

Universidade Federal de Minas Gerais
Departamento de Engenharia Mecânica

Monografia de Especialização em Soldagem

Elaboração de uma EPS no processo FCAW-S
com arame auto protegido conforme a norma ASME IX para
tubulação de captação de água – adutora

Autor: Rafael Assunção Abreu

Dezembro/2017

Rafael Assunção Abreu

Elaboração de uma EPS no processo FCAW-S
com arame auto protegido conforme a norma ASME IX para
tubulação de captação de água – adutora

Monografia apresentada ao curso de pós-
graduação da Universidade Federal de Minas
Gerais, como requisito parcial para obtenção
do título de Especialista em Engenharia de
Soldagem.

Orientador: Ariel Rodriguez Arias

Belo Horizonte
Escola de Engenharia da UFMG
2017

Rafael Assunção Abreu

Elaboração de uma EPS no processo FCAW-S
com arame auto protegido conforme a norma ASME IX para
tubulação de captação de água – adutora

Monografia apresentada ao curso de pós-
graduação da Universidade Federal de Minas
Gerais, como requisito parcial para obtenção
do título de Especialista em Engenharia de
Soldagem.

Ariel Rodriguez Arias (Orientador) – UFMG

Belo Horizonte, 07 de dezembro de 2017.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer à Deus por ter me dado essa oportunidade para realizar esse grande curso.

Agradeço toda minha família, em especial à minha esposa “Amanda” e aos meus dois filhos “Rafaela e Rodrigo”, por ter tido paciência, solidariedade e ter me apoiado durante todo esse período.

Aos colegas de curso agradeço pelo companheirismo, coleguismo e amizade ao longo dessa caminhada. Sem dúvidas, os senhores sempre irão está em minha memória. Meu muito obrigado e um grande abraço a todos.

Aos doutores, mestres e professores obrigados pelo ensinamento, dedicação e exemplo de profissionais apaixonados pela área de trabalho e profissão.

À MILPLAN Engenharia agradeço muito por ter me apoiado e me ajudado a realizar esse meu grande sonho. Espero retribuir com o meu trabalho, dedicação, suor e todo conhecimento.

Aos senhores, Elésio Ribeiro de Almeida e Salvador Xisto de Oliveira, agradeço muito por sempre estarem me ajudando e por serem meus grandes amigos e excelentes profissionais na área de soldagem.

Por fim, agradeço a todos que diretamente ou indiretamente colaboraram para esse curso realizar e ter esse grande reconhecimento e sucesso.

Um abraço a todos...

RESUMO

A Especificação do Procedimento de Soldagem é o principal documento que deve ser seguido para que as empresas realizem uma solda com muita qualidade e conforme as normas técnicas.

Este trabalho elaborou uma Especificação de Procedimento de Soldagem no processo FCAW-S sem gás de proteção, conforme a norma ASME IX para tubulação de captação de água – adutora.

A escolha do processo FCAW-S com arame autoprotégido faz com que esse processo tenha um excelente custo benefício para as empresas, pois sendo assim, elimina o custo do gás de proteção que é um custo alto para a realização desse tipo de soldagem. Sem dizer que em alguns locais onde realizam a soldagem de tubulação em campo, são de difíceis acessos para chegar com esses gases.

Palavras chaves: EPS, RQPS, Soldagem, Norma, ASME, Tubulação

ABSTRACT

The Specification of the Welding Procedure is the main document that must be followed such that the companies can realize a weld with quality and according to the technical standards.

This work elaborated a Specification of the Welding Procedure. FCAW-S without protective gas, according to ASME IX standard for water collection.

The choice of the FCAW process with self-protected wire makes this process an excellent cost saving for companies, therefore, eliminates the cost of gas protection the highest cost for this type of welding because of the difficult to accesses with these gases in some places in fielding welding.

Keywords: WPS, RWPS, Welding, Standard, ASME, Pipe

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Desfile e acoplamento dos tubos	1
Figura 2 – Soldagem FCAW Orbital: Pipe Kat PK200 / Pk500	1
Figura 3 – Excelente acabamento da solda FCAW	1
Figura 4 – Rebaixamento dos tubos soldados.....	1
Figura 5 – Soldagem com arame tubular.....	6
Figura 6 – Equipamento de soldagem.....	6
Figura 7 – Transferência curto-circuito.....	7
Figura 8 – Corpo de Prova - Tração Seção Reduzida	22
Figura 9 – Corpo de Prova – Dobramento Lateral.....	23
Figura 10 – Posicionamento do Corpo de Prova	24
Figura 11 – Posição de soldagem Vertical Ascendente -3G.....	25
Figura 12 – Junta de topo em V e raiz com penetração total.....	25
Figura 13 – CP: Corpos de Prova de Tração.....	26
Figura 14 – CP: Corpos de Prova de Dobramento.....	26
Figura 15 – RQPS Registro de Qualificação do Procedimento de Soldagem.....	28
Figura 16 – EPS Especificação do Procedimento de Soldagem.....	29
Figura 17 – Autorização da diretoria da MILPLAN Engenharia em utilizar a EPS	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Especificações de Procedimento de Variáveis de Soldagem.....	15
Tabela 2 – Identificação do Material de Base.....	17
Tabela 3 – Temperatura de Pré Aquecimento.....	18
Tabela 4 – Composição Química aço A36.....	19
Tabela 5 – Requisitos de Tração.....	19
Tabela 6 – Composição Química E71T-8JDH8.....	20
Tabela 7 – Requisitos Mecânicos.....	20
Tabela 8 – Espessura Qualificada.....	21

LISTA DE ABREVEATURAS E SÍMBOLOS

ASME	– American Society of Mechanical Engineers
EPS	– Especificação do Procedimento de Soldagem
RQPS	– Registro de Qualificação de Procedimento de Soldagem
CP	– Corpo de Prova
FCAW	– Flux-Cored Arc Welding
END	– Ensaio Não Destrutivos
EVS	– Ensaio Visual de Solda
LP	– Ensaio de Líquido Penetrante

SUMÁRIO

1	Introdução	1
1.1	Justificativa.....	2
2	Objetivo.....	3
3	Revisão Bibliografia	4
3.1	Soldagem	4
3.2	Processo de soldagem FCAW	4
3.3	Modo de Transferência.....	6
3.3.1	Modo de Transferência Curto-Circuito.....	7
3.4	Metal de Base.....	8
3.5	Consumível de Soldagem.....	8
3.6	RQPS – Registro de Qualificação do Procedimento de Soldagem.....	8
3.7	EPS – Especificação do Procedimento de Soldagem.....	8
3.8	Soldabilidade.....	8
3.9	Variáveis de Soldagem.....	9
3.9.1	Temperatura de Pré-Aquecimento.....	9
3.9.2	Temperatura de Interpasse.....	9
3.10	END - Ensaio Não Destrutivo.....	9
3.11	Ensaio Destrutivo	10
3.12	Garantia da Qualidade.....	10
4	Desenvolvimento	10
4.1	Levantamento de Dados (material / junta soldada)	10
4.2	Processo de Soldagem	11
4.3	Variáveis Essenciais	11
4.4	Identificação do Material de Base	17
4.5	Temperatura de Pré-Aquecimento e Interpasse	17
4.6	Consumível de Soldagem	18
4.7	Espessura Qualificada, Corpo de Prova e Ensaio.....	21
4.7.1	Corpo de Prova	22

4.8 Posição de Soldagem	24
4.8.1 Posicionamento do Corpo de Prova.....	24
4.9 Elaboração e Preenchimento do Formulário da EPS	25
4.9.1 Soldagem	25
4.9.2 Preparação do Corpo de Prova para RQPS	26
4.10 Registro de Qualificação do Procedimento de Soldagem – RQPS	27
4.11 Especificação de Procedimento de Soldagem – EPS	29
5 Conclusão.....	31
6 Referência.....	32
7 Anexos	33
7.1 Certificado do Arame – HOBART E71T-8JD H8.....	33
7.2 Certificado do Metal de Base – CHAPA A36 GERDAU.....	34
7.3 Relatório de Ensaio Mecânico Dobramento	35
7.4 Relatório de Ensaio de Tração	36

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho de conclusão de curso consiste na elaboração de uma EPS (ESPECIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM) no processo FCAW-S com arame autoprotégido, tendo como norma aplicável a ASME IX.



Figura 01: Desfile e acoplamento dos tubos



Figura 02: Soldagem FCAW Orbital: Pipe Kat PK200 / Pk500 Figura 03: Excelente acabamento da solda FCAW



Figura 04: Rebaixamento dos tubos soldados

1.1 Justificativa

Para executar uma soldagem com qualidade, deve-se seguir uma EPS (Especificação do Procedimento de Soldagem), onde estão os parâmetros como tensão, corrente, consumível de soldagem e variáveis essenciais que devem ser utilizados durante o processo de soldagem para que a solda seja realizada e suas propriedades mecânicas e químicas sejam garantidas.

Essa especificação deve ser criada levando em consideração a norma ASME “Boiler and Pressure Vessel Code – Sections IX (Welding and Brazing Qualifications)”

2 OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo estudar a elaboração de uma EPS no processo FCAW-S com arame autoprotégido considerando a norma ASME IX/2017, levando em consideração:

- Metal de base: Chapa ASTM-A36
- Espessuras: 25,4mm
- Tipo de juntas: Chanfro em V com penetração total
- Soldagem conforme normas: ASME IX
- Processo de Soldagem: FCAW-S
- Modo de Transferência: Curto Circuito
- Gás de Proteção: Não aplicável
- Não possui tratamento térmico

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Soldagem

A Soldagem é o processo de união de materiais (particularmente os metais) mais importante do ponto de vista industrial sendo extensivamente utilizada na fabricação e recuperação de peças, equipamentos e estruturas. A sua aplicação atinge desde pequenos componentes eletrônicos até grandes estruturas e equipamentos (pontes, navios, vasos de pressão, etc.). Existe um grande número de processos de soldagem diferentes, sendo necessária a seleção do processo (ou processos) adequado para uma dada aplicação.

Algumas definições de soldagem são:

- Processo de junção de metais por fusão.
- Operação que visa obter a união de duas ou mais peças, assegurando, na junta soldada, a continuidade de propriedades físicas, químicas e metalúrgicas.
- Operação que visa obter a coalescência localizada produzida pelo aquecimento até uma temperatura adequada, com ou sem aplicação de pressão de metal de adição.
- Processo de união de materiais baseado no estabelecimento, na região de contato entre os materiais sendo unidos, de forças de ligação química de natureza similar às atuantes no interior dos próprios metais.

3.2 Processo de Soldagem – FCAW – FLUX CORED ARC WELDING (Arame Tubular)

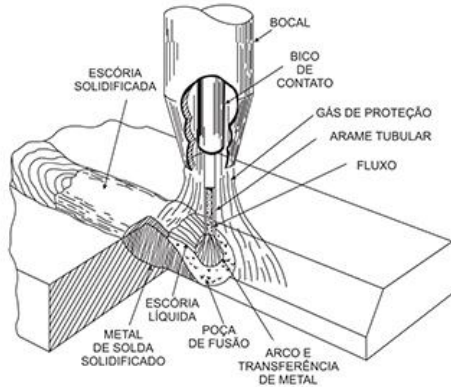
O processo Arame Tubular (FCAW – Flux-Cored Arc Welding) é um processo de soldagem, por fusão, caracterizado pela abertura e manutenção do arco elétrico entre o metal de base (poça de fusão quando em regime) e o metal de adição (arame contínuo, no formato tubular, preenchido com uma apropriada combinação de elementos químicos “fluxo”). O processo alia determinadas características do processo MIG/MAG (continuidade na alimentação do arame) e do processo Eletrodo Revestido (possibilidade de manipulação da composição do fluxo). Em relação a

proteção gasosa da região do arco, o processo pode ser classificado como auto-protegido (parte do fluxo terá a função de formação da coluna gasosa) ou com proteção gasosa (uso de proteção externa de gás, suprida com pressão e vazão adequadas).

Existem no mercado basicamente dois tipos de arames tubulares que são:

- Arames tubulares autoprotégidos: no qual não necessita proteção de gás externa. Esses arames foram desenvolvidos para gerar gases de proteção a partir de misturas do fluxo contido no interior do eletrodo tubular, de modo similar aos eletrodos revestidos. Neste tipo o fluxo ao ser exposto a altas temperaturas da poça de fusão gera uma camada de gás protetora, dispensando proteção gasosa externa tornando assim o processo viável em ambientes abertos sobre ventos moderados interferindo de forma mínima a atmosfera protetora em torno do arco. Apresenta algumas desvantagens como no eletrodo revestido que são a formação de gases tóxicos e soldas inferiores do outro tipo de arame.
- Arames tubulares com gás de proteção externa, também chamado de proteção dupla, é basicamente a combinação do arame tubular com fluxo em seu núcleo com a proteção de gás externa, utilizando que tem de melhor processo MAG com arames tubulares. Este tipo é o mais preferido e recomendado, pois o resultado é superior, produz soldas de alta qualidade com ótimas qualidades mecânicas. Assim como nos demais processos de soldagem ao arco elétrico, a proteção gasosa é justificada na necessidade de, ao mesmo tempo, viabilizar a proteção da gota metálica e da poça de fusão contra a atmosfera vizinha ao arco voltaico e, além disso, auxiliar na formação e manutenção do arco elétrico.

Soldagem com arames tubulares com proteção externa



Soldagem com arames tubulares autoprotetidos

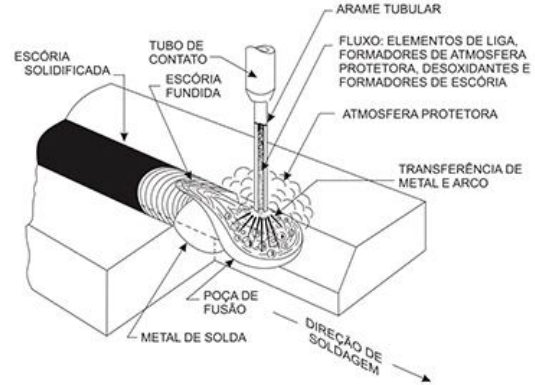


Figura 5 – Soldagem com arames tubulares com proteção externa e Soldagem com arames tubulares autoprotetidos - Fonte: Apostila ESAB

Os equipamentos utilizados no processo de soldagem FCAW-G são:

- Fonte de energia (tensão constante),
- Fonte de gás de proteção (quando necessário)
- Alimentador de arame
- Pistola

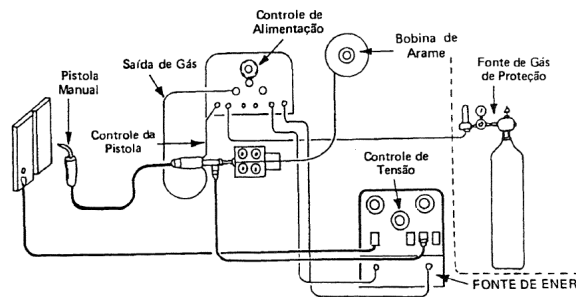


Figura 6 – Equipamentos de Soldagem - Fonte: Apostila FBTS

3.3 Modo de Transferência

Durante a soldagem com arame tubular basicamente existe três diferentes modos de transferências através do arco: aerossol, globular e curto circuito. A transferência globular e a aerossol requerem correntes relativamente altas, enquanto a transferência por curto-circuito usa normalmente correntes medias e baixas.

3.3.1 Modo de Transferência Curto Circuito

O processo arame tubular com transferência por curto-circuito engloba os processos que são realizados com baixos níveis de corrente e diâmetro do arame.

Esse modo de transferência causa uma incidência maior de respingos de solda, as famosas bolinhas. Embora isso possa ser “evitado” em máquinas com uma indutância bem equilibrada.

A transferência nesse caso ocorre apenas quando o arame toca a poça de fusão. A medida que o metal fundido na ponta do arame toca o metal base a transferência ocorre.

Quando utilizado os gases geralmente nesse modo de transferência são misturas de Argônio e CO² (75%/25%) ou CO² puro. Também pode ter esse modo de transferência em a utilização de gases de proteção.

Em processos industriais a transferência por curto circuito é desejada em soldas fora de posição, ou seja, vertical ou sobre cabeça.

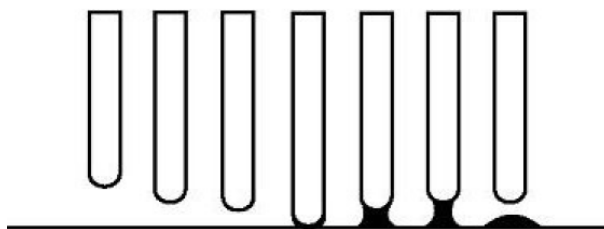


Figura 7 – Transferência por curto-circuito - Fonte: Apostila ESAB

3.4 Metal de Base

Material da peça que passa pelo processo de soldagem.

Quando possível procura-se escolher, para uma dada aplicação, o metal base mais “fácil de soldar” (de melhor soldabilidade) que seja adequado para a aplicação. Em alguns casos, por exemplo, na recuperação de uma dada peça por soldagem, esta escolha é impossível. De qualquer forma, o modo como uma solda será produzida (isto é, o procedimento de soldagem usado) deve levar em consideração as características do metal base, particularmente os seus aspectos metalúrgicos.

Metal de Adição (filler metal): Material adicionado, no estado líquido, durante a soldagem (ou brasagem).

3.5 Consumível de Soldagem

São todos os materiais empregados na deposição ou proteção da solda, tais como eletrodos revestidos, varetas, arames sólidos e tubulares, fluxos, gases e anéis consumíveis.

3.6 RQPS – Registro da Qualificação do Procedimento de Soldagem

RQPS é um registro dos dados de soldagem utilizado para soldar um corpo de prova. O RQPS é um registro de variáveis registradas durante a soldagem dos corpos de prova. Ele também contém os resultados do teste das amostras testadas. Variáveis registradas normalmente estão dentro de um pequeno intervalo das variáveis reais que serão utilizadas na soldagem de produção.

O RQPS completo deve documentar toda variável essencial e, quando necessário, as variáveis essenciais suplementares para cada processo de soldagem utilizado durante a soldagem do corpo de prova. Variáveis não essenciais ou outras usadas durante a soldagem do corpo de prova podem ser registradas por opção do fabricante ou empreiteiro. Todas as variáveis, se registradas, serão as variáveis reais (incluindo variações) utilizadas durante a soldagem do corpo de prova. Se as variáveis não são monitoradas durante a soldagem, elas não devem ser registradas.

3.7 EPS – Especificação do Procedimento de Soldagem

EPS é um procedimento de soldagem qualificado escrito, preparado para fornecer orientação para o direcionamento das soldas de produção, contendo detalhadamente todos os parâmetros e condições da operação da soldagem. A EPS deve ser usada pelos soldadores ou operadores de soldagem para assegurar o cumprimento dos requisitos do Código.

3.8 Soldabilidade

Refere-se à facilidade de realizar a operação de soldagem utilizando-se parâmetros normais de regulagem da máquina, de material de adição e de rendimento, ou à capacidade de o material ser soldado sem que haja a formação de microestruturas prejudiciais às suas características e propriedades mecânicas. Um

material com boa soldabilidade deve se apresentar, após a soldagem, sem concentração excessiva de tensões internas e com boas propriedades mecânicas de tenacidade e ductilidade.

3.9 Variáveis

Variáveis Essenciais: São aquelas em que uma mudança, como descrito nas variáveis específicas, é considerada por afetar as propriedades mecânicas da soldagem e deve exigir a requalificação da EPS.

Variáveis essenciais suplementares: Quando a norma exige Ensaio de Impacto. São necessárias para metais para que outras secções específicas especifiquem provas de tenacidade do chanfro e estejam em adição às variáveis essenciais para cada processo de soldagem.

Variáveis não-essenciais: São aquelas em que uma mudança, tal como nas variáveis específicas, podem ser feitas na EPS sem a necessidade de requalificação.

3.9.1 Temperatura de Pré-Aquecimento

O pré-aquecimento tem como objetivo diminuir a velocidade de resfriamento de uma junta soldada, tornando menores as tensões residuais. Em metais com alta condutibilidade térmica, facilita as operações de soldagem.

3.9.2 Temperatura Interpasse

Em soldagem multi-passe, a temperatura do metal de solda antes do passe seguinte ter começado é chamado de temperatura interpasse.

3.10 Ensaio Não Destrutivos

Os Ensaio Não Destrutivos (END) são ensaios realizados em materiais acabados ou semi-acabados, para verificar a existência (ou não) de descontinuidades e/ou defeitos, sem alterar suas características físicas, químicas, mecânicas ou dimensionais e sem interferir em seu uso posterior. Os ensaios mais utilizados são: Visual de solda, Líquido Penetrante, Ultrassom, Partículas Magnética

e Radiografia. Porém conforme ASME esses ensaios não destrutíveis não são exigidos para elaboração de uma EPS.

3.11 Ensaios Destrutivos

Ensaio destrutivo que pode danificar parcialmente ou totalmente uma peça ou corpo de prova que foi submetido ao ensaio, mesmo que estes não fiquem inutilizados. Os ensaios mais utilizados são: tração, dobramento, macrografia, fratura e ensaio de impacto. Porém conforme ASME para elaboração de EPS conforme citado anteriormente é exigido somente ensaios de tração e dobramento.

3.12 Garantia da Qualidade

Garantia da qualidade (em inglês: quality assurance, ou QA) é uma forma de prevenir erros ou defeitos nos produtos manufaturados e evitar problemas ao entregar soluções ou serviços aos clientes. Esta prevenção de defeitos em si difere da detecção e rejeição de defeitos no controle de qualidade, pois foca a qualidade no início do processo.

4 DESENVOLVIMENTO

Para a elaboração deste trabalho e dessa EPS foram utilizados normas técnicas, apostilas e literaturas voltadas para área de Soldagem entre outros.

4.1 Levantamento de Dados do material e da junta a ser soldada para elaboração da EPS

- Metal de base: Chapa ASTM-A36
- Espessuras: 25,4mm
- Tipo de juntas: Chanfro em V com penetração total
- Soldagem conforme normas: ASME IX
- Processo de Soldagem: FCAW-S
- Modo de Transferência: Curto Circuito
- Não possui tratamento térmico

4.2 Processo de Soldagem

O processo de soldagem escolhido para a elaboração desta EPS é o processo FCAW-S. Ele, quando comparado os demais processos (SMAW, GMAW e GTAW) possui várias vantagens, tais como:

- alta taxa de deposição, o que resulta em ótima produtividade e
- excelente qualidade da solda além de apresentar um ótimo acabamento do cordão de solda.

A escolha do processo FCAW-S com arame autoprotetido faz com que esse processo tenha um excelente custo benefício para as empresas, pois sendo assim, elimina o custo do gás de proteção que é um custo alto para a realização desse tipo de soldagem. Sem disser que em alguns locais onde realizam a soldagem de tubulação em campo, são de difíceis acessos para chegar com esses gases.

4.3 Variáveis Essenciais

São aquelas em que uma mudança, como descrito nas variáveis específicas, é considerada significativa por afetar as propriedades mecânicas da solda, sendo assim é exigido a requalificação da EPS.

Itemização: ASME IX QW-255 – 2017: ESPECIFICAÇÕES DE PROCEDIMENTO DE VARIÁVEIS DE SOLDAGEM (EPS) - Soldagem a Arco Met. com Atm. Gasosa(GMAW and FCAW)

QW403: Metais de Base

- QW-403.8: Mudança na espessura do metal base além da faixa qualificada na QW-451,
- QW-403.9: Para soldagem de passe único ou passes múltiplas em que qualquer passe seja maior que 1/2 pol (13mm) de espessura, um aumento da espessura do metal base além de 1,1 vezes maior que do corpo de prova de qualificação.
- QW-403.10: Para o modo de transferência de curto-circuito do processo de gás de arco metálico, quando a espessura do corpo de prova de qualificação for inferior a 1/2 pol (13 mm), um aumento na espessura além de 1,1 vezes maior do que o corpo de prova de qualificação. Para espessuras de 1/2 pol.

(13 mm) e maior, use a tabela QW- 451.1 ou a tabela QW-451.2, conforme aplicável.

- QW-403.11: Mudança no metal de base especificado na EPS.

QW-404: Metais de Adição

- QW-404.4: Mudança do F-Number ou do metal de adição.
- QW-404.5: Mudança na composição química do depósito de solda de um A-number.
- QW-404.23: Mudança das seguintes formas de produtos de metal de adição para outro:
 - (a) Nú (sólido) ou metal nucleonado
 - (b) fluxo nucleonado
 - (c) sólido de fluxo revestido ou metal nucleonado
 - (d) em pó (sinterizado)
- QW-404.24: A adição, exclusão ou mudança de mais de 10% no volume do metal de adição complementar.
- QW-404.27: Quando o teor da liga do metal de solda é, em grande parte, dependente da composição do metal de adição complementar
- QW-404.30: Uma mudança no metal de solda depositado além do alcance qualificado na QW-451 para o procedimento de qualificação ou QW-452 para a qualificação de desempenho, exceto quando permitido na QW-303.1 e QW-303.2. Quando um soldador é qualificado através da radiografia, os intervalos de espessura da tabela QW-452.1 (b) se aplicam.
- QW-404.32 Para o tipo de baixa tensão de curto-circuito do processo de gás de arco metal quando a espessura do metal depositado for inferior a 1/2 pol. (13 mm), um aumento na espessura do metal de solda depositado para além de 1,1 vezes a espessura do metal de solda depositado do teste de qualificação. Para espessuras de metais de solda de 1/2 pol (13 mm) e maior, use a tabela QW-451.1, a tabela QW-451.2 ou a tabela QW-452.1, como aplicável.

QW-406: Pré Aquecimento

- QW-406.1 Uma diminuição de mais de 100 ° F (55 ° C) na temperatura de pré-aquecimento qualificada. A temperatura mínima para a soldagem deve ser especificada na EPS.

QW-407: Tratamento Térmico Pós Soldagem (TTPS)

- QW-407.1 Uma qualificação de procedimento em separado é necessária para cada um dos seguintes:
 - (a) Para P-Numbers de 1 a 6 e materiais de 9 a 15F, as seguintes condições de tratamento pós-soldagem se aplicam:
 - (1) nenhum TTPS.
 - (2) TTPS abaixo da menor temperatura de transformação.
 - (3) TTPS acima da temperatura de transformação superior (por exemplo, normalizando).
 - (4) TTPS acima da temperatura de transformação superior seguido por tratamento térmico abaixo da menor temperatura de transformação (por exemplo, normalização ou esfriamento seguido de têmpera).
 - (5) TTPS entre as temperaturas de transformação superiores e inferiores
 - (b) Para todos os outros materiais, as seguintes condições de tratamento térmico pós soldagem são aplicáveis:
 - (1) nenhum TTPS.
 - (2) TTPS
- QW-407.4 Para outros metais ferrosos que não de P-No. 7, P-No. 8 e P-No. 45, quando um corpo de teste de qualificação de procedimento recebe um tratamento térmico pós-soldagem que exceda a temperatura superior de transformação mais elevada ou um tratamento térmico de solução para materiais P-No. 10H, a base qualificada máxima de espessura do metal, T, não deve exceder 1,1 vezes a espessura do corpo de prova.

QW-408: Gás

- QW-408.2 Uma qualificação de procedimento em separado é necessária para cada um dos seguintes:
 - (a) uma mudança a partir de um único gás de proteção para qualquer outro gás de proteção individual.
 - (b) uma mudança a partir de um único gás de proteção para uma mistura de gases de proteção e vice-versa.
 - (c) uma mudança na composição do percentual especificado de uma mistura de gás de proteção.

(d) a adição ou omissão de gás de proteção. A classificação AWS de SFA-5.32 pode ser usada para especificar a composição do gás de proteção.

- QW-408.9 Para soldas em chanfro de P-No. 41 até PNo.49 e todas as soldas de P-No. 10I, P-No. 10J, P-No.74 10K, P-No. 51 a P-No. 53 e P-No. 61 a metais P-No. 62, a supressão de gás de proteção na raiz da solda ou uma mudança na composição nominal do gás de proteção na raiz da solda de um gás inerte a uma mistura incluindo os gases não inertes.
- QW-408.10 Para P-No. 10I, P-No. 10J, P-No. 10K, PNo. 51 a P-No. 53 e P-No. 61 a metais P-No. 62, a exclusão de fuga do gás de proteção ou uma mudança na composição nominal do um gás inerte a uma mistura incluindo os gases não inertes, ou uma diminuição de 10% ou mais na taxa de fluxo de gás de fuga.

QW-409: Características Elétricas

- QW-409.2 Uma mudança de arco spray, arco globular, ou arco pulsante para arco de curto-circuito ou vice-versa.

QW-410: Técnica

- QW-410.64 No caso dos vasos ou de partes dos vasos construídos com metais base P-No. 11A e P-No. 11B, chanfros de solda de espessura inferior a 5/8 polegadas (16 mm) deverão ser elaborado por processos térmicos, quando tais processos tenham que ser empregados durante a fabricação. Esta preparação do chanfro deve também inclui goivagem de fundo, chanfragem de fundo, ou remoção de metal de solda imperfeito através de processos térmicos, quando estes processos tenham que ser empregados durante a fabricação.

Tabela 1 – QW -255: Especificações de Procedimento de Variáveis de Soldagem

Fonte: ASME IX /2017

Parágrafo	Resumo das variáveis	Essencial	Essencial Complementar	Não Essencial
QW-402 Juntas	.1 ϕ Projeto do Chanfro.			X
	.4 - Cobrejunta			X
	.10 ϕ Espaçamento da raiz			X
	.11 \pm Retentores			X
QW-403 Metais Base	.5 ϕ N. de Grupo		X	
	.6 T Limites		X	
	.8 ϕ T Qualificado	X		
	.9 t Passe > 1,2 in. (13 mm)	X		
	.10 T limites (S. cir. arc)	X		
	.11 ϕ P-No. Qualificado	X		
QW-404 Metais de Adição	.4 ϕ F-Number	X		
	.5 ϕ A-Number	X		
	.6 ϕ Diâmetro			X
	.12 ϕ Classificação		X	
	.23 ϕ Forma prod. metal de adição	X		
	.24 \pm Supplemental	X		
	ϕ			
	.27 ϕ Elementos da liga	X		
	.30 ϕ t	X		
.32 T Limites (S. cir. arc)	X			
.33 ϕ Classificação			X	
QW-405 Posições	.1 + Posição			X
	.2 ϕ Posição		X	
	.3 ϕ \updownarrow Soldagem Vertical			X
QW-406 Pré-aquecimento	.1 Diminuição > 100°F (55°C)	X		
	.2 ϕ Pré-aquecimento maint.			X
	.3 Aumento > 100°F (55°C) (IP)		X	
QW-407 TTPS	.1 ϕ TTPS	X		
	.2 ϕ TTPS (Faixa T & T)		X	
	.4 T Limites	X		

Tabela 1 – QW -255: Especificações de Procedimento de Variáveis de Soldagem

Fonte: ASME IX /2017

Parágrafo		Resumo das variáveis	Essencial	Essencial Complementar	Não Essencial
QW-408 Gás	.1	± Rastro ou ϕ comp.			X
	.2	ϕ Simples, mistura ou %	X		
	.3	ϕ Taxa de Fluxo			X
	.5	± ou ϕ Fluxo prot.raiz			X
	.9	– Cobre-junta ou ϕ comp.	X		
	.10	ϕ Proteção ou rastro	X		
QW-409 Caract. Elétricas	.1	> Entrada de Calor		X	
	.2	ϕ Modo de transf.	X		
	.4	ϕ Corrente ou polaridade		X	X
	.8	ϕ I & E faixa			X
QW-410 Técnica	.1	ϕ Reto/Trançado			X
	.3	ϕ tam.: Orifício, copo, bico			X
	.5	ϕ Método limpeza			X
	.6	ϕ Mét. goivagem de raiz			X
	.7	ϕ Oscilação			X
	.8	ϕ Dist. tubo-trabalho			X
	.9	ϕ Passe Múlt. p/ simples/lado		X	X
	.10	ϕ Eletrodo simples para multis		X	X
	.15	ϕ Espaçamento do eletrodo			X
	.25	ϕ Manual or automática			X
.26	± Martelamento			X	
	.64	Uso de processos térm.	X		

Legenda:

+ Adição
– Deleção> Aumento/maior que
< Diminuição/menor que↑ Ascendente
↓ Descendente← À frente
→ À ré ϕ Mudança

4.4 Identificação do Material de Base

QW-211 Metal base

Os metais de base podem consistir de uma chapa, tubo ou outras formas de produto. A qualificação em chapa também se qualifica para a soldagem de tubos e vice-versa. As dimensões do corpo de prova devem ser suficiente para fornecer as amostras necessárias.

A Norma ASME identifica e agrupa os materiais de base por P-Nº e por grupo Nº Grp. conforme APÊNDICE D - LISTAGEM DE P NUMBER.

O material de base que utilizamos é o ASTM A 36 do P-Nº1 e do Grp. Nº1

Tabela 2 - APÊNDICE D - LISTAGEM DE P NUMBER - Fonte: ASME IX /2017

P-No.	Grp. No.	Spec. No.	Type, Grade, or UNS No.	P-No.	Grp. No.	Spec. No.	Type, Grade, or UNS No.
Steel and Steel Alloys				Steel and Steel Alloys (Cont'd)			
1	1	A/SA-36	...	1	1	A/SA-369	FPA
1	1	A/SA-53	Type E, Gr. A	1	1	A/SA-369	FPB
1	1	A/SA-53	Type E, Gr. B	1	1	A/SA-372	A
1	1	A/SA-53	Type F	1	1	A381	Y35
1	1	A/SA-53	Type S, Gr. A	1	1	A381	Y42
1	1	A/SA-53	Type S, Gr. B	1	1	A381	Y46
1	1	A/SA-106	A	1	1	A381	Y48
1	1	A/SA-106	B	1	1	A381	Y50
1	1	A108	1015	1	1	A/SA-414	A
1	1	A108	1018	1	1	A/SA-414	B
1	1	A108	1020	1	1	A/SA-414	C
1	1	A/SA-134	...	1	1	A/SA-414	D
1	1	A/SA-135	A	1	1	A/SA-414	E
1	1	A/SA-135	B	1	1	A/SA-420	WPL6
1	1	A139	A	1	1	A500	B
1	1	A139	B	1	1	A500	C
1	1	A139	C	1	1	A501	A
1	1	A139	D	1	1	A/SA-513	1008
1	1	A139	E	1	1	A/SA-513	1010
1	1	A/SA-178	A	1	1	A/SA-513	1015
1	1	A/SA-178	C	1	1	A513	1015CW
1	1	A/SA-179	...	1	1	A/SA-515	60
1	1	A/SA-181	Cl. 60	1	1	A/SA-515	65
1	1	A/SA-192	...	1	1	A/SA-516	55
1	1	A/SA-210	A-1				
1	1	A211	A570-30				
1	1	A211	A570-33				
1	1	A211	A570-40				

4.5 Temperaturas de Pré-Aquecimento e Interpasse

Temperaturas de pré-aquecimento mínimas necessárias e recomendadas para materiais de vários P-Numbers são dadas na Tabela 330.1.1. Se a temperatura ambiente estiver abaixo de 0°C (32°F), as recomendações da Tabela 330.1.1 tornam-se requisitos. A espessura na Tabela 330.1.1 é aquela do componente mais espesso medido na junta.

Tabela 3 – Temperatura de Pré Aquecimento

Tabela 330.1.1 Temperaturas de Pré-Aquecimento

Metal base P-No. ou S-No. [Nota (1)]	Análise do metal de solda A-No. [Nota (2)]	Grupo do Metal base	Espessura Nominal da Parede		Resist. Tração min. especific., Metal Base		Temperatura Mínima			
			mm	in.	MPa	ksi	Necessária		Recomendada	
							°C	°F	°C	°F
1	1	Aços carbono	< 25	< 1	≤ 490	≤ 71	...	...	10	50
			≥ 25	≥ 1	Todos	Todos	...	...	79	175
			Todos	Todos	> 490	> 71	...	...	79	175
3	2, 11	Aços de ligas Cr ≤ 1/2%	< 13	< 1/2	≤ 490	≤ 71	...	...	10	50
			≥ 13	≥ 1/2	Todos	Todos	...	...	79	175
			Todos	Todos	> 490	> 71	...	...	79	175
4	3	Aços de ligas 1/2% < Cr ≤ 2%	Todos	Todos	Todos	Todos	149	300	...	...
5A, 5B, 5C	4, 5	Aços de ligas 2 1/4% ≤ Cr ≤ 10%	Todos	Todos	Todos	Todos	177	350	...	...
6	6	Aços de alta liga martenítico	Todos	Todos	Todos	Todos	...	...	149 ⁴	300 ⁴
7	7	Aços de alta liga ferrítico	Todos	Todos	Todos	Todos	...	...	10	50
8	8, 9	Aços de alta liga austenítico	Todos	Todos	Todos	Todos	...	...	10	50
9A, 9B	10	Aços de liga de níquel	Todos	Todos	Todos	Todos	...	...	93	200
10	...	Aços Cr-Cu	Todos	Todos	Todos	Todos	149-204	300-400	...	...
10I	...	Aço 27Cr	Todos	Todos	Todos	Todos	149 ³	300 ³	...	...
11A SG 1	...	Aço 8Ni, 9Ni	Todos	Todos	Todos	Todos	...	...	10	50

Após verificação foi observado que para espessuras igual ou maior que 25mm a temperatura mínima recomendada é de 79° C.

A norma ASME B31.3 não exige controle da temperatura interpasse para materiais P-N^o1 porém detectamos que boas praticas utilizam ≤250°C.

4.6 Consumível de Soldagem

O consumível de soldagem é selecionado levando em consideração a composição química e suas propriedades mecânicas quando comparado com o metal de base.

Composição química e as propriedades mecânicas do aço ASTM-A36

Tabela 4– Composição química - Fonte: Norma ASTM-A36

Product Thickness, in. [mm]	Shapes ^A All	Plates ^B					Bars			
		To 3/4 [20], Incl.	Over 3/4 to 1 1/2 [20 to 40], Incl.	Over 1 1/2 to 2 1/2 [40 to 65], Incl.	Over 2 1/2 to 4 [65 to 100], Incl.	Over 4 [100]	To 3/4 [20], Incl.	Over 3/4 to 1 1/2 [20 to 40], Incl.	Over 1 1/2 to 4 [40 to 100], Incl.	Over 4 [100]
		Carbon, max., %	0.26	0.25	0.25	0.26	0.27	0.29	0.26	0.27	0.28	0.29
Manganese, %	...	...	0.80–1.20	0.80–1.20	0.85–1.20	0.85–1.20	...	0.60–0.90	0.60–0.90	0.60–0.90
Phosphorus, max., %	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Sulfur, max., %	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Silicon, %	0.40 max.	0.40 max.	0.40 max.	0.15–0.40	0.15–0.40	0.15–0.40	0.40 max.	0.40 max.	0.40 max.	0.40 max.
Copper, min., % when copper steel is specified	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20

NOTE 1 — Where “...” appears in this table, there is no requirement. The heat analysis for manganese shall be determined and reported as described in the heat analysis section of Specification A 6/A 6M.

^A Manganese content of 0.85–1.35% and silicon content of 0.15–0.40% is required for shapes over 426 lb/ft [634 kg/m].
^B For each reduction of 0.01% point below the specified carbon maximum, an increase of 0.06% point manganese above the specified maximum will be permitted, up to the maximum of 1.35%.

Tabela 5 – Requisitos de Tração - Norma ASTM-A36

Plates, Shapes,^B and Bars:	
Tensile strength, ksi [MPa]	58–80 [400–550]
Yield point, min., ksi [MPa]	36 [250] ^C
Plates and Bars^{D,E}:	
Elongation in 8 in. [200 mm], min., %	20
Elongation in 2 in. [50 mm], min., %	23
Shapes:	
Elongation in 8 in. [200 mm], min., %	20
Elongation in 2 in. [50 mm], min., %	21 ^B

^A See the Orientation subsection in the Tension Tests section of Specification A 6/A 6M.

^B For wide flange shapes over 426 lb/ft [634 kg/m], the 80 ksi [550 MPa] maximum tensile strength does not apply and a minimum elongation in 2 in. [50 mm] of 19% applies.

^C Yield point 32 ksi [220 MPa] for plates over 8 in. [200 mm] in thickness.

^D Elongation not required to be determined for floor plate.

^E For plates wider than 24 in. [600 mm], the elongation requirement is reduced 2% points. See Elongation Requirement Adjustments subsection under the Tension Tests section of Specification A 6/A 6M.

O consumível utilizado é E71T-8JDH8, Hobart, segue as características deste:

Composição Química do consumível

Tabela 6 – Composição Química E71T-8JDH8 – Fonte: ASME II Parte C – SFA - 5.20

TABLE 6
WELD METAL CHEMICAL COMPOSITION REQUIREMENTS FOR CLASSIFICATION TO SFA-5.20/SFA-5.20M

AWS A5.20 Classification	AWS A5.20M Classification	UNS Number ^a	Weight Percent ^{b,c}										
			C	Mn	Si	S	P	Cr ^d	Ni ^d	Mo ^d	V ^d	Al ^e	Cu ^d
E7XT-1C, -1M	E49XT-1C, -1M	W07601	0.12	1.75	0.90	0.03	0.03	0.20	0.50	0.30	0.08	—	0.35
E7XT-5C, -5M	E49XT-5C, -5M	W07605											
E7XT-9C, -9M	E49XT-9C, -9M	W07609											
E7XT-4	E49XT-4	W07604	0.30	1.75	0.60	0.03	0.03	0.20	0.50	0.30	0.08	1.8	0.35
E7XT-6	E49XT-6	W07606											
E7XT-7	E49XT-7	W07607											
E7XT-8	E49XT-8	W07608											
E7XT-11	E49XT-11	W07611											
EXXT-G	—	—	(f)	1.75	0.90	0.03	0.03	0.20	0.50	0.30	0.08	1.8	0.35
E7XT-12C, -12M	E49XT-12C, -12M	W07612	0.12	1.60	0.90	0.03	0.03	0.20	0.50	0.30	0.08	—	0.35
E6XT-13	E43XT-13	W06613	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
E7XT-2C, -2M	E49XT-2C, -2M	W07602											
E7XT-3	E49XT-3	W07603											
E7XT-10	E49XT-10	W07610											
E7XT-13	E49XT-13	W07613											
E7XT-14	E49XT-14	W07614											
EXXT-GS	—	—	Not Specified ^h										

NOTES:

- According to ASTM D5-56 (or SAE HS-1086).
- The weld metal shall be analyzed for the specific elements for which values are shown in this table. The total of all elements listed in this table shall not exceed 5%.
- Single values are maximums.
- Single analysis of these elements shall be reported only if intentionally added.
- Applicable to self-shielded electrodes only. Electrodes intended for use with gas shielding normally do not have significant additions of aluminum.
- The limit for gas shielded electrodes is 0.18% maximum. The limit for self-shielded electrodes is 0.30% maximum.
- The composition of weld metal is not meaningful since electrodes of these classifications are intended only for single pass welds. Dilution from the base metal in such welds usually is quite high (see A6 in the Annex).

Propriedades Mecânicas do Consumível

Tabela 7- Requisitos Mecânicos – Fonte: AWS/ASME 5.20 / SFA 5.20

AWS Classification(s)	Tensile Strength, ksi	Minimum Yield Strength ^a , ksi	Minimum % Elongation ^b	Minimum Charpy V-Notch Impact Energy
E7XT-1C, -1M	70-95	58	22	20 ft-lbf at 0°F
E7XT-2C ^c , -2M ^c	70 min.	Not Specified	Not Specified	Not Specified
E7XT-3 ^c	70 min.	Not Specified	Not Specified	Not Specified
E7XT-4	70-95	58	22	Not Specified
E7XT-5C, -5M	70-95	58	22	20 ft-lbf at -20°F
E7XT-6	70-95	58	22	20 ft-lbf at -20°F
E7XT-7	70-95	58	22	Not Specified
E7XT-8	70-95	58	22	20 ft-lbf at -20°F
E7XT-9C, -9M	70-95	58	22	20 ft-lbf at -20°F
E7XT-10 ^c	70 min.	Not Specified	Not Specified	Not Specified
E7XT-11	70-95	58	20 ^d	Not Specified
E7XT-12C, -12M	70-90	58	22	20 ft-lbf at -20°F
E6XT-13 ^c	60 min.	Not Specified	Not Specified	Not Specified
E7XT-13 ^c	70 min.	Not Specified	Not Specified	Not Specified
E7XT-14 ^c	70 min.	Not Specified	Not Specified	Not Specified
E6XT-G	60-80	48	22	Not Specified
E7XT-G	70-95	58	22	Not Specified
E6XT-GS ^c	60 min.	Not Specified	Not Specified	Not Specified
E7XT-GS ^c	70 min.	Not Specified	Not Specified	Not Specified

NOTES:

- Yield strength at 0.2% offset.
- In 2 in. gage length when a 0.500 in. nominal diameter tensile specimen and nominal gage length to diameter ratio of 4:1 (as specified in the Tension Tests section of AWS B4.0) is used.
- These classifications are intended for single pass welding. They are not for multiple pass welding. Only tensile strength is specified and, for this reason, only transverse tension and longitudinal guided bends are required (see Table 3).
- In 1 in. gage length when a 0.250 in. nominal diameter tensile specimen is used as permitted for 0.045 in. and smaller sizes of the E7XT-11 classification.

4.7 Espessura Qualificada, Corpo de Prova e Ensaio

A tabela QW-451.1 da norma ASME IX em função da espessura do metal de base especifica a faixa de espessura qualificada, tipo e número de ensaios necessários (tração e dobramento lateral).

Como a espessura do corpo de prova utilizado é de 25,4mm, a faixa de espessura qualificada é 2T, totalizando assim 50,8mm. Os tipos e quantidades dos ensaios necessários são 2 tração e 4 dobramento lateral.

Tabela 8 - Espessura qualificada - Fonte: ASME IX

QW-450 AMOSTRAS
QW-451 Qualificação de Procedimento de Limites de Espessura e Amostras de Testes

QW-451.1
TESTES DE TRAÇÃO DE SOLDAS CHANFRADAS E TESTES DE DOBRA TRANSVERSAL

Espessura T do corpo de prova, Soldado, pol. (mm)	Faixa de Espessura T do Metal Base, Qualificado, pol. (mm) [Notas (1) e (2)]		Espessura máx. T do Metal de solda, Qualificado, pol. (mm) [Notas (1) e (2)]	Tipo e Número de Testes Necessários (Testes de Tração e Dobra-Guiada) [Nota (2)]			
	Min.	Max.		Tração, QW-150	Dobra Lateral, QW-160	Dobra de Face, QW-160	Dobra de Raiz, QW-160
Menor que 1/16 (1.5)	T	$2T$	$2t$	2	...	2	2
1/16 to 3/8 (1.5 to 10), incl.	1/16 (1.5)	$2T$	$2t$	2	Nota (5)	2	2
Além 3/8 (10), mas menor que 3/4 (19)	3/16 (5)	$2T$	$2t$	2	Nota (5)	2	2
3/4 (19) a menos que 1 1/2 (38)	3/16 (5)	$2T$	$2t$ quando $t < 3/4$ (19)	2 [Nota (4)]	4	...	...
3/4 (19) a menos que 1 1/2 (38)	3/16 (5)	$2T$	$2T$ quando $t \geq 3/4$ (19)	2 [Nota (4)]	4	...	...
1 1/2 (38) a 6 (150), incl.	3/16 (5)	8 (200) [Nota (3)]	$2t$ quando $t < 3/4$ (19)	2 [Nota (4)]	4	...	...
1 1/2 (38) a 6 (150), incl.	3/16 (5)	8 (200) [Nota (3)]	8 (200) [Nota (3)] quando $t \geq 3/4$ (19)	2 [Nota (4)]	4	...	...
Além de 6 (150)	3/16 (5)	1.33T	$2t$ quando $t < 3/4$ (19)	2 [Nota (4)]	4	...	...
Além de 6 (150)	3/16 (5)	1.33T	1.33T quando $t \geq 3/4$ (19)	2 [Nota (4)]	4	...	...

NOTAS:

- (1) As seguintes variáveis restringem ainda mais os limites mostrados nesta tabela quando eles são referenciados na QW-250 para o processo sob consideração: QW-403.9, QW-403.10, QW-404.32 e QW-407.4. Além disso, QW-202.2, QW-202.3 e QW-202.4 prevêem isenções que substituem os limites desta tabela.
- (2) Para combinação de procedimentos de soldagem, ver QW-200.4.
- (3) Para processos de soldagem SMAW, SAW, GMAW, PAW e GTAW apenas, caso contrário, pela Nota (1) ou $2T$, ou $2t$, conforme o caso.
- (4) Ver QW-151.1, QW-151.2 e QW-151.3 para detalhes sobre corpos múltiplos quando as amostras são de espessuras além de 1 pol. (25 mm).
- (5) Quatro testes de dobra lateral podem ser substituídos por exames exigidas de dobra de face e raiz, quando a espessura T é 3/8 pol. (10 mm) e além.

4.7.1 Corpo de prova

O QW-462.1 (a) Tração – Seção Reduzida – Chapa da norma ASME IX, dimensiona o tamanho do corpo de prova para realizar o ensaio de tração.

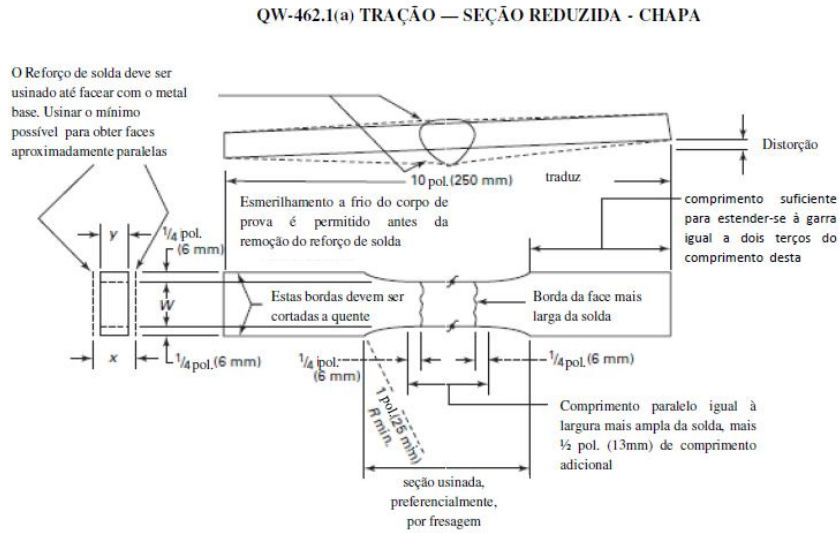
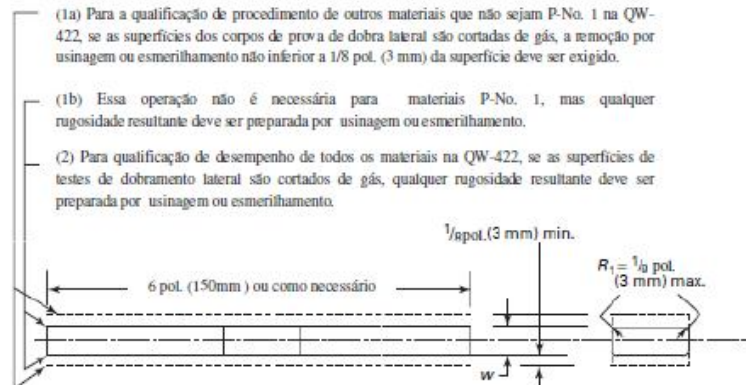


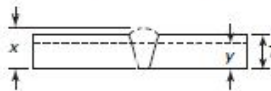
Figura 8 – QW-462.1 (a) Tração – Seção Reduzida – Chapa - Fonte: ASME IX

O QW-462 Dobramento Lateral da norma ASME IX, dimensiona o tamanho do corpo de prova para realizar o ensaio de dobramento lateral.

QW-462 DOBRA LATERAL



T , pol.(mm)	y , pol.(mm)	w , pol.(mm)	
		P-No. 23, F-No. 23, a P-No. 3E	Demais metais
$\frac{3}{8}$ a $< 1\frac{1}{2}$ (10 a < 38)	T [Nota (1)]	$\frac{1}{8}$ (3)	$\frac{3}{8}$ (10)
$\geq 1\frac{1}{2}$ a ≥ 38	Notas (1) e (2)	$\frac{1}{8}$ (3)	$\frac{3}{8}$ (10)



NOTA GERAL: O reforço de solda e a cobre-junta ou anel de cobre-junta, se houver, pode ser removido com a superfície da amostra. Corte a quente, usinagem ou esmerilhamento podem ser empregados. Polimento a frio é permitido antes da remoção do reforço.

NOTAS:

- (1) Quando o depósito de solda t é menor do que a espessura do corpo T , a espessura da amostra dobrada lateralmente pode ser t .
- (2) Quando espessura do corpo T é igual ou superior a 1 1/2 pol. (38 mm), use um dos seguintes:
 - (a) Cortar a amostra em múltiplas amostras de teste de espessura y e dimensões aproximadamente iguais [3/4 de polegada (19 mm) a 1 1/2 pol (38 mm)].
 y = espessura da amostra testada, quando as amostras múltiplas são tomadas a partir de um corpo.
 - (b) A amostra pode ser dobrada em largura total. Consulte os requisitos de largura do gabarito na QW-466.1.

Figura 9 – QW-462 Dobramento Lateral - Fonte: ASME IX

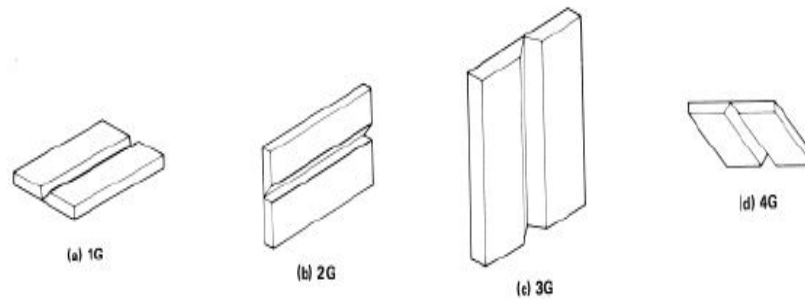
4.8 Posição de Soldagem

A posição de soldagem conforme norma ASME IX não é considerada variável essencial sendo assim, podemos realizar o teste para qualificação da EPS na posição de 3G e qualificar a EPS na posição 6G.

4.8.1 Posicionamento do Corpo de Prova

A posição de soldagem é definida em função da inclinação e rotação do corpo de prova.

QW-461.3 SOLDAS CHANFRADAS EM CHAPA — POSIÇÕES DE TESTE



QW-461.4 SOLDAS CHANFRADAS EM TUBO — POSIÇÕES DE TESTE

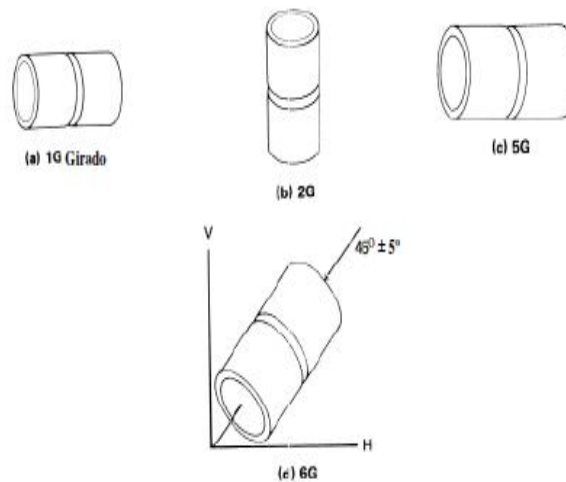


Figura 10 – Posicionamento do Corpo de Prova - Fonte: ASME IX

4.9 Elaboração e preenchimento do formulário da EPS

Todos os dados para o preenchimento da EPS são retirados da RQPS. A RQPS por sua vez é elaborada através do acompanhamento de soldagem que contempla todas as ações e ensaios previstos pela norma.

4.9.1 Soldagem

O Corpo de prova da RQPS foi soldado na posição 3G, Vertical Ascendente, em chapa de aço com chanfro em V e raiz com penetração total.



Figura 11 - Posição de soldagem Vertical Ascendente -3G



Figura 12 - Junta de topo em V- 70° bixel de 35° em cada chapa, raiz com penetração total.

4.9.2 Preparação do Corpo de Prova para RQPS

Foram preparados 2 (dois) corpos de prova para o ensaio de tração e 4 (quatro) corpos de prova para o ensaio de dobramento conforme a norma ASME IX.



Figura 13 – CP: Corpos de Prova de Tração



Figura 14 – CP: Corpos de Prova de Dobramento

4.10 Registro de Qualificação do Procedimento de Soldagem – RQPS


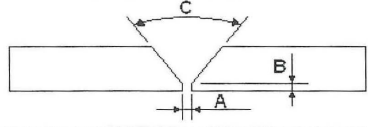
		REGISTRO DE QUALIFICAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM <i>(Welding Procedure Qualification Records)</i>			RQPS: 001/17(ASME) <i>(WPQR)</i>				
		Folha (Sheet): 01 / 02		Data (Date): 03/03/2017					
EPS (WPS): 001/17		NORMA DE REFERÊNCIA: ASME IX ED. 2015 <i>(Reference Specification)</i>		TIPO (Type): SEMI-AUTOMÁTICO					
PROCESSO DE SOLDAGEM (Welding Process): FCAW (AT)		DETALHE DA JUNTA (Detail of Joint):							
		SEQÜÊNCIA DE PASSES (Pass Sequence):							
Dimensões: (Dimensions)		A 2,0 mm	B 1,5 mm	C 70°					
CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS (Electrical Characteristics):									
Camada (Layer)	Passo (Pass)	Classe AWS (AWS Class)	Diâmetro (Diameter)	Corrente / Polaridade (Curr. / Polar.)	Amp. (Current) (A)	Tensão (Voltage) (V)	Velocidade (cm/min)	Aporte térmico (Heat Input)	Progressão (Progression)
1°	1	E71T-8JDH8	1,6mm	CC +	150 to 160	17 to 18	10,7		ASCENDENTE
2°	2 - 3	E71T-8JDH8	1,6mm	CC +	192 to 200	19 to 22	10 - 10,1		
3°	4 - 6	E71T-8JDH8	1,6mm	CC +	200 to 210	21 to 22	9,8 - 10		
4°	7 - 9	E71T-8JDH8	1,6mm	CC +	200 to 210	21 to 22	9,8 - 9,9		
5°	10 - 12	E71T-8JDH8	1,6mm	CC +	200 to 210	21 to 22	9,8 - 10		
6°	13 - 16	E71T-8JDH8	1,6mm	CC +	200 to 210	21 to 22	9,5 - 9,9		
MATERIAL DE BASE (Base Metal):				METAIS DE ADIÇÃO (Filler Metals):					
Especificação (Specification): ASTM A36 P Nº / Grupo (Group) Nº: 1 X 1 Grupo (Group) - 1 X 1 Espessura (Thickness): 25,4 mm Diâmetro (Diameter): N/A				Especificação SFA (SFA Specification): 5.20 Classificação AWS (AWS Class): E71T-8JDH8 F Nº: 6 A Nº: 1 Marca Comercial (Trade Name): FABSHIELD XLR-8 Fabricante (Manufacturer): HOBART					
GÁS DE PROTEÇÃO (Shielding Gas):				Fluxo (Flux): N/A					
	Gas	Mistura (Mixture)	Vazão (Flow Rate)	Classificação Fluxo-Arame (Wire-Flux Classification): N/A					
Prot. do Arco TIG (Shielding)	N/A	N/A	N/A	Fabricante Fluxo (Flux Manufacturer): N/A					
Prot. do Arco AT (Shielding)	N/A	N/A	N/A	Marca Comercial do Fluxo (Flux Trade Name): N/A					
PRÉ-AQUECIMENTO (Preheat):				TRATAMENTO TÉRMICO PÓS SOLDAGEM: (Postweld Heat Treatment)					
Temperatura de Pré-Aquecimento (Preheat Temp.): N/A Temperatura de Interpasses (Interpass Temp.): < 300 °C Temperatura de Pós-Aquecimento (Postheat Temp.): N/A				Conforme Relatório Nº (According Report Nº): N/A					
Técnica Utilizada (Technical Used): N/A				POSIÇÃO (Position):					
Modo de transferência (Transfer mode) CURTO-CIRCUITO				Posição de Soldagem (Welding Position): 3G					
TÉCNICA (Technique):									
Limpeza Inicial / Interpasses: Escovamento / Esmerilhamento <i>(Cleaning Initial / Interpass): Brushing / Grinding</i>				Téc. de Acoplamento (Acoppling Technique): Cachorro					
Método de Goiagem (Gouging Method): Esmerilhamento (Grinding)				Martelamento (Peening): ---					
Distância Boca / Peça (Stickout): 20 a 25 mm				Cobrejunta (Backing): SEM(WITHOUT)					
				Cordão Retilíneo ou Oscilante (String or Weave Bead): Retilíneo(string)					
				Velocidade de Oscilação (Oscillation speed): N/A					
OBSERVAÇÕES (Remarks):									
Inspetor de Soldagem Nível 2 <i>(Welding Inspector-Level 2)</i>		Controle da Qualidade <i>(Quality Control)</i>		Cliente <i>(Client)</i>					
Elísio Ribeiro de Almeida Insp. de Solda IS 0373 - RJ		Rafael Assunção Abreu Coordenador da Qualidade CREA 82004/D MG							

Figura 15 – RQPS Registro de Qualificação do Procedimento de Soldagem


	REGISTRO DE QUALIFICAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM <i>(Welding Procedure Qualification Records)</i>					RQPS: 001/17(ASME) <i>(WPQR)</i>	
						Folha <i>(Sheet):</i> 02 / 02	Data <i>(Date):</i> 03/03/2017
ENSAIO DE TRAÇÃO <i>(Tensile Test):</i>							
Corpo de Prova <i>(Specimen)</i>	Largura <i>(Width)</i>	Espessura <i>(Thickness)</i>	Área <i>(Area)</i>	Carga de Resist. <i>(Ultimate Tensile)</i>	Limite de Resistência <i>(Ultimate unit Stress)</i>	Localização da Fratura <i>(Location of Failure)</i>	Certificado <i>(Certified)</i>
1	20,48mm	26,5mm	542,81(mm ²)	24351kgf	439,94 MPa	Metal de Base <i>(Base Metal)</i>	702851(SENAI)
2	20,51mm	26,31mm	539,72(mm ²)	24417kgf	443,68 MPa		702852(SENAI)
ENSAIO DE DOBRAMENTO <i>(Guided-Bend Test):</i>							
Corpo de Prova <i>(Specimen)</i>	Tipo <i>(Type)</i>		Resultado <i>(Result)</i>			Certificado <i>(Certified)</i>	
1	LATERAL <i>(SIDE)</i>		Aprovado <i>(Approved)</i>			ERA-DB-0203-17	
2	LATERAL <i>(SIDE)</i>		Aprovado <i>(Approved)</i>			ERA-DB-0203-17	
3	LATERAL <i>(SIDE)</i>		Aprovado <i>(Approved)</i>			ERA-DB-0203-17	
4	LATERAL <i>(SIDE)</i>		Aprovado <i>(Approved)</i>			ERA-DB-0203-17	
ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS <i>(No Destructive Test):</i>							
Modalidade <i>(Modality)</i>	Resultado <i>(Result)</i>			Certificado <i>(Certified)</i>		Observação <i>(Remarks)</i>	
Visual <i>(Visual):</i>	Aprovado <i>(Approved)</i>			002/17			
Radiografia <i>(Radiographic Examination):</i>							
Ultrassom <i>(Ultrasonic Examination):</i>	Aprovado <i>(Approved)</i>			001/17			
Líquido Penetrante <i>(Liquid Penetrant):</i>	---			---			
Partícula Magnética <i>(Magnetic Particle):</i>	---			---			
ENSAIO DE SOLDA EM ÂNGULO <i>(Fillet-Weld Test):</i>							
Resultado <i>(Result):</i> ---							
Penetração no Metal de Base <i>(Penetration into Parent Metal):</i> ---							
Macro <i>(Macro):</i> ---							
SOLDADOR <i>(Welder):</i>							
Nome <i>(Name):</i> EDMAR HENRIQUE DE SOUZA				Sinete <i>(Stamp):</i>			
OBSERVAÇÕES <i>(Remarks):</i>							
Certificamos que o descrito neste registro está correto, e que todos os corpos de prova foram preparados, soldados e testados de acordo com os requisitos da norma ASME IX Edição 2015. <i>(We certify that the statements in this record are correct and that the test welds were prepared, welded, and tested in accordance with the requirements of ASME IX.1 Edition 2015)</i>							
Inspetor de Soldagem Nível 2 <i>(Welding Inspector Level 2)</i>			Controle da Qualidade <i>(Quality Control)</i>			Cliente <i>(Client)</i>	
Elésio Ribeiro de Almeida Insp. de Solda IS 0373 - N2			Rafael Assunção Abreu Coordenador da Qualidade CREA 62604-D-MG				

Figura 15 – RQPS Registro de Qualificação do Procedimento de Soldagem

4.11 Especificação de Procedimento de Soldagem – EPS


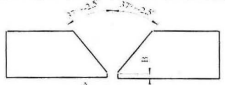
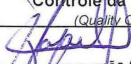
		ESPECIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM <i>(Welding Procedure Specification)</i>			EPS: 001/17(ASME) (WPS)																																				
		Folha (Sheet): 01 / 01		Rev.: 0																																					
NORMAS APLICÁVEIS: ASME IX - 2015 (Specification Applicable)				RQPS: 001/17 (PQR)																																					
PROCESSO DE SOLDAGEM (1)(Welding Process): FCAW(AT) 5,0 mm a 50,8 mm				TIPO (Type): SEMI-AUTOMÁTICO																																					
PROCESSO DE SOLDAGEM (2)(Welding Process):				TIPO (Type):																																					
DETALHE DA JUNTA (Detail of Joint):			MATERIAL DE BASE (Base Metal):																																						
			ESPECIFICAÇÃO (Specification): ASTM A 36 x ASTM A 36																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Dimensão (Dimension):</th> <th colspan="2">Tolerâncias (Variations):</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>3,0 mm</td> <td>+ 1,0</td> <td>- 1,0</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>1,5 mm</td> <td>+ 0,8</td> <td>- 0,8</td> </tr> </tbody> </table>				Dimensão (Dimension):	Tolerâncias (Variations):		A	3,0 mm	+ 1,0	- 1,0	B	1,5 mm	+ 0,8	- 0,8	P N° / GRUPO (Group) N°: 1 X 1 GRUPO (Group): 1 X 1 DIÂMETRO NOMINAL (Nominal Diameter): DIÂMETROS QUALIFICADOS (Diameters Range): Todos (All) ESPESSURA NOMINAL (Nominal Thickness): 25,4 mm ESP. QUALIFICADOS (Thickness Range - mm): 5,0 a 50,8 mm																										
	Dimensão (Dimension):	Tolerâncias (Variations):																																							
A	3,0 mm	+ 1,0	- 1,0																																						
B	1,5 mm	+ 0,8	- 0,8																																						
METAIS DE ADIÇÃO (Filler Metals):																																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Passe (Pass)</th> <th>Classe AWS (AWS Class)</th> <th>Especificação SFA (SFA Specification)</th> <th>F N°</th> <th>A N°</th> <th>Diâmetro (Diameter)</th> <th>Fabricante (Manufacturer)</th> <th>Marca Comercial (Trade Name)</th> <th>Observ. (Remarks)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Raiz (Root)</td> <td>E71T-8JDH8</td> <td>AWS.A5.20</td> <td>6</td> <td>1</td> <td>1,6 a 2,0</td> <td>OBS: 1</td> <td>OBS: 1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Enchimento (Filling Up)</td> <td>E71T-8JDH8</td> <td>AWS.A5.20</td> <td>6</td> <td>1</td> <td>1,6 a 2,0</td> <td>OBS: 1</td> <td>OBS: 1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Acabamento (Finish)</td> <td>E71T-8JDH8</td> <td>AWS.A5.20</td> <td>6</td> <td>1</td> <td>1,6 a 2,0</td> <td>OBS: 1</td> <td>OBS: 1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	Passe (Pass)	Classe AWS (AWS Class)	Especificação SFA (SFA Specification)	F N°	A N°	Diâmetro (Diameter)	Fabricante (Manufacturer)	Marca Comercial (Trade Name)	Observ. (Remarks)	Raiz (Root)	E71T-8JDH8	AWS.A5.20	6	1	1,6 a 2,0	OBS: 1	OBS: 1	1	Enchimento (Filling Up)	E71T-8JDH8	AWS.A5.20	6	1	1,6 a 2,0	OBS: 1	OBS: 1	1	Acabamento (Finish)	E71T-8JDH8	AWS.A5.20	6	1	1,6 a 2,0	OBS: 1	OBS: 1	1	Modo de transferência:(Transfer mode)CURTO-CIRCUITO				
Passe (Pass)	Classe AWS (AWS Class)	Especificação SFA (SFA Specification)	F N°	A N°	Diâmetro (Diameter)	Fabricante (Manufacturer)	Marca Comercial (Trade Name)	Observ. (Remarks)																																	
Raiz (Root)	E71T-8JDH8	AWS.A5.20	6	1	1,6 a 2,0	OBS: 1	OBS: 1	1																																	
Enchimento (Filling Up)	E71T-8JDH8	AWS.A5.20	6	1	1,6 a 2,0	OBS: 1	OBS: 1	1																																	
Acabamento (Finish)	E71T-8JDH8	AWS.A5.20	6	1	1,6 a 2,0	OBS: 1	OBS: 1	1																																	
POSIÇÃO (Position):			GÁS DE PROTEÇÃO (Shielding Gas):																																						
Posição de Soldagem (Welding Position): 6G-Todas(All)			<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Gas</th> <th>Mistura (Mixture)</th> <th>Vazão (Flow Rate)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Proteção do Arco FCAW (Shielding)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Proteção do Arco GTAW (Shielding)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Gas	Mistura (Mixture)	Vazão (Flow Rate)	Proteção do Arco FCAW (Shielding)				Proteção do Arco GTAW (Shielding)																											
	Gas	Mistura (Mixture)	Vazão (Flow Rate)																																						
Proteção do Arco FCAW (Shielding)																																									
Proteção do Arco GTAW (Shielding)																																									
Progressão de Soldagem (Welding Progression): Ascendente (Up Hill)																																									
PRÉ-AQUECIMENTO (Preheat):			TRATAMENTO TÉRMICO POS SOLDAGEM: (Postweld Heat Treatment)																																						
Temperatura de Pré-Aquecimento (Preheat Temp.): ≥ 20 °C (3)			Faixa de Temperatura do Patamar(Temp. Range holding): ...																																						
Pré-Aquecimento (Preheat Temp.): ≥ 125 °C PI ESPESSURA $\geq 19,0$ mm			Tempo de Patamar (Time Holding):																																						
Temperatura de Interpassos (Interpass Temp.): ≤ 250 °C			Taxa de Aquecimento (Heating Rate):																																						
Temperatura de Pós-Aquecimento (Postheat Temp.): ---			Taxa de Resfriamento (Cooling Rate): ...																																						
Técnica Utilizada (Technical Used): ---			Controle de Temperatura (Temp. Control): ...																																						
CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS (Electrical Characteristics):																																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Passe (Pass)</th> <th>Corrente / Polaridade (Curr. / Polar.)</th> <th>Faixa de Amperagem (Current Range)</th> <th>Faixa de Tensão (Voltage Range)</th> <th>Faixa de Velocidade (Speed Travel Range)</th> <th>Oscilação (Oscillation)</th> <th>Distância Boca / Peça (Stickout)</th> <th>Observ. (Remarks)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Raiz (Root)</td> <td>CC +</td> <td>150 to 210 (A)</td> <td>17 to 22 (V)</td> <td>9,8 a 10,7 cm/min</td> <td>N/A</td> <td>20 a 25 mm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Enchimento (Wadding)</td> <td>CC +</td> <td>150 to 210 (A)</td> <td>17 to 22 (V)</td> <td>9,8 a 10,7 cm/min</td> <td>N/A</td> <td>20 a 25 mm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Acabamento (Finish)</td> <td>CC +</td> <td>150 to 210 (A)</td> <td>17 to 22 (V)</td> <td>9,8 a 10,7 cm/min</td> <td>N/A</td> <td>20 a 25 mm</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Passe (Pass)	Corrente / Polaridade (Curr. / Polar.)	Faixa de Amperagem (Current Range)	Faixa de Tensão (Voltage Range)	Faixa de Velocidade (Speed Travel Range)	Oscilação (Oscillation)	Distância Boca / Peça (Stickout)	Observ. (Remarks)	Raiz (Root)	CC +	150 to 210 (A)	17 to 22 (V)	9,8 a 10,7 cm/min	N/A	20 a 25 mm		Enchimento (Wadding)	CC +	150 to 210 (A)	17 to 22 (V)	9,8 a 10,7 cm/min	N/A	20 a 25 mm		Acabamento (Finish)	CC +	150 to 210 (A)	17 to 22 (V)	9,8 a 10,7 cm/min	N/A	20 a 25 mm										
Passe (Pass)	Corrente / Polaridade (Curr. / Polar.)	Faixa de Amperagem (Current Range)	Faixa de Tensão (Voltage Range)	Faixa de Velocidade (Speed Travel Range)	Oscilação (Oscillation)	Distância Boca / Peça (Stickout)	Observ. (Remarks)																																		
Raiz (Root)	CC +	150 to 210 (A)	17 to 22 (V)	9,8 a 10,7 cm/min	N/A	20 a 25 mm																																			
Enchimento (Wadding)	CC +	150 to 210 (A)	17 to 22 (V)	9,8 a 10,7 cm/min	N/A	20 a 25 mm																																			
Acabamento (Finish)	CC +	150 to 210 (A)	17 to 22 (V)	9,8 a 10,7 cm/min	N/A	20 a 25 mm																																			
TÉCNICA (Technique):																																									
Método de Goivagem (Gouging Method): ESMERILHAMENTO			Téc. de Acoplamento (Acoppling Technique):																																						
Limpeza Inicial / Interpassos: Escovamento / Esmerilhamento (Cleaning Initial / Interpass): Brushing / Grinding			Martelamento (Peening): --- Cobrejunta (Backing): SEM/COM																																						
OBSERVAÇÕES (Remarks):																																									
(1) - Consumível homologado pela FBTS (consumable one homologated for the FBTS).																																									
(2) - Soldas em filete: - Esp. qualificada Todas (Welds in fillet: - Qualified thickness: All).																																									
(3) - Caso a peça esteja úmido ou temperatura inferior a 15°C, deverá ser pré-aquecido a 50°C mínimo. (In case that the part is moist or lower temperature 15°C, 50°C will have to be preheated minimum).																																									
Inspetor de Soldagem Nível 2 (Welding Inspector Level 2)		Controle de Qualidade (Quality Control)		Cliente (Client)																																					
Elésio Ribeiro de Almeida Insp. de Solda IS 0373 - N2		 Rafael Assunção Abreu Coordenador da Qualidade CREA 82004/ D MG																																							

Figura 16 – EPS Especificação do Procedimento de Soldagem



Belo Horizonte, 20 de abril de 2018.

Ref.: Autorização da utilização da EPS 001/17 (ASME)

Prezados Senhores,

A MILPLAN Engenharia S A autoriza o Sr. Rafael Assunção Abreu a utilizar a EPS 001/17 (ASME) no trabalho de Monografia de Especialização em Soldagem da Universidade Federal de Minas Gerais.

Colocamo-nos ao inteiro dispor para esclarecimentos adicionais que se façam necessários.

Atenciosamente,


Alencar de Souza Filho
Diretor de Operações

Figura 17 – Autorização da diretoria da MILPLAN Engenharia em utilizar a EPS 001/17

5 CONCLUSÃO

A EPS Especificação do Procedimento de Soldagem é o principal documento que devemos seguir para realização de uma excelente soldagem no campo ou na fábrica.

Todos os seus parâmetros devem ser sempre seguidos rigorosamente, pois anteriormente teve um estudo muito complexo (projeto e RQPS) e detalhado baseados em normas, critérios para a criação da mesma.

A escolha do processo FCAW-S com arame autoprottegido faz com que esse processo tenha um excelente custo benefício para as empresas, pois sendo assim, elimina o custo do gás de proteção que é um custo alto para a realização desse tipo de soldagem. Sem disser que em alguns locais onde realizam a soldagem de tubulação em campo, são de difíceis acessos para chegar com esses gases.

“O conhecimento era um bem privado, associado ao verbo saber.

Agora, é um bem público ligado ao verbo fazer.” Peter Ducker

6 REFERÊNCIAS

THE AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS. **IX Qualification Standard for Welding, Brazing, and Fusing Procedures, Welders, Brazers, and Welding, Brazing, and Fusing Operators.** ASME, 2017.

THE AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS. **B31.3 Process Piping.** ASME, 2016.

MODENESI, Paulo J.; MARQUES, Paulo Villani; BRACARENSE, Alexandre Queiroz. **Soldagem: fundamentos e tecnologia.** 3. ed. atual. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2009.

MODENESI, Paulo J. **Introdução à física do arco elétrico e sua aplicação na soldagem dos metais.** Belo Horizonte, abr. 2012. Disponível em: <http://demet.eng.ufmg.br/wp-content/uploads/2012/10/fisica_da_soldagem1.pdf>.

MODENESI, Paulo J. **Terminologia Usual de Soldagem e Símbolos de Soldagem.** Belo Horizonte, abr. 2012. Disponível em: <http://demet.eng.ufmg.br/wp-content/uploads/2012/10/terminologia.pdf>

MODENESI, Paulo J.; MARQUES, Paulo Villani; BRACARENSE, Alexandre Queiroz. **Introdução a Metalurgia da Soldagem,** Belo Horizonte, janeiro 2012. Disponível em: <http://demet.eng.ufmg.br/wp-content/uploads/2012/10/metalurgia.pdf>

7 ANEXOS

7.1 Certificado do Arame – HOBART E71T-8JD H8



Certificate of Conformance to Requirements for Welding Electrode

Product Type: FABSHIELD XLR-8 1/16 33VPSP
 Classification: E71T-8JD H8
 Specifications: AWS A5.20
 Diameter Tested: 1/16"; 5/64"
 Date Tested: 6/15/2015
 Date Generated: 3/21/2016

This is to certify that the product named above and supplied on the referenced order number is of the same classification, manufacturing process, and material requirements as the material which was used for the test that was concluded on the date shown, the results of which are shown below. All tests required by the specifications shown for classification were performed at that time and the material tested met all requirements. It was manufactured and supplied by the Quality System Program of Hobart Brothers, which meets the requirements of ISO 9001, ANS/AWS A5.01, and other specification and Military requirements, as applicable. This document supplies actual test results of non-specific inspection in conformance with the requirements of EN 10204, type 2.2 certification.

THE STEEL USED IN THIS LOT OF MATERIAL WAS MELTED AND MANUFACTURED IN THE U.S.A.

Test Settings

Shielding Medium	Amps / Polarity	Volts	WFS in/min(cm/min)	ESD In(mm)	Preheat F(C)	Interpass F(C)	Travel Speed in/min(cm/min)
SELFSHIELD	230 / DCEN	22	205 (5.2)	1 (25)	60(16)	300(149)	8 (20.3)
SELFSHIELD	300 / DCEN	23	180 (4.6)	1 (25)	Room Temp	300(149)	8 (20.3)

Mechanical Properties - Tensile

Shielding Medium	Ref. No.	Testing Conditions	Ult. Tensile Strength psi (MPa)	Yield Strength psi (MPa)	Elong. % in 2"
SELFSHIELD	PD0844	Aged 48 Hrs 200F	84,000 (582)	64,000 (444)	27
SELFSHIELD	pd0571	Aged 48 Hrs 200F	88,000 (606)	71,000 (492)	26

Mechanical Properties - Impact

Shielding Medium	Ref. No.	Testing Conditions	Temp. F (C)	Individuals ft.lb.(J)	Avg. ft.lb.(J)	Type
SELFSHIELD	PD0571	As Welded	-40 (-40)	32,30,33 (43.41,45)	32 (43)	Charpy-V-Notch
SELFSHIELD	PD0844	As Welded	-40 (-40)	27,27,28 (37,37,38)	27 (37)	Charpy-V-Notch

Ref. No.	Radiographic Inspection	Fillet Weld Test					
		Horizontal	Vertical	Overhead	Vertical	Conforms	
PD0844	Conforms	Horizontal	Vertical	Overhead	Vertical	Conforms	
PD0571	Conforms	Horizontal	Vertical	Overhead	Vertical	Conforms	

Chemical Analysis

Shielding Medium / Ref. No.	C	Mn	P	S	Si	Cu	Cr	V	Ni	Mo	Al	Ti	Nb	Co	B	W	Sn	Fe	Se	N	Mg	Zn	Be	
SELFSHIELD / CD07935	0.16	0.50	0.011	0.005	0.15								0.64											
SELFSHIELD / CD09293	0.17	0.52	0.008	0.004	0.17								0.59											

Diffusible Hydrogen Collected per AWS A4.3

SELFSHIELD	3.4 ml/100g of weld metal for 1/16 in diameter 54% relative humidity
SELFSHIELD	4.2 ml/100g of weld metal for 5/64 in diameter 61% relative humidity

David Thomas, Quality Assurance Rep.

Certification and Limited Warranty - Data for the above supplied product are those obtained when welded and tested in accordance with the above specification. All tests for the above classification were satisfied. Other tests and procedures may produce different results. Hobart Brothers produces welding consumables under continuing quality assurance programs audited and approved by the American Bureau of Shipping ("ABS").

7.2 Certificado do Metal de Base – CHAPA A36 GERDAU


CLIENTE/CUSTOMER		PRODUTO/PRODUCT		ORDEN VENDA/SALES ORDER		SÃO/SADE	
GERDAU ACOP LOPRES S A		Chapa Grossa / Plate		3747036-10		X / 1	
MATERIAL/PRODUCT		TIPO DE BORDA/EDGE TYPE		DIMENSÕES/DIMENSIONS		NOME/CO/OC, NOME	
ASTM A36 2014		Apareada / Cut edge		37,50mm x 2440mm x 12000mm		8105688609-10	
CONDICÃO DE FORNECIMENTO/DELIVERY CONDITION		COMO LAMINADO / As rolled		DATA/DATUM		BT/ENVOICE	
000903437				09.11.2016		000903437	
CORRELA/HEAT		PESO/WEIGHT (T)		ABSORTEA/SAMPLE			
27087519		8,619		27087519004			
COMPOSIÇÃO QUÍMICA/CHEMICAL COMPOSITION		F (%)		S (%)		P (%)	
27087519		0,021		0,008		0,002	
27087519		0,0037		0,34		0,01	
TRAÇÃO/TENSILE TEST		R _m (%)		R _{0,2} (%)		R _{0,01} (%)	
27087519004		462		303		53,0	
OBSERVAÇÕES/REMARKS		A Gerdau S.A. certifica que o material aqui descrito está de acordo com as especificações técnicas aplicáveis. Como proteção mútua para cliente e fornecedor, este certificado é considerado como confidencial e não pode ser transcrito ou reproduzido sem a autorização por escrito da Gerdau S.A.		Gerdau S.A. certifies that the material herein described is in accordance with the applicable technical specifications. As mutual protection for customer and supplier, this certificate is considered as confidential and can not be transcribed or reproduced without the written authorization of Gerdau S.A.		VISTOR/INSPECTOR	
		LERNANJO BRAGA VOLIHO LOPRES CSBA 47001					

OC: VERBAL VALQUÍRIA
 PV: 097884
 NOTA FISCAL 62485
 CHAPA 1" A 36

Elésio Ribeiro de Almeida
 Insp. de Solla IS 0373 - N2

CR - 318/16

7.3 Relatório de Ensaio Mecânico Dobramento

	Relatório de Ensaio Mecânico DOBRAMENTO	REG. Nº.: ERA-DB-0203/17																					
		DATA: 03/03/2017	FOLHA: 01 de 01																				
DADOS DO CLIENTE:																							
Cliente: <u>MILPLAN ENGENHARIA S.A.</u> Objetivo: <u>QUALIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM - EPS / RQPS</u> Soldador: <u>EDMAR HENRIQUE DE SOUZA</u> SINETE: _____																							
CONDIÇÕES DO ENSAIO:																							
Norma de Referência: <u>ASME IX, Ed. 2015 / AWS D1.1, Ed. 2015</u> Material: <u>CORPO DE PROVA - CP- 02</u> Metal Base: <u>ASTM A36</u> Espessura: <u>25,4 mm</u> Posição de Soldagem: <u>3G</u> Processo de Soldagem: <u>FCAW (AUTOPROTEGIDO)</u> Metal de Adição: <u>E 71T-8JD H8</u> EPS: <u>001/17</u>																							
ENSAIO DE DOBRAMENTO LATERAL:																							
Equipamento: <u>MÁQUINA UNIVERSAL MARCON 15 T</u> Temperatura do Ensaio: <u>AMBIENTE (25°C)</u> ÂNGULO DE DOBRAMENTO: <u>180°</u> RAI DO CUTELO: <u>38,0 mm</u>																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">CP'S</th> <th style="width: 20%;">DIMENSÕES (mm)</th> <th style="width: 50%;">INSPEÇÃO VISUAL</th> <th style="width: 20%;">LAUDO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CP-02.1 - DL-1</td> <td>200 X 10,0 X 25,4</td> <td>Apresentou Descontinuidade < 3,0 mm</td> <td>APROVADO</td> </tr> <tr> <td>CP-02.2 - DL-2</td> <td>200 X 10,0 X 25,4</td> <td>Apresentou Descontinuidade < 3,0 mm</td> <td>APROVADO</td> </tr> <tr> <td>CP-02.3 - DL-3</td> <td>200 X 10,0 X 25,4</td> <td>Apresentou Descontinuidade < 3,0 mm</td> <td>APROVADO</td> </tr> <tr> <td>CP-02.4 - DL-4</td> <td>200 X 10,0 X 25,4</td> <td>Apresentou Descontinuidade < 3,0 mm</td> <td>APROVADO</td> </tr> </tbody> </table>				CP'S	DIMENSÕES (mm)	INSPEÇÃO VISUAL	LAUDO	CP-02.1 - DL-1	200 X 10,0 X 25,4	Apresentou Descontinuidade < 3,0 mm	APROVADO	CP-02.2 - DL-2	200 X 10,0 X 25,4	Apresentou Descontinuidade < 3,0 mm	APROVADO	CP-02.3 - DL-3	200 X 10,0 X 25,4	Apresentou Descontinuidade < 3,0 mm	APROVADO	CP-02.4 - DL-4	200 X 10,0 X 25,4	Apresentou Descontinuidade < 3,0 mm	APROVADO
CP'S	DIMENSÕES (mm)	INSPEÇÃO VISUAL	LAUDO																				
CP-02.1 - DL-1	200 X 10,0 X 25,4	Apresentou Descontinuidade < 3,0 mm	APROVADO																				
CP-02.2 - DL-2	200 X 10,0 X 25,4	Apresentou Descontinuidade < 3,0 mm	APROVADO																				
CP-02.3 - DL-3	200 X 10,0 X 25,4	Apresentou Descontinuidade < 3,0 mm	APROVADO																				
CP-02.4 - DL-4	200 X 10,0 X 25,4	Apresentou Descontinuidade < 3,0 mm	APROVADO																				
OBSERVAÇÕES:																							
01- OS RESULTADOS DESTES RELATÓRIO REFEREM-SE EXCLUSIVAMENTE ÀS AMOSTRAS ENSAIADAS.																							
ERA INSPEÇÕES		CLIENTE																					
Elésio Ribeiro de Almeida Inspetor de Soldagem N2 FBTS-IS 0373 N2 03.03.2017																							

7.4 Relatório de Ensaio de Tração



INSTITUTO SENAI
DE TECNOLOGIA METALMECÂNICA

LABORATÓRIO DE ENSAIOS MECÂNICOS E METALOGRAFICOS

MECHANICAL TESTING AND METALLOGRAPHY LABORATORY

FSQ 7406 - RELATÓRIO DE ENSAIO DE TRAÇÃO

FQS 7406-TENSION TEST REPORT

Nº Certificado /
Certificate N°

702851

Nº GAS / GAS N°:

66708

Data Relatório / Report Date:

03/03/2017

Data Ensaio / Test date:

03/03/2017

Data Recebimento / Receipt date: 02/03/2017

CLIENTE / Customer : Era Inspeções

ENDEREÇO / Address: Av. Tapajós, nº 2218 - Recreio dos Caiçaras - Betim/MG

CONTATO / Contact : Mateus Henrique Silva

ENSAIO DE TRAÇÃO

TENSION TEST

DESCRIÇÃO DO MATERIAL ENSAIADO / Description of material tested: Corpo de prova plano / Standard rectangular specimen
CP - 02 / EPS Nº.: 001/17 / RQPS Nº.: 001/17 / MATERIAL DE BASE: ASTM A 36 / METAL DE ADIÇÃO: E 71T-8JD H8 /
PROCESSO DE SOLDAGEM: FCAW / ESPESSURA: 25,4 mm / POSIÇÃO DE SOLDAGEM: 3 G / SOLDADOR: EDMAR
HENRIQUE DE SOUZA

PARÂMETROS DO ENSAIO / PARAMETERS OF THE TEST

Equipamento de ensaio / Test Equipment: SHIMADZU 1000 kN

Certificado de calibração / Certificate calibration: CETEC 148350

Norma de Ensaio e/ou Procedimento / Standard Test and/or procedure:

ASTM A370- 2014 / SQIT.13 Rev. 00

Norma de fabricação e/ou Procedimento / Standard products and/or procedure:

AWS D1.1 E ASME IX

Temperatura de Ensaio / Test temperature

AMBIENTE / Room temperature (23 °C)

DADOS DO ENSAIO / Test Data

MEDIÇÕES / Measurements	Unidade / Unit	CP- 2.1	
Largura / Width	mm	20,48	
Espessura / Length	mm	26,50	
Força de Escoamento / Yield point elongation	kgf	kgf	#VALOR! kN
Força máxima / Maximum force	kgf	24351 kgf	238,81 kN
Comprimento inicial / Gage length	mm		
Comprimento final / Final length	mm		

RESULTADOS DO ENSAIO

Test Results

ÁREA / Area	mm ²	542,81	
LIMITE DE ESCOAMENTO / Yield point	MPa	+/- U _{95,45} = 1,34	k = 2,00
LIMITE DE RESISTÊNCIA / Tensile strength	MPa	439,94 +/- U _{95,45} 1,74	k = 2,00
ALONGAMENTO / Elongation	%	+/- U _{95,45} #####	k = 2,32
ESTRICÇÃO / Reduction of area	%	+/- U _{95,45} #####	k = 2,37

Os resultados deste relatório referem-se exclusivamente à(s) amostra(s) enviada(s) pelo cliente. / These results refer exclusively to the samples sent by cliente.

Observações / Observations:

1- U_{95,45} = Incerteza expandida multiplicada por um fator de abrangência k, para um nível de confiança de aproximadamente 95,45%.

U_{95,45} = Expanded uncertainty multiplied by the k abragency factor for a confidence level of approximately 95,45%.

2 - Ruptura do material no metal de base

3 - Corpo de prova fora das dimensões da norma

Felipe Pereira Finamor
Analista de Tecnologia III / Technology analyst III

Bruno Heitmann Carvalho
Técnico de Laboratório / Laboratory Technician

(se enviado por e-mail, dispensa assinatura) / (if sent by mail, signed waiver)

SENAI CETEC - Instituto de Tecnologia MetalMecânica

SENAI CETEC - Institute of Technology MetalMecânica

Av. José Candido da Silveira nº 2000 - Bairro Horto Florestal - Belo Horizonte/MG

Telefone: (31) 3489-2016 - E-mail: istmm.lemm@fiemg.com.br

Sistema da Qualidade - FSQ 7406 - Revisão 00 - 18/01/2016

Elésio Ribeiro de Almeida
Insp. de Solda IS 0373 - N2



INSTITUTO SENAI
DE TECNOLOGIA METALMECÂNICA

LABORATÓRIO DE ENSAIOS MECÂNICOS E METALOGRAFICOS

MECHANICAL TESTING AND METALLOGRAPHY LABORATORY

FSQ 7406 - RELATÓRIO DE ENSAIO DE TRAÇÃO

FQS 7406- TENSION TEST REPORT

Nº Certificado /
Certificate N° **702852**

Nº GAS / GAS N°: 66708
Data Relatório / Report Date: 03/03/2017
Data Ensaio / Test date: 03/03/2017
Data Recebimento / Receipt date: 02/03/2017

CLIENTE / Customer : Era Inspeções
ENDEREÇO / Address: Av. Tapajós, nº 2218 - Recreio dos Caiçaras - Betim/MG
CONTATO / Contact: Mateus Henrique Silva

ENSAIO DE TRAÇÃO
TENSION TEST

DESCRIÇÃO DO MATERIAL ENSAIADO / Description of material tested: Corpo de prova plano / Standard rectangular specimen
CP - 02 / EPS Nº.: 001/17 / RQPS Nº.: 001/17 / MATERIAL DE BASE: ASTM A 36 / METAL DE ADIÇÃO: E 71T-8JD H8 /
PROCESSO DE SOLDAGEM: FCAW / ESPESSURA: 25,4 mm / POSIÇÃO DE SOLDAGEM: 3 G / SOLDADOR: EDMAR
HENRIQUE DE SOUZA

PARÂMETROS DO ENSAIO / PARAMETERS OF THE TEST

Equipamento de ensaio / Test Equipment: SHIMADZU 1000 kN
Certificado de calibração / Certificate calibration: CETEC 148350
Norma de Ensaio e/ou Procedimento / Standard Test and/or procedure: ASTM A370- 2014 / SQIT 13 Rev. 00
Norma de fabricação e/ou Procedimento / Standard products and/or procedure: AWS D1.1 E ASME IX

Temperatura de Ensaio / Test temperature: AMBIENTE / Room temperature (23 °C)

DADOS DO ENSAIO / Test Data

MEDIÇÕES / Measurements	Unidade / Unit	CP- 2.2		
Largura / Width	mm	20,51		
Espessura / Length	mm	26,31		
Força de Escoamento / Yield point elongation	kgf	kgf	#VALOR!	kN
Força máxima / Maximum force	kgf	24417 kgf	239,46	kN
Comprimento inicial / Gage length	mm			
Comprimento final / Final length	mm			
RESULTADOS DO ENSAIO				
Test Results				
ÁREA / Area	mm ²	539,72		
LIMITE DE ESCOAMENTO / Yield point	MPa	+/- U _{95,45} = 1,35 k = 2,00		
LIMITE DE RESISTÊNCIA / Tensile strength	MPa	443,68	+/- U _{95,45} 1,74 k = 2,00	
ALONGAMENTO / Elongation	%	+/- U _{95,45} ##### k = 2,32		
ESTRICÇÃO / Reduction of area	%	+/- U _{95,45} ##### k = 2,37		

Os resultados deste relatório referem-se exclusivamente a(s) amostra(s) enviada(s) pelo cliente. / These results refer exclusively to the samples sent by cliente.

Observações / Observations:

- 1- U_{95,45} = Incerteza expandida multiplicada por um fator de abrangência k, para um nível de confiança de aproximadamente 95,45%.
U_{95,45} = Expanded uncertainty multiplied by the k abrangency factor for a confidence level of approximately 95,45%.
- 2 - Ruptura do material no metal de base
- 3 - Corpo de prova fora das dimensões da norma

Felipe Pereira Finamor
Analista de Tecnologia III / Technology analyst III
(se enviado por e-mail, dispensa assinatura) / (if sent by mail, signed waiver)

Bruno Heitmann Carvalho
Técnico de Laboratório / Laboratory Technical

SENAI CETEC - Instituto de Tecnologia MetalMecânica
SENAI CETEC - Institute of Technology MetalMecânica
Av. José Candido da Silveira nº 2000 - Bairro Horto Florestal - Belo Horizonte/MG
Telefone: (31) 3489-2016 - E-mail: istmm.lemm@fiemg.com.br
Sistema da Qualidade - FSQ 7406 - Revisão 00 - 18/01/2016

Elisio Ribeiro de Almeida
Insp. de Solda IS 0373 - 148