) – ASME IX – 2007	15
3.11 HEAD INPUT.....	16
3.12 TÉCNICA (QW 410) – ASME IX – Ed. 2007	16
3.13 ENSAIOS (QW 150) – ASME IX – Ed. 2007	16
3.14 ESPECIFICAÇÃO DO ROBO	18
3.15 TOCHA DE SOLDA.....	18
3.16 MÁQUINA DE SOLDA.....	19
4 RESULTADOS ESPERADOS E DIVULGAÇÃO	21
REFERÊNCIAS.....	22

1 INTRODUÇÃO

A pesquisa tem como objetivo apresentar a elaboração de um procedimento de soldagem robotizado baseado na norma ASTM/ASME.

1.1 PROBLEMA

Diante da grande evolução tecnológica na área de solda, exploram-se novas tecnologias voltadas às áreas, entres essas temos na área de solda GMAW grande aplicação desse processo robotizado, assim falta conteúdo acadêmico para elaboração das EPS.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GERAL

Examinar e analisar ASTM A36.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Análise e elaboração de uma EPS a uma junta de ângulo com ambos os materiais de espessura de 10 mm sendo ambos ASTM A36 soldados pelo processo GMAW robotizado.

1.3 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

Trabalho limitado ao processo de solda robotizado GMAW aplicado à norma ASTM A36 com chapas de espessura de 10 mm

1.4 RELEVÂNCIA DO ESTUDO

Elaboração de uma EPS baseado na norma ASTM A36 explicando como elaborá-la consulta a norma e adequação do processo atendendo assim aos padrões internacionais.

1.5 ORGANIZAÇÃO DO PROJETO

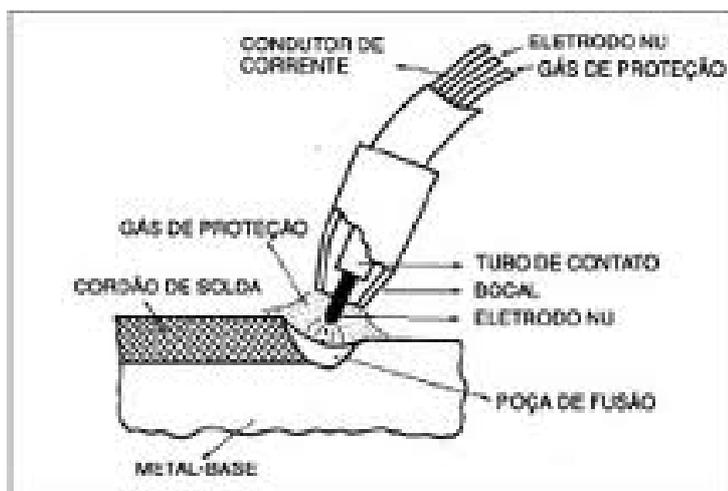
Este trabalho esta organizado tendo como capítulo 1: Processo GMAW, o capitula 2: Revisão da Literatura, capítulo 3: Elaboração da EPS, capítulo 4: Resultados Esperados e Divulgações.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 SOLDAGEM (MIG/MAG OU GMAW)

Na soldagem por arco elétrico com proteção gasosa, também conhecida como soldadura MIG/MAG, estabelece-se um arco entre o arame ou fio eletrodo alimentado de forma contínua e a peça de trabalho. O arco e o banho em fusão são protegidos da contaminação atmosférica por um envelope de gás ativo (MAG) OU inerte(MIG).

A soldadura MIG/MAG é mais produtiva que a soldadura que outros processos uma vez que não existem trocas de eletrodo, remoção de escória e desperdícios do consumível como o verificado no processo MMA (Manual Metal Arc.) em que as pontas dos eletrodos são descartadas. Para cada Kg de eletrodos revestidos, cerca de 65% do seu peso torna-se parte do metal depositado, sendo o resto descartado. A utilização de arames sólidos e arames auto revestidos permite um aumento da taxa de eficiência para cerca de 80-95%. A soldadura MIG/MAG é um processo versátil que pode atingir taxas de depósito elevadas em todas as posições. Este processo é largamente utilizado em fabricação metálica com chapas de aço de baixa e média espessura e em estruturas de alumínio. Após a introdução dos arames revestidos, sua procura tem vindo a aumentar para aplicações na soldagem com alta taxa de deposição.



2.2 RESUMO DO PROCESSO

TIPO DE PROCESSO	EQUIPAMENTO
GMAW-Soldagem por arco elétrico com proteção gasosa	Máquina de solda inversora, tocha de solda, robô de solda, dispositivo de fixação, gás de proteção (dual Shields).
TIPO DE OPERAÇÃO	Automático
TAXA DE DEPOSIÇÃO	CONSUMIVEL DO PROCESSO
Kg/h=de 0,8 a 11,4 de acordo com o diâmetro do arame Corrente= 60 a 550A Tensão= 18 a 38 V	Arame de 0,8 a 1,6 mm podendo ser de aço carbono ou ligas especiais. Gases: Ar/He ou CO ₂ + Ar/O ₂ /CO ₂
Aplicações: Soldagem de ligas ferrosas e não ferrosas principalmente utilizada na área automobilística, tubulações, indústrias em geral, etc.	
VANTAGENS	DESVANTAGENS
processo com eletrodo contínuo	Equipamento caro
Soldagem em diversas posições	Dificuldades em junta de acesso restrito
Elevada taxa de deposição	
Elevada penetração	Proteção do arco sensível a grandes correntes de ar
Soldagem diferentes ligas	
Pouca limpeza pós soldagem	Pode gerar muitos respingos

3 ELABORAÇÃO DA EPS

3.1 MATERIAL DA EPS

MATERIAL A

ASTM A 36

ESPESSURA DE 10 MM

MATERIAL B

ASTM A 36

ESPESSURA DE 10 MM

PROCESSO:GMAW Robotizado



3.2 MODELO SUGERIDO PARA ELABORAÇÃO DA EPS

ESPECIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM						EPS: _____ Data: _____ Norma: _____	Revisão: _____ Folha: _____	
Processo:		Tipo:		RQPS de Suporte:				
Detalhe da Junta				Seqüência de Passes				
METAIS DE BASE (QW-403) Especificação do material: _____ Tipo ou Grau: _____ P-Nº.: _____ com P-Nº. _____ Faixa de espessura : _____ Diâmetro do tubo: _____				GÁS (QW-408) Gás de proteção: _____ Vazão: _____ Gás de Purga: _____ Vazão: _____				
METAIS DE ADIÇÃO (QW-404) Especificação AWS: _____ Classificação AWS: _____ F-Nº.: _____ Marca comercial: _____ Espessura do metal de solda: _____				CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS (QW-409) Tipo de corrente: _____ Polaridade: _____ Modo de transferência: _____ Eletrodo de Tungstênio: _____ Diâmetro do Eletrodo: _____				
POSIÇÃO (QW-405) Posição de soldagem: _____ Progressão: _____				TÉCNICA (QW-410) Passe retilíneo ou oscilado: _____ Limpeza inicial: _____ Limpeza entre passes: _____ Método de goivagem: _____ Passe simples ou múltiplo: _____ Pré – aquecimento: _____ Temperatura Interpasse: _____				
TRATAMENTO TÉRMICO (QW-407) Taxa de aquecimento: _____ Temperatura de patamar: _____ Tempo de patamar: _____ Taxa de resfriamento: _____								
Passe / Camada	Processo	Consumíveis		Corrente		Tensão (V)	Velocidade de soldagem (m/min)	Velocidade do Arame (m/min)
		Classificação AWS	Ø (mm)	Tipo	(A)			

Certificamos que a [EPS 40](#) qualificada conforme os requisitos do Código [ASME IX – Edição 2010](#).

	Elaboração:	Aprovação:
--	--------------------	-------------------

3.3 QW-402 TIPOS DE JUNTA

Tipo de junta:Ângulo

Tipo de chamfro:meio V

Ângulo do chamfro=45

Abertura da raiz(a)=3 +/- 1 mm

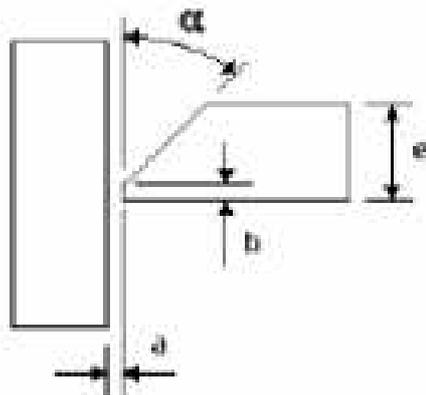
Face da raiz(b)=3 +/- 1mm

Espessura(e)=10 mm

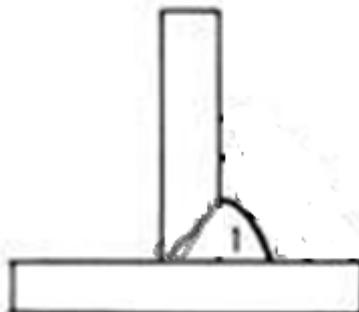
Cobre Junta:Não

Material de Mata Junta:NA

Outros:NA



Sequência de Soldagem



3.4 METAIS DE BASE (QW-403) ASME IX PG 108

De acordo com QW-422 Ferrous / Nonferrous P-Numbers And S-Numbers

P Nº: 1 Grupo Nº: 1 com P Nº: 1 Grupo Nº: 1

Especificação do Tipo e Grau: **SA 36 – ASTM A36** com Especificação do Tipo e Grau: **SA 36 – ASTM A36**

3.4.1 ANÁLISE QUÍMICA

Analisando a tabela 2 do ASME-IX referente ao material SA-36

“Temos a seguinte composição química para chapas menores ¾” (19,05)mm:

Composição Química					
C	Mn	P(máx.)	S(máx.)	Si(máx.)	Cu
0,25	...	0,04	0,05	0,40	0,20

“NOTA 1-Onde”. .. “aparece nesta tabela, não há nenhum requisito”. A análise para o manganês deve ser determinado pelo tratamento térmico e registrado como descrito na secção de análise de calor e especificação ASME-A 6/ A6M.

Propriedade Mecânica: (Conforme ASME II – Parte A – Tabela 3)

Resistência Tração = **400 a 550 MPa Min.**

Resistência Escoamento = **250 MPa Min.**

3.5 METAIS DE ADIÇÃO (QW 404) – ASME IX – ED. 2010

Para o processo GMAW iremos utilizar a seguinte especificação:

Especificação: SFA 5.18

Classificação: ER70S-6

Bitola: 1,2mm

Marca comercial: Autorod 12.51

Observação: Pelo anexo da norma AWS 5.18 pode-se utilizar o ER70S-6 como similar ao ER70S-2 segundo a AWS 5.18 paragrafo A7.5

Análise Química: (Conforme ASME II – Parte C – SFA 5.18 – Tabela 1)

Composição Química												
C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Cu	Ti	Zr	Al
0,06 a 0,15	1,4 a 1,85	0,8 a 1,15	0,025	0,035	e	e	e	e	0,50	---	----	----

Legenda:

e- Esses elementos não devem exceder 0,50% do total

Propriedade Mecânica: (Conforme ASME II – Parte C – SFA 518 – Tabela 3)

Resistência Tração = **480 MPa Min.**

Resistência Escoamento = **400 MPa Min.**

Alongamento = **22% min.**

Resistência Impacto min= **20 ft.lbf a -20°F**

3.5.1 TESTES REQUERIDOS

Análise Química

Radiografia

Teste de tensão

Teste de Impacto

Difusão de hidrogênio sendo como opcional

3.6 POSIÇÕES (QW405) – ASME IX – 2010

Plana - 1F

Ângulo: 45

Progressão de Soldagem: **NA**

Horizontal - 2F

Progressão de Soldagem: **NA**

Vertical - 3F

Progressão de Soldagem: Ascendente

3.7 PRÉ-AQUECIMENTO (QW 406) – ASME IX – 2010

(Conforme ASME II – Parte C – SFA 5.18)

Temp. Pré-aquecimento (min.): **NA**

Temperatura Interpasse (Max.): **NA**

Outros: **NA**

3.8 TRATAMENTO TÉRMICO (QW 407) – ASME IX - 2010

Faixa de Temperatura: **NA**

Tempo de Permanência: **NA**

3.9 GÁS (QW 408) – ASME IX – 2010

Segundo AWS 5.32 tabela 4

Classificação: SG-AC-25

Pureza de 99,99%

Mistura Máxima de 32 PPM

Gás de Proteção: **Ar+CO₂**

Composição: **75% Ar + 25% CO₂**

Vazão Tocha: **10 a 15 l/min.**

Marca comercial: Stargold Clean

3.10 CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS (QW 409) – ASME IX – 2010

(Conforme ASME II – Parte C – SFA 5.19 – Tabela 2)

Polaridade: **GMAW – CC+**

Tipo de Eletrodo: **arame sólido– ø 1,2 mm**

Passe / Camada	Processo	Consumíveis		Corrente		Tensão (V)	Velocidade de soldagem (m/min)	Velocidade do Arame (m/min)
		Classificação AWS	Ø (mm)	Tipo	(A)			
1	GMAW	5.18	1,2	CC+	300	28	0,50	10

3.11 HEAD INPUT

$$H.I = \frac{\text{Tensão (V)} \times \text{Corrente (A)} \times \text{Ef. do processo} \times 60(\text{min})}{\text{Velocidade de soldagem (cm/min)}}$$

$$H.I = \frac{28 \times 300 \times 0,93 \cdot 60}{60} = 7812 \text{ J/cm}$$

3.12 TÉCNICA (QW 410) – ASME IX – ED. 2010

Orifício ou Tamanho do Furo para Saída de Gás: **N° 7**

Limpeza inicial: **Esmerilhar**

Método de Goivagem: **Esmerilhar / Usinagem**

Passe simples ou Múltiplos por lado: **Simple**

Eletrodos sólido ou composto: **Sólido**

Outros:

Verificar fixação da tocha no manipulador do robô como sua vazão com a tocha posicionada a 90 graus.

As ferramentas de limpeza e dispositivos de fixação deverão ser de aço carbono ou revestidas deste metal em no mínimo por duas camadas evitando possíveis contaminações.

Utilize a função weaving com movimentos oscilatórios de amplitude de 1 mm variação na horizontal de 2 mm na vertical de 2 mm e frequência de 4 hertz.

3.13 ENSAIOS (QW 150) – ASME IX – ED. 2010

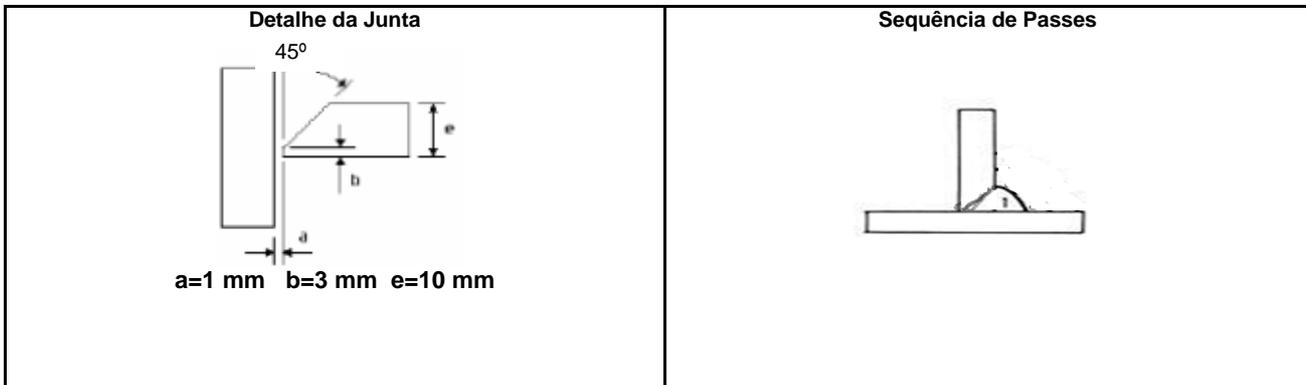
Teste de Impacto Charpy V-notch para chapas, estruturas.

3.14 EPS

ESPECIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM

EPS: 40 **Revisão:** 0
Data: 30/07/12 **Folha:** 1 / 1
Norma: ASME IX – Edição 2010

Processo: GMAW **Tipo:** AUTOMATIZADA **RQPS de Suporte:** - 01



<p style="text-align: center;">METAIS DE BASE (QW-403)</p> <p>Especificação do material: <u>ASTM A 36</u></p> <p>Tipo ou Grau: <u>B</u></p> <p>P-Nº.: <u>1</u> com P-Nº. <u>1</u></p> <p>Faixa de espessura : <u>2 A 10 MM</u></p> <p>Diâmetro do tubo: <u>N.A</u></p>	<p style="text-align: center;">GÁS (QW-408)</p> <p>Gás de proteção: <u>SG-AC-25</u></p> <p>Vazão: <u>10 A 15 l/min</u></p> <p>Gás de Purga: <u>NA</u></p> <p>Vazão: <u>NA</u></p>
<p style="text-align: center;">METAIS DE ADIÇÃO (QW-404)</p> <p>Especificação AWS: <u>A 5.18</u></p> <p>Classificação AWS: <u>ER70 – S6</u></p> <p>F-Nº.: <u>6</u></p> <p>Marca comercial: _____</p> <p>Espessura do metal de solda: <u>Ilimitado</u></p>	<p style="text-align: center;">CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS (QW-409)</p> <p>Tipo de corrente: <u>N.A</u></p> <p>Polaridade: <u>CC+</u></p> <p>Modo de transferência: <u>Globular</u></p> <p>Eletrodo de Tungstênio: <u>NA</u></p> <p>Diâmetro do Eletrodo: <u>1,2mm</u></p>
<p style="text-align: center;">POSIÇÃO (QW-405)</p> <p>Posição de soldagem: <u>1F,2F,3F</u></p> <p>Progressão: _____</p>	<p style="text-align: center;">TÉCNICA (QW-410)</p> <p>Passo retilíneo ou oscilado: <u>Retilíneo ou oscilado</u></p> <p>Limpeza inicial: <u>Esmerilhamento</u></p> <p>Limpeza entre passes: <u>N.A</u></p> <p>Método de goivagem: <u>N.A</u></p> <p>Passo simples ou múltiplo: <u>Simple</u></p> <p>Pré – aquecimento: <u>AMBIENTE</u></p> <p>Temperatura Interpasse: <u>N.A</u></p>
<p style="text-align: center;">TRATAMENTO TÉRMICO (QW-407)</p> <p>Taxa de aquecimento: <u>N.A</u></p> <p>Temperatura de patamar: <u>N.A</u></p> <p>Tempo de patamar: <u>N.A</u></p> <p>Taxa de resfriamento: _____</p>	

Passe / Camada	Processo	Consumíveis		Corrente		Tensão (V)	Velocidade de soldagem (m/min)	Velocidade do Arame (m/min)
		Classificação AWS	Ø (mm)	Tipo	(A)			
1	GMAW	ER70S-6	1.2	CC+	280 A 290	26 A 28	0,5	9,5

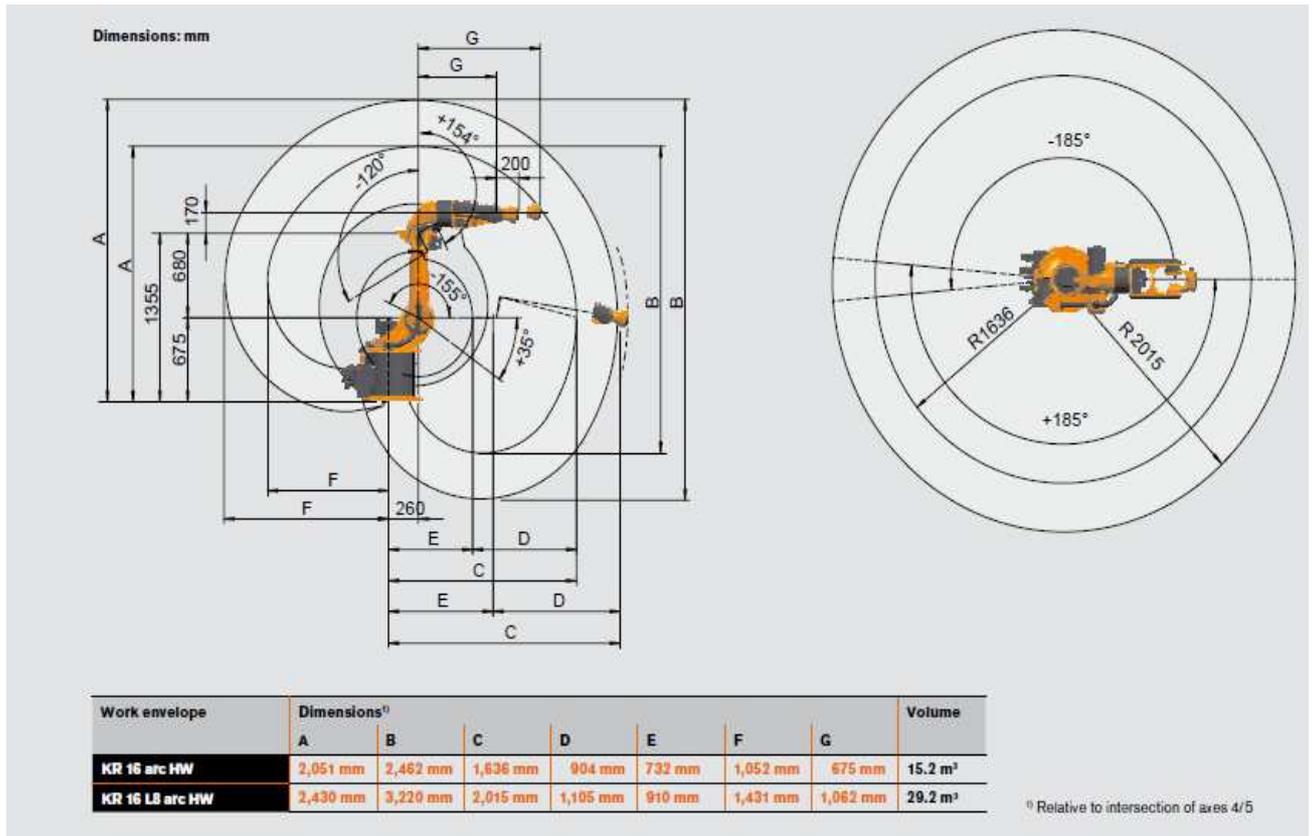
Certificamos que a **EPS 40** qualificada conforme os requisitos do Código **ASME IX – Edição 2010**.

	Elaboração:	Aprovação:
--	--------------------	-------------------

3.15 ESPECIFICAÇÃO DO ROBÔ

Os robos são especificados de acordo com a área de trabalho ou mais conhecido com envelope de trabalho, aplicação, produto a ser manipulado, movimentado ou ferramenta de trabalho.

Neste caso nossa aplicação terá um robo de solda MIG/MAG e iremos utilizar como área de alcance um raio de 1900 mm.



Catalogo KUKA KR16 HW

Atualmente utilizamos robôs com cabos de tocha interno devido a maior flexibilidade, fácil acesso e economia com custo de manutenção de cabos,etc.

3.16 TOCHA DE SOLDA

Para a escolha da tocha de solda devemos analisar a aplicação da mesma visto que nestes processos não utilizamos tochas convencionais mas sim tochas desenvolvidas para aplicação robotizada.

ROBOT BRAND	ROBOT MODEL	CLUTCH	SOLID MOUNT	LSR UNICABLE	
				CLUTCH	SOLID MOUNT
ABB	IRB1600ID	A58G2	A58G2S	58CA024	58SA024
ABB	IRB2600ID-15/1.85	A58G2	A58G2S	58CA028	58SA028
ABB	IRB2600ID-8/2.00	A58G2	A58G2S	58CA029	58SA029
KUKA	KR 5 ARC HW	K58G2	K58G2S	58CK023	58SK023
KUKA	KR 16 ARC HW	K58G2	K58G2S	58CK030	58SK030
KUKA	KR 16 L8 HW	K58G2	K58G2S	58CK027	58SK027



Como nesta EPS estamos utilizando um robô da marca KUKA KR16 ARC HW iremos utilizar o produto comercial de código K58G2 e 58CK030 que seriam a tocha e o pescoço para arame de 1,2 mm ângulo de inclinação de 22 graus 500A a 100%.

3.17 MÁQUINA DE SOLDA

Quando tratamos do processo robotizado não conseguimos utilizar uma máquina de solda convencional devido à necessidade de um controle total de parâmetro, portanto não é possível fazer o mesmo através de máquinas convencionais utilizadas por soldadores.

Necessitam de uma interface a vários fabricantes existentes no mercado iremos utilizar neste caso a máquina do fabricante Miller como exemplo.



Figura da máquina de solda

Power Source						CV	DC	3	Phase				
Model	Rated Output	Voltage Range	Amperage Range	Max. Open-Circuit Voltage	Amps Input at Rated Output, 50/60 Hz, 3-Phase				Dimensions	Net Weight			
					208 V	230 V	400 V	460 V	575 V	KVA	KW		
Auto-Access 300	300 A at 38 VDC, 60% Duty Cycle (225 A at 29 VDC, 100% Duty Cycle)	10-44 V	5-400 A	80 VDC	33	29.7	16.9	14.6	11.6	11.7	11.2	300 H: 23 in (584 mm) 450 H: 31 in (787 mm) 675 H: 39 in (991 mm) W: 17 in (432 mm) D: 22-1/2 in (572 mm)	116 lb (52.6 kg)
Auto-Access 450	450 A at 38 VDC, 100% Duty Cycle	10-44 V	5-600 A	80 VDC	—	60	33.7	28.8	22.8	23.8	22.9		163 lb (73.9 kg)
Auto-Access 675	675 A at 38 VDC, 100% Duty Cycle	10-44 V	5-900 A	80 VDC	—	89.7	—	43.7	34.8	35.7	34.4		208 lb (94.3 kg)

Modelo adotado seria uma Auto Access 450 uma máquina com uma faixa de 10 a 44 V de tensão e faixa de 5 a 60 A.

4 RESULTADOS ESPERADOS E DIVULGAÇÃO

Esperamos através dessa elaboração de EPS esclarecer algumas dúvidas sobre a sua criação, é necessário pesquisa e experiência, pois a escolha de um item erroneamente poderá gerar falhas no seu projeto.

Os resultados mostram que com pesquisa e trabalho podemos elaborar tanto EPS de sistemas manuais, automatizados e robotizados, mostrando assim que só é necessária à adaptação, porém vale lembrar que a ASME/ASTM não mostra como especificar o robô portanto para esta área é necessário ajuda de empresas ou pessoas especializadas nesta área.

Esperamos divulgar esta EPS para ajudar outros profissionais da área.

REFERÊNCIAS

AMERICAN WELDING SOCIETY-AWS.Miami. AWS, 1989. - Estructural Welding Code,AWS D1.1. Miami. 1980.

AMERICAN WELDING SOCIETY- AWS - Welding Handbook. By W. H. Kearns.Miami. 1991.

ESAB Soldagem MIG/MAG- Product brief – 1999 Edition.

APOSTILA SENAI – SP – Tipos de juntas para soldagem ao arco elétrico – S.P. 1992.

Robótica Industrial-Aplicação na indústria de manufatura e de processos,
ROMANO, Vitor Ferreira, São Paulo, Editora Edgar Blucher Ltda. 2002.

Welding Book. R.L. O'Brien, Eighth edition, Volume 2, Miami, Editora American Welding Society, 1995

Soldagem-Processo e Metalurgia, WAINER, Emilio; BRANDI, Sérgio Duarte;
MELLO, Fabio Decourt Homem de, São Paulo, Editora Blucher, 1992