

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

PAULO SÉRGIO LIMA PEREIRA

**DEFINIÇÃO E ESPECIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTOS DE SOLDAGEM PARA
CONSTRUÇÃO DE UM REATOR FORMADO POR METAIS DE BASE NA LIGA
CrMoV**

Taubaté
2017



PAULO SÉRGIO LIMA PEREIRA

**DEFINIÇÃO E ESPECIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTOS DE
SOLDAGEM PARA CONSTRUÇÃO DE UM REATOR
FORMADO POR METAIS DE BASE NA LIGA CrMoV**

Monografia apresentada como
requisito para obtenção do Certificado
de Especialização em Engenharia de
Soldagem do departamento de
Engenharia Mecânica da Universidade
de Taubaté,

Orientador: Prof. Ivair Alves dos Santos

Taubaté-SP

2017

**Ficha Catalográfica elaborada pelo SIBi – Sistema Integrado
de Bibliotecas / UNITAU - Biblioteca das Engenharias**

P436d

Pereira, Paulo Sérgio Lima

Definição e especificação de procedimentos de soldagem para construção de um reator formado por metais de base na liga CrMoV: qualificação de procedimentos. / Paulo Sérgio Lima Pereira. - 2017.

93f. : il; 30 cm.

Monografia (Especialização em Engenharia de Soldagem)
– Universidade de Taubaté. Departamento de Engenharia
Mecânica, 2017

Orientador: Prof. Me. Ivair Alves dos Santos, Laboratório
de Solda a Laser do IEAv.

1. Qualificação de EPS CrMoV. 2. Processos de
Soldagem. 3. Qualificação ASME IX. I. Título.

PAULO SÉRGIO LIMA PEREIRA

**DEFINIÇÃO E ESPECIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTOS DE SOLDAGEM PARA
CONSTRUÇÃO DE UM REATOR FORMADO POR METAIS DE BASE NA LIGA
CrMoV**

Monografia apresentada como requisito para
obtenção do Certificado de Especialização em
Engenharia de Soldagem do departamento de
Engenharia Mecânica da Universidade de
Taubaté-SP.

Data: 28/ 04/ 2017

Resultado: _____

BANCA EXAMINADORA

Dr. Carlos Antonio Viera
Universidade de Taubaté

Me. Ivair Alves dos Santos
Universidade de Taubaté

Me. Fábio Santejani
Universidade de Taubaté

AGRADECIMENTOS

À Deus, meu Senhor e Todo Poderoso pela oportunidade de realizar mais um sonho.

Aos meus pais pela educação e amor incondicional.

Aos Professores do Curso e em especial ao Professor Ivair Alves dos Santos pela orientação e ensinamentos durante o curso.

Aos meus amigos do curso que durante esta caminhada trocamos experiências e compartilhamos aprendizados importantes para chegarmos aos objetivos de conclusão do curso.

A minha família por me apoiar em todas as horas e ser um incentivo para minhas conquistas.

Paulo Sérgio Lima Pereira

“Prefiro Contratar um homem entusiasmado a um homem que sabe tudo.”

John D. Rockefeller

RESUMO

A fabricação de Reatores de grande porte para altas espessuras e construído com material composto de CrMoV, exige grandes conhecimentos e tecnologia de ponta para sua construção, envolve grande custo e materiais nobres, desta forma até hoje são equipamentos na maioria das vezes importado da Europa devido a vasta experiência de empresas internacionais nesta fabricação.

Atualmente, devido as exigências para atender normas ambientais se faz necessário que as refinarias tenham produto com baixo teor de enxofre e para isso é utilizado Reatores que suportem altas temperaturas e pressões.

Este trabalho descreve a definição e especificação dos procedimentos e técnicas de soldagem adotados para executar soldas em um componente do Reator formando a ligação de tubo com tubo, Costado com Costado e Conexão com costado e este trabalho se inicia a partir dos dados definidos no desenho de projeto do Reator.

Os Reatores de Cr-MoV são equipamentos utilizados em plantas petroquímicas onde ocorrem reações químicas de dessulfurização do Diesel, ou seja, remoção do enxofre deste produto. Para tal função, o equipamento opera em condições de elevadas pressão e temperatura em atmosfera de hidrogênio. Devido a estas condições é necessário a utilização de um material que possua propriedades mecânicas e térmicas elevadas. Superior aos aços Cr-Mo, foram desenvolvidos aço Cr-Mo ligados ao Vanádio para atender condições severas de operação e ambientais. A fabricação destes equipamentos está baseada em códigos, normas internacionais e especificações nacionais para assegurar a qualidade do produto final. Dentre elas temos o Código ASME Seção VIII – Div.2, Especificação Técnica Petrobras I-ET-5000.00-0000-500-PPC-001 Rev.D e como boas práticas a norma API 934 A.

O objetivo deste trabalho é demonstrar através de uma sequência pré-definida os conceitos e lógica para definir um plano, procedimentos de soldagem e Tratamento Térmico para ser utilizado em três situações de soldagem onde adota-se o Processo de Soldagem GTAW, SMAW e SAW na construção do Reator.

Palavras-chave:Qualificação de EPS CrMoV . 2. Processos de Soldagem. 3. Qualificação ASME IX.

ABSTRACT

The manufacture of Reactors of the large dimensions and high thicknesses, built with material composed of CrMoV, requires great knowledge and technology for its construction, involves great cost and noble materials, in this way until today are equipment most of the time imported from Europe due to the vast experience of international companies in this manufacturing.

Currently, due to the requirements to meet environmental standards, it is necessary for the refineries to have a low sulfur content and for this is used Reactors that support high temperatures and pressures.

This work describes the definition and specification of welding procedures and techniques adopted to perform welds on a component of the reactor forming the pipe-to-pipe, side-to-side and side-to-side connection and this work starts from the data defined in the design Reactor design.

The Cr-MoV Reactors are equipment used in petrochemical plants where chemical reactions of Diesel desulphurisation occur, that is, the removal of sulfur from this product. For this function, the equipment operates under conditions of high pressure and temperature in atmosphere of hydrogen. Due to these conditions it is necessary to use a material which has high mechanical and thermal properties. In addition to the Cr-Mo steels, Cr-Mo steel has been developed in connection with Vanadium to meet severe operating and environmental conditions. The manufacture of these equipment is based on codes, international standards and national specifications to ensure the quality of the final product. Among them we have the ASME Code Section VIII - Div.2, Technical Specification Petrobras I-ET-5000.00-0000-500-PPC-001 Rev.D and as good practice the API 934 A.

The objective of this work is to demonstrate, through a predefined sequence, the concepts and logic to define a welding plan, procedures of weld and Thermal Treatment to be used in three welding situations where the Welding Process GTAW, SMAW and SAW is adopted in the Reactor construction.

Keywords: Qualification of EPS CrMoV. 2. Welding Processes. 3. ASME IX qualification.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquemático Reator de CrMoV- Processos de Soldagem adotados.....	11
Figura 2 – Foto da Refinaria da Replan.....	13
Figura 3 – Foto içamento do Reator na Replan.....	13
Figura 4 – Partes do Reatorl	16
Figura 5 – Selo ASME.....	17
Figura 6 – Desenho esquemático da soldagem manual com eletrodo revestido.	25
Figura 7 – Modelo de máquina utilizadas no processo SMAW	29
Figura 8 – Porta eletrodo	28
Figura 09 – Cabos ou condutores	29
Figura 10 – Grampo de Retorno	30
Figura 11 – Curva característica de fontes do tipo corrente constante	30
Figura 12 – Diagrama de soldagem – SMAW	31
Figura 13 – Polaridade.....	35
Figura 14 – Comprimento do arco.....	36
Figura 15 – (A) Corrente, comprimento do arco e velocidade adequados; (B) Baixa.....	38
Figura 16 – Ângulo do eletrodo.	39
Figura 17 – Fluxograma das etapas de fabricação dos eletrodos revestidos	41
Figura 18 – Tipos de arames fabricados para o eletrodo revestido.	42
Figura 19 – Codificação de eletrodo revestido.	52
Figura 20 – Desenho esquemático da soldagem Tig (GTAW).....	55
Figura 21 – Diagrama de soldagem – Tig (GTAW)	57
Figura 22 – Informações resumidas do Processo Tig (GTAW).....	61
Figura 23 – Diagrama de soldagem do Processo Arco Submerso (SAW)	63
Figura 24 – Informações resumidas do Processo Arco Submerso (SAW).....	69
Figura 25 – Juntas de Soldagem para as quais as EPS's foram qualificadas.	70
Figura 26 – Cronograma e Atividades para Qualificação de Cada EPS	72
Figura 27 a 30 – EPS e QPS IIW01 Processo SMAW.....	74 a 77
Figura 31 a 35 – EPS e QPS IIW02 Processo GTAW.....	78 a 82
Figura 36 a 43 – EPS e QPS IIW03 Processo SAW.....	83 a 90
Figura 44 – Plano de Tratamento Térmico.	91
Figura 45 – Plano de Soldagem.....	92

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Variação da corrente	34
Tabela 2 – Principais elementos dos revestimentos.	45
Tabela 3 – Resumo das características dos revestimentos.	49
Tabela 4 – Características operacionais de eletrodos revestidos para aço carbono.	53
Tabela 5 – Intervalos típicos de corrente em função do diâmetro e da classe de eletrodos revestidos para soldagem de aços carbono.	54
Tabela 6 – Tabela de Testes para Qualificação das EPS's	73

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Objetivo	15
1.2	Qualificação	14
2	PROJETO DO REATOR – DESENHO DE CONJUNTO DO REATOR	16
2.1	Dados de Projeto	16
2.2	Dimensões	16
3	NORMAS APLICADAS	17
3.1	Código ASME	17
3.2	Normas utilizadas para o Projeto do Reator	21
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
4.1	Processo de Soldagem com Eletrodo Revestido (SMAW)	24
4.2	Processo de Soldagem com Tig (GTAW)	55
4.3	Processo de Soldagem com Arco Submerso (SAW)	62
5	CONDIÇÕES PARA QUALIFICAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS	70
5.1	Qualificação do Procedimento de Soldagem	70
5.2	Definição do Plano de Tratamento Térmico	91
5.3	Definição do Plano de Solagem	92
6	CONCLUSÃO	93
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93

1. INTRODUÇÃO

A necessidade por tecnologia em equipamentos cada vez maiores e que operem em condições críticas de temperatura e pressão faz com que a busca por materiais mais resistentes a ambientes agressivos e com rigor de operação seja constante por empresas e clientes que buscam excelência em fabricação e operação de equipamentos, principalmente em empresas químicas e petroquímicas.

Entre estas novas tecnologias, destaca-se o fornecimento de reatores fabricados com o material 2,25Cromo – 1Molibdênio – Vanádio, material este especificado pela Petrobras, para a fabricação de equipamentos adequados para operação em altas pressões e para serviços com H₂.

Os Reatores de Hidrotratamento em refinarias exemplificam o uso destes equipamentos para processos que necessitem de alto rigor, como é o caso da dessulfuração do diesel em refinarias brasileiras.

Para atender as propriedades mecânicas e térmicas do projeto foi necessário a utilização de um material que apresentasse excelentes propriedades, como elevadas propriedades mecânicas e térmicas e resistência ao hidrogênio. Para tal, devido a adição de vanádio (V), os aços Cr- Mo apresentam estas propriedades.

O Reator de Cr-Mo-V, apresentado neste trabalho, apresentam características diferenciadas, conforme a seguir .

- Peso: ~380 ton/reator;
- Pressão de Projeto: 154,9 kgf/cm²;
- Temperatura de Projeto: 430 °C;
- Costado e Conexões fabricados em forjado especial SA-336 F22V com espessura de 132 mm;
- Tampas fabricados em chapas especiais SA-542-Tp D Cl 4a com espessura de 72 mm (PROJETO REATOR PB-REPLAN, 2012).

As etapas de fabricação destes equipamentos não serão mostradas neste trabalho e sim vamos destacar os processos de soldagem adotados aqui, ver fig.1.

A fase de especificação de materiais, tanto de metal de base quanto de consumíveis é de grande importância para o sucesso do projeto.

Ambos devem ser fornecidos atendendo requisitos de propriedades antes e após tratamento térmico. É primordial que os consumíveis sejam fornecidos

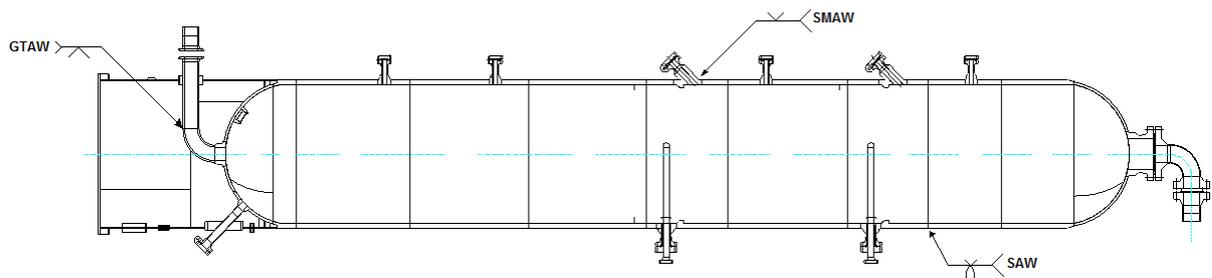
“Schedule J+K”, de modo a garantir as propriedades de projeto e que a composição química do material seja a mais pura possível.

Para a etapa de usinagem dos chanfros é necessário sistemas e dispositivos eficientes e bem controlados para aprimorar a execução dos diferentes tipos de chanfros para os costados, cabeceiras e conexões.

Para a etapa de soldagem, foram desenvolvidos testes com diferentes máquinas para atendimento aos requisitos de qualidade e produtividade relacionados ao novo material.

Ver abaixo na figura 1 os processos de soldagem que descreveremos neste trabalho.

Figura 1. Esquemático Reator de Cr-Mo-V : Processos de Soldagem adotados



Fonte: Desenho de Projeto PB-REPLAN (2012)

Foram desenvolvidas máquinas de soldagem com boa respostas e eficientes para obtermos a aprovação nos testes de qualificação dos procedimentos de soldagem e na construção do Reator onde tem soldas circunferenciais dos costados, longitudinais das cabeceiras, soldagem das diferentes conexões, etc.

Estas soldas são auxiliadas por dispositivos rotativos e de movimentação para atingir determinadas posições e su correta movimentação, tais como Torn roll, Posicionadora, etc.

Para garantia do pré-aquecimento foi desenvolvido um sistema de aquecimento para soldagem circunferencial, Longitudinal e solda de conexões, este sistema de aquecimento foi através de GLP. O controle de pré-aquecimento e pós aquecimento é fundamental para a qualidade da soldagem final. Foram utilizadas faixas restritas de modo a controlar o resfriamento da região soldada.

Para a etapa de pós aquecimento foi utilizado o *DHT(Dehydrogenation Heat Treatment) nas soldas onde utilizou o GTAW*, solda não consideradas de alta tensão. Para aquelas com alta tensão como para conexões e o costado feito através do processo SMAW e SAW foi utilizado *ISR (Intermediate Stress Relief)*.

Para a etapa de tratamento térmico dos reatores *PWHT (Post Weld Heat Treatment)* foi realizado um estudo quanto a fixação de termopares – localização, quantidade e tipo, controle de temperatura de patamar, velocidade de aquecimento e resfriamento, garantia da tolerância na temperatura $\pm 10^{\circ}\text{C}$.

Para garantir a qualidade dos equipamentos desta importância a norma de fabricação, ASME VIII Div. 2 estabelece necessidade de elaborar juntas de produção, as quais representam de uma forma bem próxima o resultado da soldagem do equipamento e são definidas de acordo com os processos, espessuras e materiais utilizados e quantidade de soldas, inclusive estas juntas de produção são exposta a variados exames não destrutivos e testes destrutivos, tal como o Step Cooling, o qual nos fornece informações a respeito do equipamento quanto a fragilização ao revenido. porém neste trabalho não iremos abordar este assunto.

Para a etapa de END, foi empregada a tecnologia em UT *ToFD e Phased Array*, Outros ensaios foram também requeridos para a inspeção das juntas soldadas, tais como, Radiografia, Partícula Magnética, Líquido Penetrante e PMI para os materiais de base.

A necessidade do desenvolvimento do *UT ToFD e Phased Array* é grande para a inspeção destes materiais ao Vanádio, devido ao risco elevado destes materiais apresentarem a trinca de reaquecimento, muitas vezes encontrada após o *ISR*.

Por se tratar de material especial todas as etapas de acompanhamento e fabricação devem ser realizadas por pessoal treinado e qualificado.

Todas as etapas desde manuseio, recebimento de materiais, estocagem, qualificação de procedimentos, pré – aquecimento, soldagem, pós aquecimento ou DHT, tempo de espera, ensaio não destrutivo, ISR, PWHT, carregamento e descarregamento, teste hidrostático e outros devem ser controladas passo a passo de modo a assegurar uma fabricação com qualidade e excelência.

Para a fabricação destes reatores é necessário manter uma equipe de profissionais qualificados, comprometimento e com grande responsabilidade nas atividades.

Todas as etapas de fabricação seguiram estritamente os requisitos conforme I-ET-5000.00-0000-500-PPC-001 Rev.D e ASME VIII-Div.2.

Fig.2 Foto da Refinaria da Replan



*A REPLAN é a maior refinaria da Petrobras em capacidade de processamento de petróleo
(Foto: www.portaldepaulinia.com.br)*

Fonte: Portal de Paulinia (2017)

Fig.3 – Içamento do Reator na Replan



Fonte: Próprio autor (2013)

1.1 Objetivo

Por se tratar de um equipamento que trabalha em severas condições de ambiente, temperatura e pressões, as exigências impostas a sua fabricação, fazem com que materiais, procedimentos, qualificações, processo e tudo que garanta qualidade e segurança para o projeto, sejam tratados de maneira eficiente e controladas. É o caso das soldas envolvidas nos componentes que assumem funções extremamente importantes, as quais exigem inspeções rigorosas e manutenção das mesmas, evitando assim não conformidades, que dependendo de sua gravidade, pode até mesmo ocasionar graves acidentes e enormes prejuízos.

Assim, para fins de concretização da proposta deste trabalho, serão descritas as variáveis essenciais das Normas envolvidas para qualificação dos procedimentos de soldagem nos processos de SMAW, GTAW e SAW, onde iremos abordar desde o descritivo e conceito dos processos, especificação de materiais de solda, plano de soldagem para juntas onde utilizou estes processos e definir os procedimentos de soldagem (EPS) e Plano de Tratamento Térmico.

1.2 Qualificação

A qualificação tem como objetivo garantir a qualidade dos produtos, assegurando que estes quando utilizados na fabricação estejam de acordo com uma norma reconhecida e que sejam capazes de produzir soldas que apresentem as propriedades requeridas pela aplicação. A qualificação é responsabilidade do fabricante.

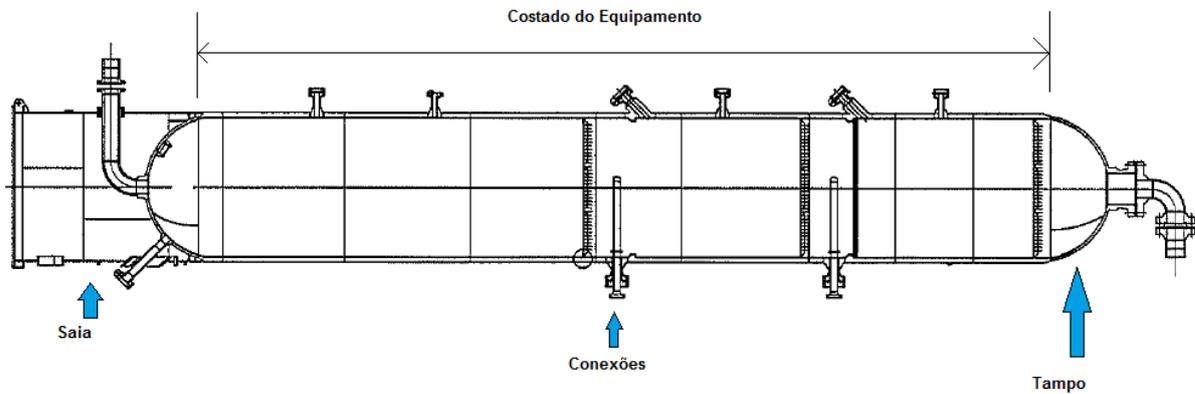
Para tanto, a qualidade do trabalho envolvido na soldagem depende em grande parte da definição adequada dos processos de soldagem e sua correta aplicação. A soldagem dos corpos de prova que serão utilizados para qualificar os procedimentos de soldagem devem seguir regras e condições de teste uniformes e seguir critérios definidos nas normas de fabricação. Os testes de qualificação aprovam o procedimento de soldagem desde que atendam todos requisitos estabelecidos e estes procedimentos estabelecem faixas de cobertura para ser utilizado dentro do projeto.

As normas definem, para cada processo de soldagem, quais variáveis entre juntas, metais base, metais de adição, posições de soldagem, preaquecimento, tratamento térmico pós-soldagem, gases, características elétricas e técnicas de soldagem se aplicam e quais são essenciais. Determinam ainda quais os tipos de ensaios que devem ser realizados, como devem ser as peças de teste e corpos de prova e quais os critérios de aceitação.

Para diminuir o número de qualificações necessárias, metais de base e de adição são agrupados, qualificações em certas posições também qualificam para outras posições e valores específicos de espessura do metal de base, assim como de outras variáveis essenciais, qualificam diferentes faixas de espessuras e variáveis essenciais. Dessa forma, a partir dos valores das variáveis essenciais de uma qualificação específica, apontados nos Registros de Qualificação, é possível a elaboração, sem necessidade de nova qualificação, mas seguindo limites de validade bem definidos, de diversas especificações de procedimento de soldagem.

2 PROJETO

Fig.4 : Desenho de Conjunto do Reator



Fonte:. Desenho de Projeto PB-REPLAN (2012)

2.1 Dados de Projeto

- Equipamento : Reator de Hidrotratamento;
- Material do Costado (Forjado): AS-336 F22V;
- Material dos Tampos: AS-542 Tp D Cl. 4a;
- Material das Conexões: AS-336 F22V;
- Material da Saia AS-542 Tp D Cl. 4a;
- Peso: 380 toneladas;
- Pressão de Projeto: 154,9 Kgf/cm²;
- Pressão de TH: 221 Kgf/cm²;
- Temperatura de Projeto : 430.

(PROJETO REATOR PB-REPLAN, 2012)

2.2 Dimensões

- Espessura do Costado: 132 mm
- Espessura dos Tampos: 71,4 mm
- Diâmetro do Reator: 3.685 mm
- Comprimento total entre Boca de Visita até final da Saia: 30.050 mm

(PROJETO REATOR PB-REPLAN, 2012)

NORMAS APLICADAS

2.3 CÓDIGO ASME – “Sociedade Americana de Engenheiros Mecânicos”

A elaboração do projeto de um vaso de pressão deve estar condicionada a regras e diretrizes estabelecidas por uma entidade de competência que estabelece dentro do projeto de construção as exigências de inspeção, testes, critérios de reparo, forma de aprovação de materiais, critérios de fabricação, requisitos de soldagem, etc. entre diversas existem os códigos do ASME, onde a seguir vamos comentar várias delas e sua aplicação

A estampa figura 5 é registrada na placa de identificação do equipamento e significa que a empresa fabricante está homologada e seguiu os critérios estabelecidos pelo ASME Seção BPVC

Fig.5: Estampa



Fonte: ASME VIII Div.2 (2013)

ASME é uma organização sem fins lucrativos que permite a colaboração, compartilhamento de conhecimento, enriquecimento de carreira e desenvolvimento de competências em todas as disciplinas de engenharia, em direção a um objetivo de ajudar a comunidade global de engenharia desenvolver soluções para beneficiar vidas e meios de subsistência.

A organização aborda:

- códigos de teste de desempenho
- padronização
- segurança
- tecnologia nuclear
- tecnologia de pressão
-

ASME Seção I: Requisitos para caldeiras geradoras de energia

Parte PW lista as exigências das caldeiras fabricadas por soldagem. As regras da Parte PW são aplicáveis a caldeiras e componentes dos mesmos, incluindo a tubulação construída sob as disposições da presente seção que são fabricados por soldagem e devem ser usados em conjunto com os requisitos gerais da Parte PG.

ASME Secção II Especificações para Material, esta dividido em:

- Parte A – Materiais de Base Ferrosos;
- Parte B – Materiais de Base Não-Ferrosos;
- Parte C – Consumíveis de Soldagem
- Parte D- Propriedade dos materiais, onde esta subdivididos em:
 1. Tabelas de tensões
 2. Propriedades Físicas
 3. Gráficos e tabelas para determinar espessura de componentes sob pressão externa.

ASME Secção III: Nuclear

Há três Subdivisões

- Divisão 1-Regras para a construção de Componentes instalação nuclear.
 1. Subsecção NB lista Classe 1 Componentes.
 2. Subsecção NC lista Classe 2 Componentes.
 3. Subsecção ND lista Classe 3 Componentes.
 4. Subsecção NE lista Classe MC Components.
 5. Subsecção NF abrange suportes.
 6. Subsecção NG lida com estruturas de apoio Core.
 7. Subsecção NH cobre Classe 1 Componentes em Elevada Temperatura de Serviço.
- Divisão 2: Código para os reatores em navios .
- Divisão 3 "sistemas de contenção para armazenamento e transporte de embalagem de combustível irradiado e de Alto Nível Material Radioativo e Resíduos. .

ASME Secção IV: Regras para a construção de Caldeiras de aquecimento.

As regras da Parte HG aplicar a vapor caldeiras de aquecimento, caldeiras de aquecimento de água quente, caldeiras de abastecimento de água quente, e pertences dos mesmos. Eles devem ser usados em conjunto com os requisitos específicos de Peças HF e HC conforme o caso. O avançado fornece a base para estas regras. Parte HG não se destina a aplicar-se a aquecedores de água potável exceto nos casos previstos na Parte HLW.

ASME Secção V: Ensaio não destrutivos

Salvo disposição em contrário pela Secção Código referenciado, ou outros documentos que fazem referência, esta seção do Código contém os requisitos e métodos de exame não destrutivo que são requisitos do Código, na medida em que sejam especificamente referenciados e exigido por outras seções de código. Estes métodos não destrutivos exames são destinados a detectar superfície e descontinuidades internas em materiais, soldas, e suas partes e componentes fabricados. Eles incluem o exame radiográfico, exame de ultrassom, o exame de líquido penetrante, partículas magnéticas, exame visual, teste de vazamento, e exame de emissão acústica.

ASME Seção VI

Estabelece regras para o cuidado e Operação de Caldeiras de aquecimento

ASME Seção VII

Diretrizes recomendadas para o atendimento das caldeiras geradoras de energia

ASME Seção VIII

Projeto para construção de Vaso de Pressão e Tanques
Este é dividido em três subdivisões Divisão 1, 2 e 3

ASME Seção IX Soldadura e brasagem Qualificações

Esta seção aborda os requisitos para Qualificação de EPS, QPS, Pessoal esta dividido em soldagem a arco e Brasagem.

Vasos de Pressão ASME Seção X

Construção de Vasos utilizando reforço de Fibras a base de Polímeros

ASME Seção XI Regras para inspeção de componentes usina nuclear em serviço

- Regras para o exame, em serviço de testes e inspeção e substituição e reparo de componentes de usinas nucleares.

ASME Seção XII: Regras para Construção e Serviço de Manutenção de tanques de transporte

- Prescrições relativas à construção e serviço continuado de vasos de pressão para o transporte de mercadorias perigosas via ferrovia, rodovia, ar ou água a pressões de vácuo total a 3.000 psi e volumes superiores a 120 galões.

ASME B31.1: Tubulação

Este Código define os requisitos para a concepção, materiais, fabricação, montagem, teste e inspeção em sistemas de tubulação de serviços auxiliares para estações de geração elétricas, instalações industriais e institucionais, centrais de aquecimento central e distrital, e sistemas de aquecimento urbano.

Neste Código inclui tubos, flanges, parafusos, juntas, válvulas, dispositivos de alívio, acessórios sob pressão.

ASME B31.2:Tubulação para Gas combustivel

Este Código abrange o projeto, fabricação, instalação e testes de sistemas de tubulação para gases combustíveis como o gás natural, gás manufaturado, de

petróleo liquefeito misturas de gás e ar acima do limite de combustível superior, gás liquefeito de petróleo na fase gasosa, ou uma mistura de estes gases. Incluídos no âmbito deste Código são combustíveis sistemas de tubulação de gás, tanto em edifícios e entre os prédios, formam a tomada de reunião do consumidor set metros (ou ponto de entrega) e incluindo a primeira pressão contendo válvula a montante do dispositivo de utilização de gás. Sistemas de tubulação no âmbito deste Código incluem todos os componentes, tais como tubos, válvulas, conexões, flanges (excepto de entrada e saída flanges que são uma parte do equipamento ou aparelho descrito no par. 200.1.4), gases e juntas. Também estão incluídos a pressão que contém partes de outros componentes, tais como juntas de expansão, dispositivos de medição, filtro e tubulação e equipamentos de apoio e anexos estruturais.

ASME B31.3: Tubulação de Processo

Regras para o Processo de Código Piping foram desenvolvidos considerando tubulação tipicamente encontrados em plantas criogênicas refinarias de petróleo química, farmacêutica, têxtil, papel, semicondutores, e; e relacionados com plantas de processamento e terminais. Este Código estabelece os requisitos para materiais e componentes, design, fabricação, instalação, montagem, exame, inspeção e teste de tubagem. este Código se aplica a todos os fluidos, incluindo: matérias-primas, intermediários e produtos químicos acabados; produtos petrolíferos; gás, vapor, ar e água; fluidizados sólidos; refrigerantes; e fluidos criogênicos.

ASME B31.4: Sistemas de transporte de hidrocarbonetos líquidos, Gás Liquefeito de Petróleo, anidro Amônia, e Álcool

Este Código define os requisitos para o projeto, materiais, construção, montagem, inspeção e teste de transporte de líquidos tubulação, tais como petróleo bruto, condensado, gasolina natural, líquidos de gás natural, gás liquefeito de petróleo, dióxido de carbono, álcool líquido, amônia anidra líquida, e produtos petrolíferos líquidos entre os produtores de «instalações de arrendamento mercantil, depósitos de petróleo, plantas de processamento de gás natural, refinarias, estações, plantas de amônia, terminais (marinha, o transporte ferroviário, caminhão), e outra de entrega e recebem pontos. Piping consiste de tubos, flanges, parafusos, juntas, válvulas, dispositivos de alívio, acessórios, ea pressão que contém partes de outros componentes de tubulação. Ele também inclui cabides e suportes, e outros itens dos equipamentos, necessários para evitar o excesso sublinhando a pressão contendo partes.

ASME B31.5: Tubulação de Refrigeração

Este Código estabelece requisitos para os materiais, projeto, fabricação, montagem, instalação, teste e inspeção de refrigerante ea tubulação de refrigerante secundário para temperaturas tão baixas como -320 ° F exceto quando especificamente excluídos.

ASME B31.8 Distribuição de Gas

Este código abrange os aspectos de projeto, fabricação, instalação, inspeção, ensaio e segurança de operação e manutenção de sistemas de transmissão e

distribuição de gás, incluindo gasodutos, estações de compressão de gás, medição de gás e estações de regulação, rede de gás e linhas de serviço até o tomada de montagem.

ASME B31.9 Tubulação em edifícios

Esta seção de código tem regras para a tubulação industriais, institucionais, comerciais e edifícios públicos e residências multi-unidades que não requerem a gama de tamanhos, pressões e temperaturas cobertas de B31.1. e ASME B31.11. Este código estabelece os requisitos mínimos para o projeto, materiais, construção, montagem, inspeção, testes, operação, e manutenção de tubulação de transporte de suspensões aquosas de materiais não perigosos, tais como carvão e minério

2.4 NORMAS UTILIZADAS PARA O PROJETO DO REATOR DESTE TRABALHO

2.4.1 ASME Section VIII Div.2 – “Projeto para construção de Vaso de Pressão”

Este código é utilizado pelo projetista para desenvolver e estabelecer os dados para construção do equipamento.

2.4.2 ASME Section IX – “Welding, Brazing and Fusing Qualifications”

Esta norma estabelece os requisitos relativos às qualificações de procedimentos de soldagem, soldadores e operadores de soldagem que devem ser atendidos na construção dos equipamentos aos quais as outras seções do Código se aplicam como caldeiras, vasos de pressão, tubulações e componentes nucleares. Por essa razão, possui uma característica abrangente permitindo seu uso com diferentes materiais, consumíveis, processos e técnicas de soldagem o que tornou seu uso amplamente difundido, sendo referenciada em normas relativas a outros tipos de equipamentos e estruturas.

2.4.3 ET PETROBRAS I-ET-5000.00-0000-500-PPC-001

Esta Especificação Técnica foi elaborada pela Petrobrás através do CENPES (Centro de Pesquisa), ela cobre requerimentos gerais para material, fabricação, soldagem, inspeção e testes para equipamentos pressurizados, tais como equipamentos para geração de vapor, Torres de processo, Reatores e trocadores de calor, feitos em materiais baixa liga de 2,25Cr-1Mo, 2,25Cr-1Mo-V e 1,25 Cr-0,5Mo e construídos conforme ASME Seção VIII Div.1 ou 2.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A fabricação do Reator destinado a refinaria de petróleo, deve ser fabricado na íntegra conforme os requisitos estabelecidos nas normas aplicáveis ao fornecimento, de modo a assegurar que a qualidade e a segurança sejam cumpridas. Diante disso, as soldas envolvidas na fabricação destes componentes devem apresentar características específicas de elevada qualidade e precisão, assim como serem realizadas por profissionais de soldagem qualificados.

As juntas a serem soldadas, objeto deste trabalho, será soldada através do processo GTAW (Tig), pelo processo de soldagem SMAW (Eletrodo Revestido) e SAW (Arco Submerso) conforme EPS – Especificação de Procedimento de Soldagem qualificado pela norma ASME IX e ET I-ET-5000.00-0000-500-PPC-001c. Assim, as características destes processos de soldagem serão abordadas neste capítulo através de uma revisão bibliográfica.

✓ **Processos de Soldagem**

Codificação dos processos – ASME IX

soldagem à arco com eletrodo revestido (SMAW)

soldagem à arco submerso com um arame consumível sólido (SAW)

soldagem à arco com eletrodo não consumível sob atmosfera inerte (TIG)

4.1 Processo de Soldagem com Eletrodo Revestido (SMAW)

4.1.1 Histórico

Após a descoberta do arco elétrico em 1800 por Humphry Davy, houve pouco desenvolvimento em solda elétrica até 1880 quando os russos Nikolay Benardos e Stanislav Olszewsky, trabalhando em um laboratório francês, terem desenvolvido um processo de soldagem baseado em um arco elétrico estabelecido entre um eletrodo de carvão e a peça a ser soldada. Com seus esforços obtiveram a patente britânica em 1885 e norte-americana em 1887. Este foi o início de soldagem de arco de carbono se tornando popular durante a década de 1890 e 1900. (“History of Welding” Welding.com.consultado em 29.12.2010)
(Fortes, Cleber; Vaz, Cláudio em 07 de julho de 2007)

Em 1888, o russo Nikolay Slavyanov e americano Charles L. Coffin desenvolveram, independentemente, a soldagem com eletrodo metálico nu. Mais tarde, em 1890 Coffin recebeu a patente americana por seu método de soldagem utilizando o eletrodo metálico nu. (“History of Welding” Welding.com.consultado em 29.12.2010)
Durante os anos seguintes, a soldagem por arco foi realizada com eletrodos nus, que eram consumidos na poça de fusão e tornavam-se parte do metal de solda. As soldas eram de baixa qualidade devido ao nitrogênio e ao oxigênio na atmosfera formando óxidos e nitretos prejudiciais no metal de solda.
(Fortes, Cleber; Vaz, Cláudio em 07 de julho de 2007)

Em 1904, A.P. Strohmenger e Oscar Kjellberg inventaram o primeiro eletrodo revestido. Utilizando uma camada de material argiloso (Ca), cuja função era facilitar a abertura do arco e aumentar sua estabilidade. (Fortes, Cleber; Vaz, Cláudio em 07 de julho de 2007)

Logo após, Oscar Kjellberg fundou a ESAB e em 1907, patenteou o processo de soldagem a arco com eletrodo revestido.
(“History of Welding” Welding.com.consultado em 29.12.2010)
(Fortes, Cleber; Vaz, Cláudio em 07 de julho de 2007)

4.1.2 Definição

A American Welding Society – AWS, define soldagem como – “Processo de união de materiais, usado para obter a coalescência (união) localizada de metais e não metais, produzida por aquecimento, com ou sem a utilização de pressão e/ou material de adição.”

A soldagem com eletrodos revestidos, mundialmente conhecida como SMAW - *Shielded Metal Arc Welding* – é o processo de soldagem com arco, em que a união é

produzida pelo calor do arco criado entre um eletrodo revestido e a peça a soldar (metal base).

O consumível deste processo, o eletrodo revestido, consiste de uma vareta metálica longa (230 a 460 mm ou mais), chamada de alma do eletrodo ou arame. Esta vareta pode ser trefilada ou fundida e é através dela que a corrente elétrica é conduzida. A alma do eletrodo tem pequeno diâmetro (1,5 a 8 mm) e é revestida por uma camada de material apropriado (0,5 a 5 mm), chamada de revestimento do eletrodo.

Em uma das extremidades do eletrodo é estabelecido o arco elétrico e na outra, não há revestimento. Este é o ponto de contato entre o eletrodo e o equipamento de soldagem.

Dos processos de soldagem a arco elétrico, o processo SMAW é o mais simples. O investimento em equipamentos é relativamente baixo e os eletrodos são facilmente encontrados no mercado.

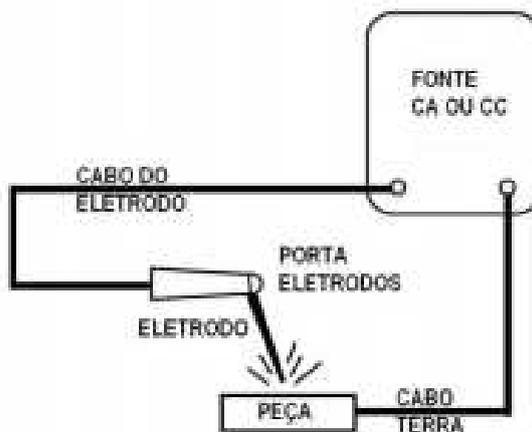
Através do controle da composição química do revestimento, consegue-se uma vasta gama de consumíveis, possibilitando a soldagem de diversos materiais e em todas as posições. Além disto, tem-se um controle maior da microestrutura e das propriedades do metal de solda, quando comparado ao metal de solda obtido com os demais processos de soldagem a arco elétrico.

Visto que o eletrodo é composto por diferentes materiais, os diversos efeitos resultantes da soldagem ocorrem de forma completamente diferentes no arame e no revestimento. Devido à rigidez do eletrodo, seu comprimento é limitado, sendo necessária a troca constante do eletrodo durante a soldagem, caracterizando-o como um processo intermitente.

4.1.3 Processo Operacional

A **Figura 6** apresenta um desenho esquemático da soldagem com eletrodo revestido. A região não revestida do eletrodo fica em contato com o alicate porta-eletrodo, conectado à fonte de soldagem que é do tipo corrente constante. A corrente elétrica, podendo ser alternada ou contínua, passa do porta-eletrodo para o arame.

Figura 6 – Desenho esquemático da soldagem manual com eletrodo revestido.



Fonte: Apostila ESAB (2005)

O soldador deve tocar a ponta livre do eletrodo sobre o metal de base. Este procedimento aquece o arame e queima o revestimento próximo, induzindo a ionização de alguns elementos e estabelecendo o arco elétrico. Os gases e a escória, provenientes da queima do revestimento, produzem a atmosfera protetora para o arco elétrico e para a poça de fusão.

Utilizando corrente contínua, a polaridade pode ser reversa ou direta. Na maioria das aplicações com eletrodo revestido, bem como nos processos que utilizam eletrodo consumível, a polaridade reversa (eletrodo conectado ao polo positivo da máquina) é adotada.

Após estabelecer o arco elétrico, o soldador deve ser capaz de iniciar um movimento de translação do eletrodo sobre a junta a ser soldada (velocidade de soldagem), visando distribuir o metal fundido ao longo do comprimento da junta. Ao mesmo tempo, o soldador deve ser capaz de realizar um movimento de alimentação do eletrodo (velocidade de mergulho ou de alimentação do eletrodo), visando manter o comprimento do arco constante.

A qualidade do cordão de solda depende fundamentalmente das habilidades do soldador. O responsável pelo controle e execução da abertura e fechamento do arco elétrico, da velocidade de soldagem, da velocidade de alimentação do eletrodo e do comprimento do arco é o soldador.

4.1.4 Vantagens e Desvantagens

4.1.4.1 Vantagens

- É um dos processos de soldagem mais utilizados, particularmente na produção de cordões curtos, em trabalhos de manutenção, reparo e em trabalhos em campo;
- Trata-se de um processo versátil, pois se adapta a materiais de diversas espessuras e em qualquer posição de trabalho;
- É o processo a arco elétrico mais utilizado na soldagem subaquática;
- O equipamento é relativamente simples e portátil;
- O custo de investimento em equipamentos é relativamente baixo;
- Gás de proteção auxiliar não é requerido pelo processo;
- O metal de solda e os meios de proteção durante a soldagem são fornecidos pelo próprio eletrodo revestido;
- O processo é menos sensível a corrente de ar que processos que utilizam proteção gasosa;
- É o processo a arco que possui a maior flexibilidade de aplicação. Seu emprego é indicado tanto dentro da fábrica como em campo;
- Atualmente é usado nas indústrias naval, ferroviária, automobilística, metal-mecânica e de construção civil;
- Pode ser utilizado em áreas de acesso limitado;
- É adequado para materiais de espessura acima de 2 mm;
- A variedade de eletrodos existentes no mercado é imensa e são facilmente encontrados;
- A soldagem pode ser realizada em todas as posições;
- É possível realizar a soldagem de materiais dissimilares;
- É apropriado para a maioria dos metais e ligas metálicas comumente encontradas no mercado (aço carbono, aços de baixa, média e alta liga, aço inoxidável, ferro fundido, cobre, níquel e suas ligas e algumas ligas de alumínio).

4.1.4.2 Desvantagens

Como qualquer outro processo de soldagem, o processo SMAW apresenta algumas limitações, podendo citar:

- Alimentação do eletrodo não é contínua;
- Trata-se de um processo manual, estreitamente dependente da habilidade do soldador, o que implica em menor controle dos parâmetros de soldagem, como corrente de soldagem;
- Comparado a outros processos, apresenta baixa produtividade, quando comparado com o processo GMAW pela sua baixa taxa de deposição e baixa taxa de ocupação do soldador (tempo com o arco aberto pelo tempo total de soldagem), em torno de 40%;
- Ligas de baixo ponto de fusão, tais como chumbo, estanho e zinco e suas ligas não são soldados pelo SMAW, devido à intensidade do calor do arco ser muito alta para estes materiais;
- Gera grande volume de gases e fumos durante o processo, o que o torna um processo condenado do ponto de vista da saúde do soldador;
- Não é adequado para metais reativos como titânio e zircônio, pois a proteção proveniente da queima do revestimento não é suficiente para evitar a contaminação da solda pelo oxigênio;
- A corrente a ser utilizada no processo é limitada, visto que esta deve atravessar todo o comprimento do eletrodo. Uma amperagem excessiva superaquece o eletrodo, danificando o revestimento, provocando mudança nas características do arco e da própria proteção;
- Produz escória, exigindo uma limpeza profunda após a soldagem.

4.1.5 Equipamento

O equipamento necessário para uma operação com o processo SMAW consiste de porta-eletrodo, cabos ou condutores, grampo de retorno e fonte de potência (máquina de solda – **Fonte**).

Figura 7 – Modelo de máquina utilizadas no processo SMAW



Fonte: Internet (2017)

4.1.6 Porta-Eletrodo

O porta-eletrodo (**Figura 8**) tem a função de prender firmemente o eletrodo e transmitir a corrente de soldagem para o mesmo. A especificação de um porta-eletrodo é feita em função da faixa de diâmetro (diâmetro do arame ou alma do eletrodo) que o eletrodo pode suportar (prender) e em função da corrente máxima que pode conduzir. Devem ser leves e fáceis de segurar.

Figura 8 – Porta eletrodo



Fonte: Internet (2017)

4.1.7 Cabos ou Condutores

Levam a corrente elétrica da fonte ao porta-eletrodo e do grampo de retorno para a fonte (**Figura 9**). Geralmente são de alumínio ou cobre.

São selecionados com base na corrente de soldagem, no ciclo de trabalho da fonte e no comprimento total do circuito.

Figura 9 – Cabos ou condutores



Fonte: Internet (2017)

4.1.8 Grampo de Retorno

Preso à tampa condutora da mesa sobre a qual está a peça ou diretamente nesta (Figura 10).

Figura 10 – Grampo de Retorno



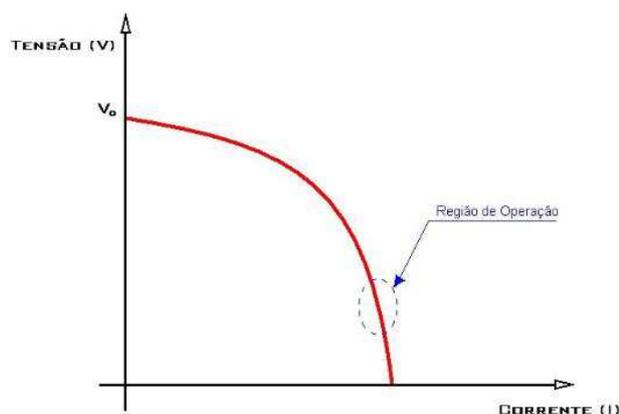
Fonte: Internet (2017)

4.1.9 Fonte de Potência – Máquina de Solda

Um dos objetivos visados durante a soldagem, com o propósito de manter a homogeneidade do cordão de solda, é manter o comprimento do arco elétrico constante. Conforme citado anteriormente, na soldagem com eletrodo revestido, o soldador é responsável por estabelecer o comprimento do arco e mantê-lo constante. Visto que este controle é realizado manualmente, variações no comprimento do arco, durante a soldagem com eletrodo revestido, frequentemente ocorrem. Estas variações são acompanhadas diretamente por variações na tensão, visto que estas duas variáveis estão interligadas.

Para compensar estas variações, as fontes de potência utilizadas com eletrodo revestido são fontes com característica de saída do tipo corrente constante. A **Fonte** apresenta a curva característica de saída (característica estática) de uma máquina de solda do tipo corrente constante ou curva tombante.

Figura 11 – Curva característica de fontes do tipo corrente constante



Curva característica de uma fonte de Corrente constante (CI)

Fonte – Internet (2017)

Com este tipo de fonte, variações no comprimento do arco, podendo resultar em grandes alterações na tensão, são compensadas por pequenas variações na corrente. Mesmo no caso de curto-circuito (eletrodo tocando a peça), o valor da corrente sobe até um valor relativamente baixo, suportável pela máquina durante um pequeno intervalo de tempo.

Construtivamente, as fontes para o processo SMAW podem ser de três tipos: transformadores, transformador-retificadores e geradores.

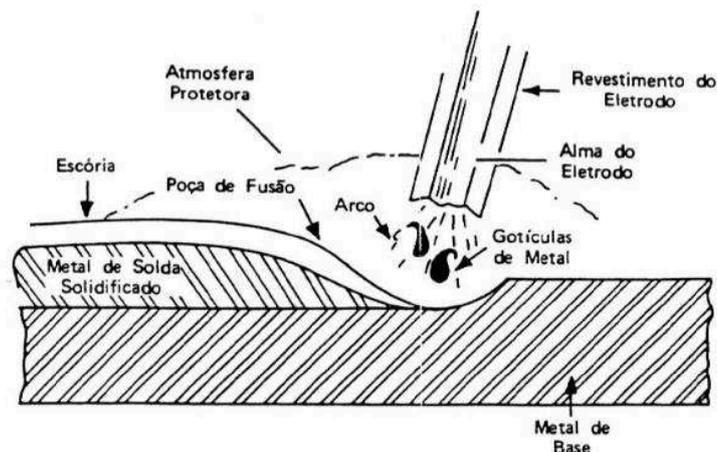
4.1.10 Etapas do Processo

1. Preparação do material que deve ser isento de graxa, óleo, óxidos, tintas, etc.;
2. Preparação da junta;
3. Preparação do equipamento;
4. Abertura do arco elétrico;
5. Execução do cordão de solda;
6. Extinção do arco elétrico;
7. Remoção da escória.

O conjunto das etapas 4, 5, 6 e que produz o cordão de solda é chamado de passe. Dependendo do tipo de junta a ser soldada, estas etapas devem ser repetidas quantas vezes forem necessárias para a realização do trabalho.

A **Fonte** representa o diagrama de soldagem com eletrodo a arco elétrico com eletrodo revestido:

Figura 12 – Diagrama de soldagem – SMAW



Fonte: Apostila FBTS (2012)

4.1.11 Variáveis do Processo

4.1.11.1 Diâmetro do Eletrodo

O diâmetro do eletrodo revestido refere-se ao diâmetro da alma metálica (arame) do eletrodo. É em função do diâmetro do eletrodo que a corrente e a velocidade de soldagem são estabelecidas. Um eletrodo excessivamente largo resulta em uma corrente mínima muito alta, o que pode ocasionar perfuração da peça. A sua seleção depende fundamentalmente da espessura do material de base, da posição de soldagem e do tipo de junta a ser preenchida. Em geral, eletrodos de maiores diâmetros são preferíveis em aplicações envolvendo materiais espessos na posição plana.

Para soldagem na horizontal, vertical e sobre cabeça, a poça fundida tende a escorrer devido à força da gravidade. Esta tendência pode ser controlada usando eletrodos de diâmetros menores, reduzindo assim o tamanho da poça de fusão. A manipulação do eletrodo e um aumento na velocidade de soldagem ao longo da junta podem ajudar no controle da poça de fusão.

Na soldagem em chanfro, devem ser consideradas as dimensões do chanfro para a seleção do diâmetro do eletrodo. Em passe de raiz, busca-se um diâmetro pequeno para permitir alcance da raiz.

Levando-se em conta questões econômicas, deve-se selecionar o maior diâmetro possível, tendo como limite metalúrgico a alta energia de soldagem, que irá ocasionar uma grande zona termicamente afetada.

4.1.11.2 Corrente de Soldagem

Conforme citado, no processo SMAW pode-se utilizar corrente contínua ou alternada. A escolha do tipo de corrente vai depender, dentre outros fatores, da escolha do tipo de eletrodo revestido. Destacando que mesmo os eletrodos que podem trabalhar tanto com CC – Corrente Contínua quanto com CA – Corrente Alternada, comportam-se melhores com CC: melhor estabilidade do arco e transferência metálica mais suave. Por outro lado, para SMAW, CA oferece duas vantagens sobre CC: ausência do sopro magnético, custo reduzido no equipamento.

A corrente de soldagem determina a taxa de deposição, a penetração, a largura e altura da solda. Quanto maior a corrente de soldagem, maior a taxa de deposição, maior a penetração e a largura do cordão de solda. Sua influência sobre a altura do cordão de solda é menor.

Corrente de soldagem muito elevada causa poça de fusão grande, dificultando o controle do processo. Também ocorre degradação do revestimento, respingos excessivos e perda de propriedades mecânicas pela maior zona termicamente afetada.

Na soldagem com corrente alternada existe uma maior tendência à instabilidade do arco, devido à mudança periódica da polaridade e à queda momentânea do valor da corrente a valores próximo de zero. A abertura e manutenção do arco também são mais difíceis, particularmente para eletrodos de pequenos diâmetros, onde são utilizados valores menores de correntes. Por outro lado, a tendência ao aparecimento de sopro magnético e as quedas de tensão nos cabos são menores, particularmente para maiores valores de corrente.

Com CA o campo magnético é constantemente invertido, dificultando o aparecimento do sopro magnético. Nas soldagens de aço ferrítico com CC, devido ao desequilíbrio do campo magnético ao redor do arco com este material, a tendência ao aparecimento do sopro magnético pode ser significativa.

Visto que a queda de tensão nos cabos com CA é menor, quando a soldagem tiver que ser realizada em longas distâncias da fonte, este tipo de corrente é a mais adequada. Entretanto, ressalta-se que os cabos não podem estar enrolados, pois as perdas indutivas neste caso podem ser substanciais.

Com eletrodo de diâmetro pequeno e utilizando baixas correntes, CC gera melhores características de operação e um arco mais estável. Soldagem com pequeno comprimento de arco e baixa tensão, também flui melhor com CC do que com CA. Isto é uma consideração importante, exceto para eletrodos com pó de ferro. Com estes eletrodos, durante a soldagem, o revestimento provoca a formação de uma cavidade (cone) profunda na ponta do eletrodo, mantendo o comprimento do arco quando a ponta do eletrodo se afastada do metal de base, na sua direção.

CC é mais indicado para soldagem na vertical ou sobre cabeça do que CA, visto que pequenos valores de corrente podem ser usadas. Porém, com eletrodos adequados, soldas satisfatórias podem ser feitas em todas as posições com CA.

Tanto chapas finas como espessas podem ser soldadas com CC. A soldagem de chapas finas com CA é menos desejável do que com CC, pois as condições do arco a baixos níveis de corrente requeridos para chapas finas são menos estáveis com CA do que com CC.

A definição do valor da corrente a ser utilizada durante a soldagem depende fundamentalmente do tipo e diâmetro do eletrodo revestido. Em geral, nos catálogos de fabricantes de eletrodos, a faixa de corrente adequada para cada eletrodo, em função do seu diâmetro é indicado, além de também ser especificado pelo fabricante o tipo de corrente, a polaridade e a posição de soldagem mais indicada para o eletrodo revestido especificado.

Em resumo, a corrente de soldagem depende:

- Da posição de soldagem;
- Para soldagem na posição plana devem ser empregadas correntes próximas ao valor máximo;
- Para soldagem fora de posição, correntes próximas ao valor mínimo são desejáveis para evitar poça de fusão volumosa;
- Tipo e diâmetro da alma do eletrodo;
- Diâmetros excessivamente grandes resultam em correntes inferiores à mínima, causando instabilidade do arco e aquecimento insuficiente na junta;
- Diâmetros excessivamente pequenos resultam em correntes superiores à máxima, causando aquecimento excessivo do revestimento;
- Tipo e espessura do revestimento;
- Eletrodos isentos de produtos orgânicos suportam correntes mais altas.

A

a seguir mostra como a faixa de corrente utilizável varia com o diâmetro do eletrodo e o tipo de revestimento.

Tabela 1: Variação de Corrente

Eletrodo	AWS	Diâmetro (mm)	Corrente (A)	Valor ótimo (A)	TX. dep. (kg/h)	Ef. dep. (%)
OK 22.45P OK 22.50	E6010	2,5	60 – 80	75	0,7	72
		3,2	80 – 140	100 / 130	0,9 / 1,0	76 / 69
		4,0	90 – 180	140 / 170	1,3 / 1,3	74 / 64
		5,0	120 – 250	160 / 190	1,5 / 1,6	75 / 70
OK 22.65P	E6011	2,5	40 – 75	75	0,6	61
		3,2	60 – 125	120	1,0	71
		4,0	80 – 180	150	1,7	77
		5,0	120 – 230	180	1,9	73
OK 46.00 OK 46.13 OK 43.32	E6013	2,0	50 – 70	50	0,6	73
		2,5	60 – 100	85	0,7	73
		3,2	80 – 150	125	1,0	73
		4,0	105 – 205	140 / 160 / 180	1,2 / 1,4 / 1,6	76 / 74 / 71
		5,0	155 – 300	180 / 200 / 220	1,5 / 1,7 / 1,9	74 / 71 / 73
OK 33.80	E7024	3,2	130 – 170	140 / 180	1,9 / 2,3	72 / 71
		4,0	140 – 230	160 / 210 / 240	2,4 / 2,9 / 3,3	71 / 73 / 69
		5,0	210 – 350	245 / 270 / 290	3,4 / 3,8 / 4,1	69 / 71 / 68
		6,0	270 – 430	320 / 360	4,3 / 5,3	72 / 69
OK 48.04 OK 48.06 OK 48.07 OK 55.00	E7018	2,5	65 – 105	90	0,8	66
	E7018	3,2	100 – 150	120 / 140	1,2 / 1,2	72 / 71
	E7018-1	4,0	130 – 200	140 / 170	1,4 / 1,7	75 / 74
	E7018-1	5,0	185 – 270	200 / 250	2,2 / 2,4	76 / 75

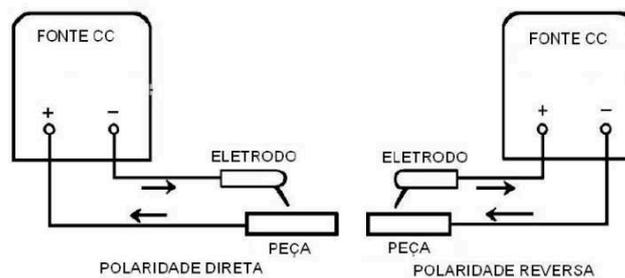
4.1.11.3 Polaridade

O termo polaridade é usado para descrever a conexão elétrica do porta-eletrodo em relação aos terminais da fonte de energia com corrente contínua. Quando o porta-eletrodo está conectado ao terminal positivo da fonte, a polaridade é designada como polaridade reversa ou positiva ou DCEP (*direct current electrode positive*) ou CCEP (corrente contínua eletrodo positivo). Caso o terminal negativo seja conectado no porta-eletrodo, a polaridade é designada como polaridade direta ou negativa ou DCEN (*direct current electrode negative*) ou CCEN (corrente contínua eletrodo negativo), conforme exemplificado na

Fonte: Apostila ESAB (2005)

3.

Figura 13 – Polaridade



Fonte: Apostila ESAB (2005)

A grande maioria dos eletrodos revestidos opera melhor na polaridade positiva, DCEP, embora alguns eletrodos sejam favoráveis na polaridade negativa, DCEN (tipo de revestimento). É comum encontrar na literatura a afirmação que a soldagem com polaridade reversa produz maior penetração, porém a taxa de fusão do eletrodo é maior na soldagem com polaridade direta. Alguns cuidados devem ser tomados para fazer tal afirmação, pois isto não é uma regra.

4.1.11.4 Tensão de Soldagem

A tensão no arco depende de fatores que são pouco controlados, como:

- Distância entre o eletrodo e a peça. Devido à realização manual do processo, não pode ser controlada com precisão;
- A transferência dos glóbulos causa variação no comprimento do arco e conseqüentemente na tensão.

Quanto maior o diâmetro do eletrodo, maior será a tensão do arco.

Quanto maior a corrente de soldagem, maior será a tensão do arco.

Quanto maior o comprimento do arco, maior será a tensão do arco.

A tensão em vazio (V_0) e a tensão que a fonte oferece quando o arco está fechado, e a diferença de potencial necessária para dar origem ao arco e seu valor variam entre 50 a 100 volts.

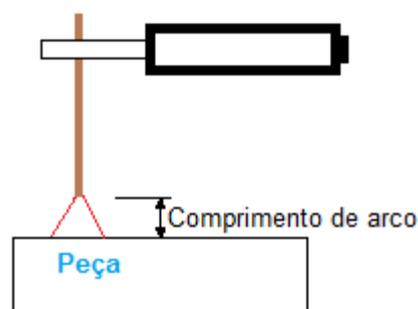
Valores elevados de tensão facilitam a abertura do arco e a reignição, quando se trabalha com CA. A tensão de soldagem (V_s) e a tensão que a fonte supre quando o arco está aberto tem valores que variam entre 15 a 36 volts.

4.1.11.5 Comprimento do Arco

O comprimento do arco corresponde à distância da ponta do eletrodo ao metal de base, conforme apresentado na

Fonte: 4. Deve ser estabelecido em função do diâmetro do eletrodo e do tipo de revestimento. Também é dependente da corrente e da posição de soldagem. Tem-se que no processo SMAW, o controle do comprimento do arco é altamente dependente da habilidade do soldador e, em geral, não deve exceder ao diâmetro do eletrodo (arame). No geral, diz-se que a faixa ideal de valores para o comprimento do arco deve ser de 0,5 a 1,1 vezes o diâmetro do eletrodo.

Figura 14 – Comprimento do arco



Fonte: Próprio autor (2017)

Comprimento do arco muito pequeno pode causar interrupções frequentes, pois o eletrodo pode aderir (“grudar”) na peça, cordões estreitos e com concavidades pronunciadas (reforço excessivo).

Comprimento do arco muito grande, por sua vez, pode produzir um arco sem direção, uma maior quantidade de respingos e proteção deficiente, o que pode resultar em porosidade no cordão de solda.

4.1.11.6 Velocidade de Soldagem

Velocidade de soldagem é a taxa na qual o eletrodo se move ao longo da junta.

Trata-se de um parâmetro com controle impreciso, devido ao caráter manual do processo. Idealmente, a velocidade de soldagem deve ser escolhida de modo que o arco fique ligeiramente à frente da poça de fusão.

A velocidade de soldagem influencia a largura e altura do cordão de soldagem. Uma velocidade adequada é aquela que produz um cordão de solda de boa aparência e boa penetração. A velocidade de soldagem no processo SMAW é influenciada pelos fatores seguintes:

- Tipo de corrente, amperagem e polaridade;
- Posição da soldagem;
- Taxa de fusão do eletrodo;
- Espessura do material;
- Condições superficiais do metal de base;
- Tipo de junta;
- Manipulação do eletrodo.

Quanto maior a velocidade de soldagem, menor a altura e a largura do cordão.

Velocidades muito altas produzem cordões estreitos, com baixa penetração, mordeduras e uma escória de difícil remoção. Por outro lado, velocidades muito baixas produzem cordões largos, penetração e reforços excessivos.

Durante a soldagem, a velocidade deve ser tal que conduza suavemente a poça de fusão. Até certo ponto, um aumento na velocidade de soldagem resulta na redução da largura do cordão e no aumento da penetração. Além de certo ponto, um aumento na velocidade de soldagem pode resultar em uma redução da penetração,

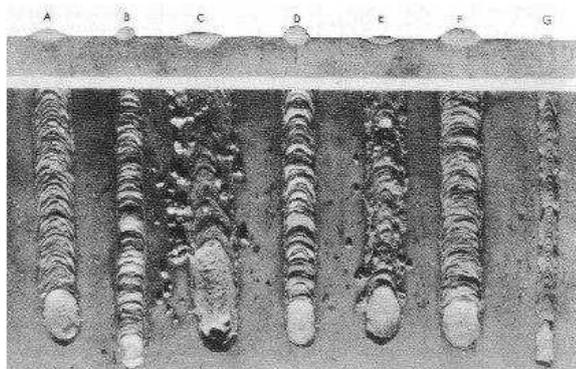
surgimento de trincas nos contornos do cordão, dificuldade de remoção da escória, surgimento de porosidade e deterioração da aparência do cordão de solda.

Com velocidade de soldagem muito baixa, o cordão de solda tende a ficar mais largo, mais convexo e menos profundo. A baixa penetração deve-se ao fato do arco elétrico permanecer mais tempo sobre a poça de fusão em vez de conduzi-la. Quanto menor a velocidade de soldagem, maior a quantidade de calor por unidade de comprimento fornecido ao material (aporte térmico), aumentando assim, o tamanho da zona termicamente afetada e reduzindo a taxa de resfriamento do material.

A **Fonte:** apresenta os efeitos da corrente, do comprimento do arco e da velocidade de soldagem na aparência do cordão de solda.

(A) Corrente, comprimento do arco e velocidade adequados; (B) Baixa corrente; (C) Alta corrente; (D) Pequeno comprimento do arco; (E) Grande comprimento do arco; (F) Baixa velocidade de soldagem; (G) Alta velocidade de soldagem.

Figura 15 : Formato de cordões no processo SMAW



Fonte: The Procedure Handbook of Arc Welding (1985)

4.1.11.7 Abertura do arco

O eletrodo deve tocar a superfície da peça, preferencialmente em uma região a ser fundida e próxima do início do cordão, pois a abertura do arco em outra posição causa marcas que podem constituir concentradores de tensão.

Uma vez iniciado o arco, o eletrodo deve ser afastado da peça e o comprimento do arco deve ser mantido o mais constante possível.

4.1.11.8 Manipulação e Orientação do Eletrodo

O eletrodo deve realizar um movimento de mergulho em direção a peça para compensar o consumo do eletrodo e manter constante o comprimento do arco.

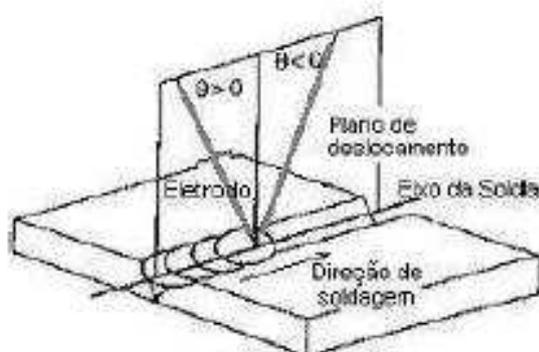
Também deve realizar um movimento de translação, deslocando-se ao longo da junta, preferencialmente com velocidade constante. Deve, ainda, realizar um movimento de tecimento, ou seja, um deslocamento lateral em relação ao eixo da solda visando obter um cordão mais largo, garantir a fusão das paredes do chanfro e fazer flutuar a escória. Este movimento não deve exceder três vezes o diâmetro do eletrodo.

O posicionamento do eletrodo e os movimentos de mergulho e translação devem evitar que a escória flua a frente do eletrodo, ficando parte dela aprisionada e resultando em formação de inclusão não metálica no cordão de solda.

A orientação do eletrodo em relação à junta a ser soldada é importante na qualidade da solda. Orientação imprópria pode resultar em aprisionamento de escória, porosidade e trincas. Sua seleção depende do tipo e diâmetro do eletrodo, da posição de soldagem e da geometria da junta.

O ângulo do eletrodo e o sentido de soldagem são utilizados para definir a orientação do eletrodo. O ângulo do eletrodo é a relação entre o eixo do eletrodo e a superfície adjacente ao metal de base. É definido como a medida de inclinação tomada entre uma linha normal ao eixo da solda e uma linha perpendicular à face da chapa, conforme **Figura 1**. Se o eixo do eletrodo estiver anterior à normal, puxando a poça de fusão, o ângulo é definido como negativo. Se o eixo do eletrodo estiver posterior à normal, empurrando a poça, o ângulo é definido como positivo.

Figura 16 – Ângulo do eletrodo.



Fonte: Apostila FBTS (2012)

Quando o eletrodo está apontado na mesma direção de soldagem, o ângulo é positivo e tem-se nesta situação, a técnica do avanço (*forehand welding with a lead*

angle): eletrodo empurrando a poça de fusão. Quando o eletrodo está apontado na direção oposta à direção de soldagem, o ângulo é negativo, tendo nesta situação, a técnica do arraste (*backhand welding with a drag angle*): tocha puxando a poça de fusão.

4.1.11.9 Remoção da Escória

Após cada passe, a escória produzida deve ser retirada. O grau de dificuldade da remoção da escória depende da geometria do cordão, movimentação correta do eletrodo durante deposição, das dimensões do chanfro e do tipo de revestimento, sendo isso um dos critérios de seleção de tipo de revestimento.

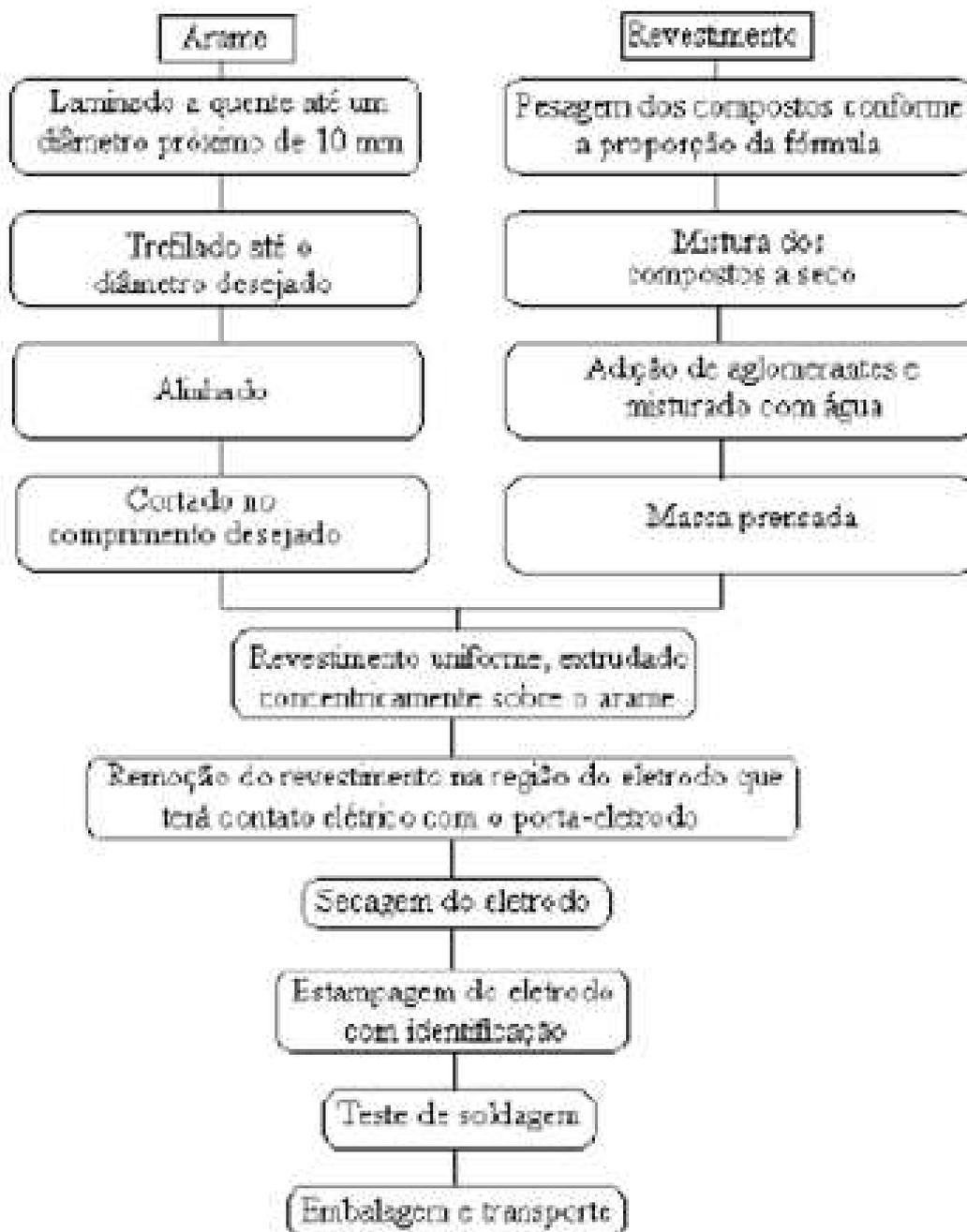
A remoção parcial da escória produz cordões de solda com inclusões de óxidos, comprometendo as propriedades mecânicas da junta soldada.

4.1.12 Eletrodo Revestido

4.1.12.1 Fabricação

A fabricação dos eletrodos revestidos não é simples devido à grande diversidade dos tipos e das aplicações em soldagem, cada um exigindo considerações especiais. A **Figura** apresenta um fluxograma que exemplifica as etapas de produção dos eletrodos revestidos.

Figura 17 – Fluxograma das etapas de fabricação dos eletrodos revestidos

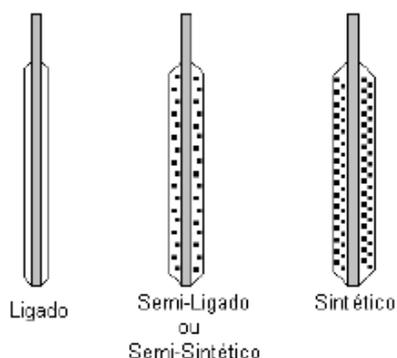


Fonte: Apostila FBT S (2012)

4.1.12.2 Características do Arame

Alguns fabricantes de eletrodos podem produzir os arames que compõem o eletrodo revestido de diferentes formas. A **Fonte** exemplifica tais casos.

Figura 2 – Tipos de arames fabricados para o eletrodo revestido.



Fonte: Apostila FBTS (2012).

No tipo ligado, o próprio arame já possui as características mecânicas e químicas requeridas à solda. O revestimento, dentre os três, é o de menor espessura. A poça de fusão resultante é menor, há um maior controle do arco e da própria poça e solda em qualquer posição.

No tipo semi-ligado ou semi-sintético, o arame possui algumas das características mecânicas e químicas requeridas à solda e o complemento é fornecido pelo revestimento. Este é um pouco mais espesso que o ligado. Tanto o tipo ligado como o semi-ligado não são usuais na soldagem do aço carbono.

No tipo sintético, o arame é de aço carbono, e os elementos que formarão as características mecânicas e químicas requeridas à solda estão todos no revestimento. Esta é a forma mais usual de fabricação do eletrodo revestido. O resultado final na composição química do metal depositado dos três eletrodos é o mesmo. A diferença está no tipo de fabricação e custo.

4.1.12.3 Características e Funções do Revestimento

Independentemente do tipo de arame fabricado tem-se que a camada de revestimento ao redor do arame, que geralmente é extrudada, não deve deteriorar ou separar com o calor durante a sua preparação ou durante a soldagem. Também precisa ter considerável resistência mecânica aos impactos ou às vibrações durante o armazenamento e o transporte. Ao longo da produção, inspeções e ajustes são executados para assegurar um revestimento uniforme e concêntrico, visto que um dos mais importantes índices de qualidade do revestimento é a sua concentricidade.

O revestimento do eletrodo consiste de uma mistura de diferentes materiais, na maioria óxidos, combinados em proporções adequadas.

Muitos dos ingredientes de um revestimento podem ter mais de uma função e diferentes ingredientes no mesmo revestimento podem contribuir para a mesma função. A **Tabela 1** descreve os principais elementos utilizados no revestimento de eletrodos revestidos. As fórmulas e as principais funções (primárias e secundárias) de cada elemento também estão descritas nesta tabela.

Dentre as funções do revestimento está o fornecimento de elementos de liga para o refino da microestrutura e para o controle da composição química do metal de solda. Os gases e a escória, provenientes da decomposição do revestimento, produzem uma atmosfera protetora para o arco elétrico e para a poça de fusão. A escória ainda protege as gotas de metal fundido durante a sua transferência pelo arco e controla a velocidade de resfriamento do metal de solda.

O revestimento também fornece agentes que facilitam a remoção da escória, a soldagem em diversas posições e a ionização do arco, além de desempenhar um importante papel na estabilidade e no direcionamento do arco elétrico. A decomposição de ingredientes do revestimento pode ainda controlar a temperatura do eletrodo durante a soldagem.

A concentração de um elemento químico no metal de solda é função da quantidade deste elemento originalmente presente no sistema de soldagem. No processo SMAW, seis fontes de elementos químicos podem ser identificadas: revestimento, alma do eletrodo, metal de base, arco elétrico, superfícies do metal de base e do eletrodo. As três primeiras fontes são as principais.

O arco elétrico não pode criar ou destruir qualquer elemento, mas dependendo das condições operacionais, por exemplo, do ângulo do eletrodo, diferentes quantidades de cada elemento são divididas entre o metal de solda, a escória e o ambiente. Já as duas últimas fontes podem produzir impurezas indesejáveis para o metal de solda, provenientes de uma limpeza imprópria na superfície do metal de base ou durante a fabricação do eletrodo. Dentre as diferentes fontes, é o revestimento que tem um papel importante na determinação da composição química do metal de solda e o seu controle é extremamente importante na fabricação de consumíveis de alta qualidade.

Inúmeras são as influências dos elementos químicos presentes no revestimento nas propriedades do metal de solda, na geração de fumos e gases, na estabilidade do arco e nas propriedades da escória. Destaca-se que são os tipos de elementos usados no revestimento e/ou os tipos de reações químicas que ocorrem durante a soldagem que definem a classificação dos eletrodos revestidos.

Dessa forma, podemos dizer que as funções básicas de revestimento são:

- Estabilizar o arco elétrico;
- O revestimento possui elementos estabilizadores de arco, que se dissociam no arco, gerando gases com baixo potencial de ionização. São exemplos de estabilizadores de arco: carbonato de bário, potássio, lítio, zircônio, silicato de potássio, titânio de potássio, rutilo (TiO_2);
 - Proteger contra a ação da atmosfera, através da geração de gases e da formação da camada de escória;
 - Elementos contidos no revestimento (dextrina, carbonatos, celulose) queimam ou se dissociam (carbonato de cálcio) com o calor do arco elétrico, e geram gases como CO , CO_2 e H_2 , que formam a atmosfera protetora para evitar a oxidação do cordão de solda;
 - Carbonatos⁽¹⁾, especialmente CaCO_3 , fornecem atmosfera protetora com sua decomposição: $\text{CaCO}_3 + \text{calor} \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$
 - Reduzir a velocidade de resfriamento do cordão de solda, por meio da formação da camada de escória, que é uma camada líquida geralmente impermeável ao oxigênio, que flutua sobre o banho sem reagir com o mesmo;
 - Além de reduzir a velocidade de resfriamento do cordão de solda, o que possibilita maior possibilidade de escape de bolhas evitando a formação de

porosidade, a escória protege contra a oxidação, retira oxigênio do banho por ação redutora, evitando porosidade, controla o contorno, a uniformidade e a aparência geral do cordão de solda;

Nota⁽¹⁾: o hidrogênio, apesar de proteger o cordão de solda da oxidação é altamente solúvel no metal líquido e causa suscetibilidade às trincas a frio.

- São formadores de escória: alumina, argilas, feldspatos, dióxido de manganês, ilmenita (FeTiO₃), wolastonita (silicato de cálcio), óxido de ferro, óxido de silício.

- **Tabela 1** – Principais elementos dos revestimentos.

Elementos	Fórmula	Funções
Alumina	Al ₂ O ₃	Formar escória; Estabilizar o arco
Argila	Al ₂ O ₃ ·2SiO ₂ ·2H ₂ O	Ajudar na extrusão; Formar escória
Cal	CaO	Agente fluxante; Controlar a viscosidade da escória
Calcita	CaCO ₃	Controlar a basicidade da escória; Gerar gases de proteção
Fluorita	CaF ₂	Controlar a basicidade da escória; Reduzir a viscosidade da escória
Celulose	(C ₆ H ₁₀ O ₅) _n	Gerar gases de proteção; Ajudar na extrusão
Ferro-Manganês	Fe-Mn	Controlar a composição química; Promover a desoxidação
Ferro-Silício	Fe-Si	Promover a desoxidação; Controlar a composição química
Hematita	Fe ₂ O ₃	Promover a oxidação; Formar escória
Magnetita	Fe ₃ O ₄	Promover a oxidação; Formar escória
Silicato de Lítio	Li ₂ SiO ₃	Atuar como agente aglomerante
Silicato de Potássio	K ₂ SiO ₃	Estabilizar o arco; Atuar como agente aglomerante
Titanato de Potássio	2K ₂ O·2TiO ₂	Estabilizar arco; Formar escória
Feldspar	K ₂ O·Al ₂ O ₃ ·6SiO ₂	Formar escória; Agente fluxante
Mica	K ₂ O·3Al ₂ O ₃ ·6SiO ₂ ·2H ₂ O	Ajudar na extrusão; Estabilizar o arco
Dolomita	MgO·CaO·2(CO ₂)	Gerar gases; Agente fluxante
Silicato de Sódio	Na ₂ SiO ₃	Atuar como agente aglomerante; Estabilizar o arco
Silica	SiO ₂	Formar escória; Controlar a viscosidade
Rutíla	TiO ₂	Reduzir a viscosidade da escória; Estabilizar o arco
Pó de Ferro	-	Aumentar a taxa de deposição e o rendimento do eletrodo; Estabilizar o arco
Zircônio	ZrO ₂	Estabilizar o arco; Facilitar a destacabilidade da escória

Fonte: Apostila FBTS (2012).

Destaca-se que a principal função do pó de ferro é aumentar a taxa de deposição do eletrodo. Os principais efeitos causados pelo aumento do teor de pó de ferro no revestimento sobre as características operacionais do consumível e do metal de solda são:

- Redução progressiva da tensão do arco, até um valor que impede a soldagem. Isto ocorre aproximadamente com 60% de pó de ferro;
- Aumento da fluidez da escória, devido à formação de óxido de ferro;
- Quando acima de 20 % de pó de ferro, observa-se um aumento no tempo de consumo do eletrodo;
- Sensível aumento da eficiência de posição;
- Melhora a estabilidade do arco e a penetração é reduzida, principalmente com alta intensidade de corrente, podendo inclusive, minimizar a ocorrência de mordeduras;
- Reduz a tenacidade do metal de solda.

É importante ressaltar que não deve ser simplesmente realizada a adição de pó de ferro sobre um revestimento que não tenha sido projetado para operar sem o mesmo. É necessária uma reformulação completa do consumível. A adição de pó de ferro pode ser efetuada sobre os revestimentos do tipo básico (10 a 25%) e do tipo rutilico (até 60%).

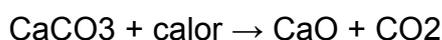
4.1.12.4 Tipos de Revestimento

Os eletrodos revestidos, em função da composição química do revestimento, são classificados como **ácidos, oxidantes, básicos, celulósicos e rutilicos**.

Revestimentos ácidos são uma evolução dos revestimentos oxidantes modificados a adição de sílica (dióxido de silício, SiO₂). Contém altos teores de óxido de ferro e manganês, além de silicatos de alumínio e ferro manganês. A tensão de trabalho situa entre 20 e 40 V, dependendo do diâmetro do eletrodo (arame), sendo possível a soldagem em todas as posições. Os que possuem teores de sílica e/ou alumina elevados podem ser operados com tensões mais elevadas, obtendo uma alta penetração. A escória (ácida) é produzida em grande quantidade, com aparência porosa e de fácil destacabilidade. São de aplicação escassa, pois apesar do metal de solda apresentar boa aparência, as propriedades mecânicas e metalúrgicas deste metal são muito baixas (alto conteúdo de oxigênio). O metal de solda produzido, dentre todos, é o mais susceptível às trincas de solidificação e, portanto, os elementos carbono, enxofre e fósforo devem se encontrar em teores muito baixos. Também pode ser usado em CC ou CA.

O revestimento dos **eletrodos oxidantes** é principalmente constituído por óxido de ferro (hematita ou magnetita) com ou sem óxido de manganês, além de silicatos. Produz uma escória óxida abundante e de fácil destacabilidade, além de boa aparência. O metal de solda produzido apresenta, em geral, baixa penetração e propriedades mecânicas baixas, principalmente a tenacidade. Pode ser usado em corrente contínua (CC) ou alternada (CA).

Revestimentos básicos possuem carbonato de cálcio (CaCO₃) em sua composição. Com o calor do arco elétrico, o carbonato de cálcio se decompõe em óxido de cálcio (CaO) e dióxido de carbono (CO₂):



O dióxido de carbono torna redutora a atmosfera, sem a presença de hidrogênio. O óxido de cálcio torna a escória básica, daí a denominação deste grupo de revestimento.

Escória básica permite a redução de compostos óxidos do banho, a eliminação de sulfetos e enxofre (dessulfuração), o que reduz o problema de trincas de solidificação. Desta forma, produz soldas com os mais baixos teores de inclusões que qualquer outro tipo de revestimento, resultando em maior tenacidade do cordão.

O baixo teor de hidrogênio (este grupo não possui componentes orgânicos em sua composição) promove soldas com menor susceptibilidade às trincas a frio.

A alta tenacidade do cordão e a baixa susceptibilidade às trincas a frio fazem deste grupo de revestimento a melhor opção em aplicações de alta responsabilidade mecânica, soldagem de grandes espessuras, estruturas de alta rigidez e soldagem de aços de baixa soldabilidade (alto teor de carbono e enxofre).

A baixa tendência de oxidar metais durante a transferência no arco torna este revestimento o mais adequado para a soldagem de aços-ligas e ligas não ferrosas.

Trata-se de um revestimento bastante higroscópico que requer secagem e manutenção cuidadosas para assegurar baixo teor de hidrogênio no metal depositado.

Eletrodos deste grupo podem ser usados CA e CC direta, soldam em todas as posições e o cordão de solda tem penetração média.

Eletrodos celulósicos têm uma grande quantidade de substâncias orgânicas inflamáveis no revestimento que produz grande volume de gás e protege a poça de fusão. Os principais gases gerados são: CO₂, CO, H₂, H₂O (vapor) e seus

subprodutos. A atmosfera redutora que se forma é a principal responsável pela proteção do metal fundido da atmosfera ambiente. Produzem soldas com grande penetração e formam somente uma pequena quantidade de escória e de fácil destacabilidade. O nível de hidrogênio depositado no metal de solda é muito alto, impedindo o seu uso onde são exigidos altos níveis de resistência mecânica, em estruturas muito constrangidas e/ou cujo material seja susceptível às trincas. O hidrogênio não é proveniente somente da celulose, mas também, da umidade contida na mesma e no silicato. A ressecagem destes eletrodos não deve ultrapassar cerca de 100°C (sob pena de destruição das propriedades operacionais do consumível) e não é efetiva para a retirada da umidade. Um exemplo típico de eletrodo celulósico comercial é o E6010.

Eletrodos rutilicos têm como principal ingrediente o dióxido de titânio (TiO₂), podendo chegar a 50%. Alguns tipos destes eletrodos podem possuir ainda até 15% de celulose. Apresentam facilidade na abertura de arco e podem ser aplicados em todas as posições. São próprios para a execução de cordões curtos em aços de baixo teor de carbono, em soldagens de ângulo e em chapas finas. A quantidade de respingos é pequena e a velocidade de soldagem é razoável. São bastante sensíveis às impurezas e na soldagem de materiais com um teor de carbono mais elevado originam trincas com certa facilidade. A penetração é média, com escória de rápida solidificação e facilmente destacável. Estes eletrodos não são indicados para a soldagem estrutural onde se exige alta tenacidade e resistência. São muito pouco sensíveis à umidade. Um exemplo típico de eletrodo rutilico comercial é o E6013. Paralelamente a esta classificação é importante considerar a questão relacionada com a basicidade do fluxo (revestimento) e, conseqüentemente da escória. A escória é classificada como ácida ou básica através do somatório dos compostos básicos e ácidos presentes no revestimento.

Fluxos ácidos tendem a produzir metal de solda com teores mais altos de oxigênio, fósforo e enxofre. Por outro lado, os básicos tendem a auxiliar na limpeza e na redução de inclusões no metal depositado devido a sua capacidade de reduzir os teores destes elementos.

Os fluxos também são classificados quanto a sua influência sobre a composição química do metal depositado. Segundo esta classificação eles podem ser ativos, neutros ou ligados. Os fluxos neutros são aqueles que não influenciam na

composição química do metal depositado, os ativos incorporam elementos de liga como o Mn e Si na solda e os ligados adicionam outros elementos, além do Si e Mn, no metal depositado, ver tabela 3.

Tabela 2 – Resumo das características dos revestimentos.

	Celulósico	Rutílico	Ácido	Básico
Componentes	Materiais orgânicos	Óxido de titânio	óxidos de ferro óxidos de manganês sílica	carbonato de cálcio e fluorita
Posição de soldagem	todas	todas	plana e horizontal	todas
Tipo de corrente	CC ou CA	CC ou CA	CC ou CA	CC ou CA
Propriedades mecânicas	boas	razoáveis	razoáveis	muito boas
Penetração	alta	baixa a média	média	média
Escória	Pouca Fácil remoção	abundante densa fácil de destacar	Ácida abundante porosa fácil de destacar	compacta espessa fácil de destacar
Tendência a trinca	regular	regular	alta	baixa
	alta penetração aspecto ruim	arco estável aspecto bom		melhores propriedades

Fonte: Apostila FBTS (2012).

4.1.13 Transferência Metálica

Na soldagem com eletrodo revestido, uma mistura de metal fundido e escória é separada da ponta do eletrodo e transferida à poça de fusão.

Durante a transferência, as gotas fundidas de metal e de escória assumem comportamentos diferentes em função das condições de soldagem e interagem física e quimicamente com o arco elétrico, alterando sua estabilidade e afetando a qualidade da solda.

Os principais modos de transferência metálica podem ser classificados como globular, curto circuito e spray. O modo de transferência metálica dos eletrodos revestidos é essencialmente uma função da composição do revestimento, visto que esta determina quais os parâmetros de soldagem a serem utilizados. Tem-se que o

modo de transferência para eletrodos ácidos ou oxidantes é basicamente spray, para eletrodos rútilicos é menos spray que nos anteriores, e em eletrodos básicos, a transferência de metal ocorre através de gotas grandes.

4.1.14 Ressecagem

Juntas altamente tensionadas (nível alto de tensões residuais) em conjunto com microestruturas frágeis (martensita, por exemplo) e com elevado teor de hidrogênio depositado pelo consumível, podem apresentar trincas no metal de solda ou, mais frequentemente, na zona termicamente afetada (ZTA).

Para evitar este problema com as trincas induzidas pelo hidrogênio, uma importante providência que deve ser tomada é minimizar o hidrogênio proveniente da umidade do revestimento.

Outra origem do hidrogênio é a decomposição do material orgânico contido em certos revestimentos, sendo uma solução, nesse caso, a troca do consumível para o do tipo de baixo hidrogênio. Este revestimento, entretanto, necessita ser devidamente ressecado, pois é caracteristicamente higroscópico.

É importante ressaltar que sempre que possível deve-se seguir a temperatura e o tempo de ressecagem recomendado pelo fabricante do consumível. Visto que eletrodos pertencentes a uma mesma classe, porém fabricados por diferentes produtores e, portanto, com diferentes proporções, ou até mesmo diversos compostos químicos, absorvem a umidade da atmosfera em diferentes taxas.

4.1.15 Tipos de Eletrodos Revestidos

Em geral, um consumível é adequadamente escolhido quando as propriedades mecânicas e metalúrgicas do metal de solda depositado são compatíveis com as do material de base. Devem-se também levar em consideração as características operacionais da junta para que sejam as melhores possíveis para as condições do serviço proposto e que a soldagem seja realizada pelo menor custo.

É fundamental que o material de base seja bem conhecido (composição química e espessura), visto que o mesmo é um dos fatores que define as temperaturas de pré e pós-aquecimento a serem adotadas.

4.1.15.1 Edificações AWS para Eletrodos Revestidos

A AWS - American Welding Society (Sociedade Americana de Soldagem - o equivalente à nossa Associação Brasileira de Soldagem) criou um padrão para a identificação dos eletrodos revestidos que é aceito, ou pelo menos conhecido, em quase todo o mundo. Devido a simplicidade, e talvez o pioneirismo, esta é a especificação mais utilizada no mundo atualmente para identificar eletrodos revestidos.

Estas especificações são numeradas de acordo com o material que se pretende classificar.

Os principais consumíveis existentes para o processo SMAW são:

- Eletrodos revestidos para aço carbono – A5.1;
- Eletrodos revestidos para aço de baixa liga – A5.5;
- Eletrodos revestidos para aço inoxidável – A5.4;
- Eletrodos revestidos para níquel e suas ligas – A5.11;
- Eletrodos revestidos para cobre e suas ligas – A5.6;
- Eletrodos revestidos para ferro fundido – A5.15;
- Eletrodos revestidos para revestimentos protetores.

4.1.15.2 Eletrodos Revestidos para Aço Carbono – A5.1

Os consumíveis para soldagem dos aços carbono, segundo a AWS – *American Welding Society* – recebem a seguinte classificação:

4.1.15.3 AWS E XXXX

A letra E simboliza eletrodo revestido. Os dois dígitos seguintes representam a mínima resistência à tração do metal de solda multiplicada por 1.000 psi e as demais propriedades mecânicas de acordo com a especificação. O penúltimo dígito determina as posições de soldagem: 1 para todas as posições; 2 para as posições plana e horizontal e 4 somente para a posição plana. O último dígito indica o tipo de revestimento (0 e 1, celulósico; 2 a 4, rutílico; 5 a 8, básico; 9 óxido de ferro), corrente e demais características operacionais do eletrodo. Pode ser acrescentada a

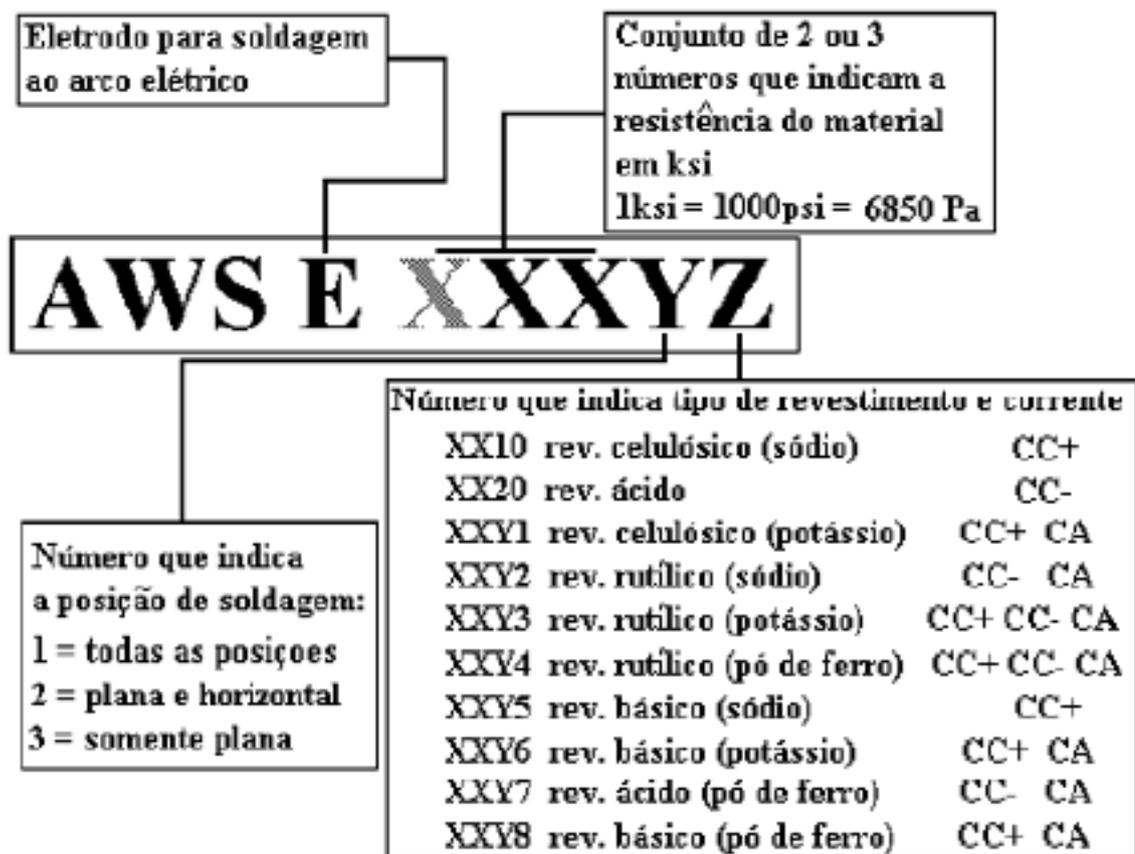
letra “M” no final da codificação do consumível, indicando que o este atende a maioria das especificações militares (seguindo os padrões norte-americanos – EUA).

Atualmente, este acréscimo é visto no eletrodo E7018M. Opcionalmente, ainda podem existir os sufixos “1” e “HZ”. O primeiro é usado para designar os eletrodos que oferecem maior tenacidade (E7016-

1 e E7018-1) e, no caso do E7024-1, também ductilidade. O segundo é usado para aqueles eletrodos que garantem um dado nível médio de hidrogênio difusível no metal de solda, em teste padronizado, onde “Z” pode ser 4, 8 ou 16 ml de H₂ por 100g de metal de solda depositado.

A **Fonte**: explica a significado da codificação dos eletrodos revestidos.

Figura19 – Codificação de eletrodo revestido.



Fonte: ASME II PARTE C (2013) .

Tabela 3 – Características operacionais de eletrodos revestidos para aço carbono.

Classificação AWS	Tipo de revestimento Característica	Aglomerante (silicato de)	Tipo de corrente	Penetração relativa	Taxa de deposição relativa	Quantidade relativa da escória
E6010	Celulósico	Sódio	CCEP	Alta	Baixa	Fina
E6020	Celulósico Óxido de ferro	sódio	CA, CC	Média	Média	Fina
E6011	Celulósico	Potássio	CA, CCEP	Alta	Baixa	Fina
E6012	Rutilico	Sódio	CA, CC	Média	Baixa	Grossa
E6022	Rutilico Óxido de ferro	Potássio	CA, CC	Média	Alta	Fina
E6013	Rutilico	Potássio	CA, CC	Pequena	Baixa	Média
E7014	Rutilico Pó de ferro	Potássio	CA, CC	Pequena	Média	Média
E7024	Rutilico, Pó de ferro	Potássio-sódio	CA, CC	Pequena	Alta	Média
E7015	Básico, Baixo Hidrogênio	Sódio	CCEP	Média	Baixa	Média
E7016	Básico, Baixo Hidrogênio	Potássio	CA, CCEP	Média	Baixa	Média
E6027	Básico, Óxido e Pó de ferro	Potássio	CA, CC	Média	Alta	Grossa
E7027	Básico, Óxido e Pó de ferro	Sódio	CA, CC	Média	Alta	Grossa
E7018	Básico, Baixo hidrogênio, Pó de ferro	Potássio	CA, CCEP	Média	Média	Média
E7016M	Básico, Baixo hidrogênio, Pó de ferro	Potássio	CCEP	Média	Média	Média
E7028	Básico, Baixo hidrogênio, Pó de ferro	Potássio	CA, CCEP	Média	Alta	Média
E7048	Básico, Baixo hidrogênio, Pó de ferro	Potássio	CA, CCEP	Média	Média	Média
E6019	Rutilico Óxido de ferro	Potássio	CA, CC	Média	Média	Média

Fonte: ASME II PARTE C (2013) .

É comum que nos catálogos de fabricantes de eletrodos revestidos que as informações típicas de cada eletrodo venham especificado. Estas informações incluem, normalmente: composição química típica do metal depositado; principais aplicações; propriedades mecânicas do metal depositado; posição de soldagem; tipo de corrente e polaridade; faixa de tensão; e faixa de corrente em função do diâmetro do eletrodo. Se a soldagem for realizada na posição vertical ascendente, a corrente deve ser mantida próxima ao limite inferior do intervalo apresentado na **Tabela 4**.

Tabela 4 – Intervalos típicos de corrente em função do diâmetro e da classe de eletrodos revestidos para soldagem de aços carbono .

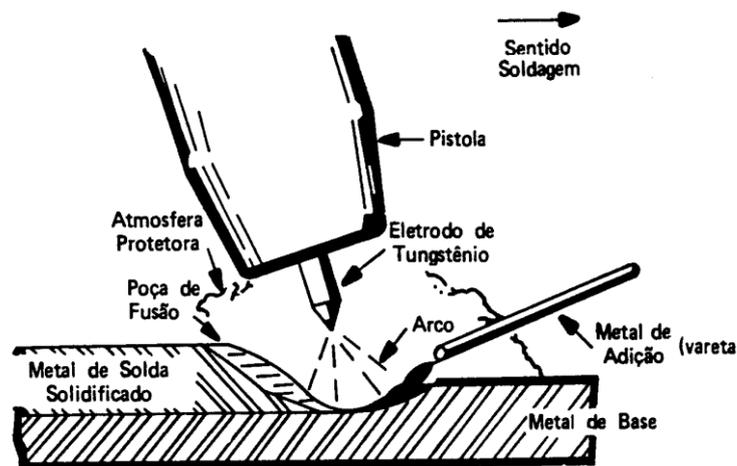
Eletrodo	Diâmetro do eletrodo (mm)								
	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	4,8	5,6	6,4	8,0
E6010, E6011	-	-	40-80	75-125	110-170	140-215	170-250	210-320	275-425
E6012	20-40	25-60	35-85	80-140	110-190	140-240	200-320	250-400	390-500
E6013	20-40	25-60	45-90	80-130	105-180	150-230	210-300	250-350	320-430
E6020	-	-	-	100-150	130-190	175-250	225-310	275-375	340-450
E6022	-	-	-	110-160	140-190	170-400	370-520	-	-
E6027, E7027	-	-	-	125-165	160-240	210-300	250-350	300-420	375-475
E7014	-	-	80-125	110-160	150-210	200-275	260-340	330-415	390-500
E7015, E7016, E7016-1	-	-	65-110	100-150	140-200	180-255	240-320	300-390	375-475
E7018, E7018-1	-	-	70-100	115-165	150-220	200-275	260-340	315-400	375-470
E7024-1 E7024, E7028	-	-	100-145	140-190	180-250	230-305	275-365	335-430	420-525
E7048	-	-	-	80-140	150-220	210-270	-	-	-

Fonte: ASME II PARTE C (2013) .

4.2 Processo de Soldagem com TIG (GTAW)

- SOLDAGEM TIG (GAS TUNGSTEN ARC WELDING - GTAW)
- FUNDAMENTOS DO PROCESSO
- Soldagem TIG é a união de metais pelo aquecimento destes com um arco entre um eletrodo de tungstênio não consumível e a peça.
- A proteção durante a soldagem é conseguida com um gás inerte ou mistura de gases inertes, que também tem a função de transmitir a corrente elétrica quando ionizados durante o processo. A soldagem pode ser feita com ou sem metal de adição. Quando é feita com metal de adição, ele não é transferido através do arco, mas é fundido pelo arco. O eletrodo que conduz a corrente é um arame de tungstênio puro ou liga deste material

Figura 20 – Esquemático do Processo TIG



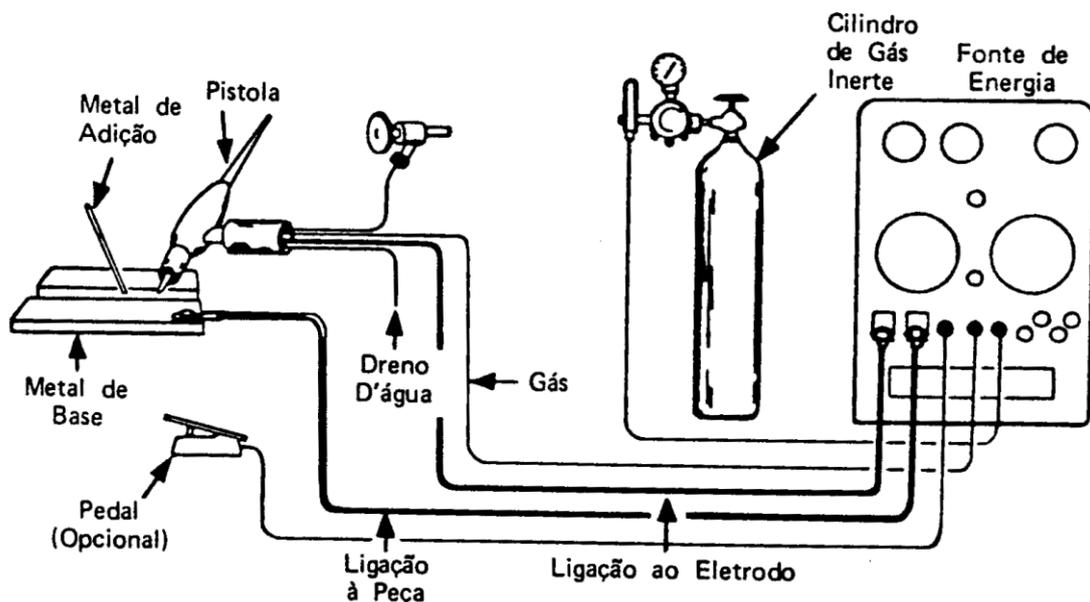
Fonte: Apostila FBTS (2012)

- A área do arco é protegida da contaminação atmosférica pelo gás protetor, que flui do bico da pistola. O gás remove o ar, eliminando nitrogênio, oxigênio e hidrogênio de contato com o metal fundido e com o eletrodo de tungstênio aquecido. Há um pouco ou nenhum salpico e é uniforme, requerendo pouco ou nenhum acabamento posterior.
- A soldagem TIG pode ser usada para executar soldas de alta qualidade na maioria dos metais e ligas. Não há nenhuma escória e o processo pode ser usado em todas as posições. Este processo é o mais lento dos processos manuais.
- EQUIPAMENTO DE SOLDAGEM
- -A soldagem TIG é usualmente um processo manual, mas pode ser mecanizado e até mesmo automatizado. O equipamento necessita ter:
 - (1) Um porta eletrodo com passagem de gás e um bico para direcionar o gás protetor ao redor do arco e um mecanismo de garra para energizar e conter um eletrodo de tungstênio, denominado pistola
 - (2) Um suprimento de gás protetor;
 - (3) Um fluxímetro e regulador-reductor de pressão do gás
 - (4) Urna fonte de energia
 - (5) Um suprimento de água de refrigeração, se a pistola é refrigerada a água.
- As variáveis que mais afetam neste processo são as variáveis elétricas (corrente, tensão e características da fonte de energia). Elas afetam na

quantidade, distribuição e no controle de calor produzido pelo arco e também desempenham um papel importante na estabilidade do arco e na remoção do óxido refratário da superfície de alguns metais.

- Os eletrodos de tungstênio usados na soldagem TIG são de várias classificações e os requisitos destes são dados na norma AWS A 5.12. temos:
 - (1) Tungstênio puro (EWP).
 - (2) Tungstênio com 1,0 ou 2,0% de tório (EWTh-1, EWTh-2).
 - (3) Tungstênio com 0,15 a 0,4% de Zircônio (EWZr).
 - (4) Eletrodo de tungstênio com uma tira integral longitudinal, de tungstênio com 2% de tório, em todo o seu comprimento (EWTh-3).
- A adição de tório e zircônio ao tungstênio, permite a este, emitir elétrons mais facilmente quando aquecido. A Fig. 5.8 ilustra o equipamento necessário para o processo TIG.

Figura 21 – Diagrama de Soldagem GTAW



Fonte: Apostila FBTS (2012)

- TIPOS E FUNÇÕES DE CONSUMÍVEIS: Metais de adição e Gases.
- Uma ampla variedade de metais e ligas estão disponíveis para utilização como metais de adição no processo de soldagem TIG.

- Os metais de adição, se utilizados, normalmente são similares ao metal que está sendo soldado.
- Os gases de proteção mais comumente usados para soldagem TIG são argônio, hélio ou uma mistura destes dois gases. O argônio é muitas vezes preferido em relação ao hélio por que apresenta varias vantagens:
 - (1) Ação do arco mais suave e sem turbulências.
 - (2) Menor tensão no arco para uma dada corrente e comprimento de arco.
 - (3) Maior ação de limpeza na soldagem de materiais como alumínio e magnésio, em corrente alternada.
 - (4) Menor custo e maior disponibilidade.
 - (5) Menor vazão de gás para uma boa proteção.
 - (6) Melhor resistência a corrente de ar transversal.
 - (7) Mais fácil a iniciação do arco.
- Por outro lado, o hélio usado como gás protetor, resulta em tensão de arco mais alto para um dado comprimento de arco e corrente em relação a argônio, produzindo mais calor, e assim é mais efetivo para soldagem de materiais espessos (especialmente metais de alta condutividade, tal como alumínio). Entretanto, visto que a densidade do hélio é menor que a do argônio, usualmente são necessárias maiores vazões de gás para se obter um bom arco e uma proteção adequada da poça de fusão.
- **CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES DE SOLDAGEM.**
- A soldagem TIG é um processo bastante adequado para espessuras finas dado ao excelente controle da fonte de calor. A fonte de calor e o metal de adição são controlados separadamente. O processo pode ser aplicado em locais que não necessitam de metal de adição.
- Este processo pode também unir paredes espessas de chapas e tubos de aço e de ligas metálicas.
- É usado tanto para soldar tubos de metais ferrosos como de não ferrosos. Os passes de raiz de tubulações de aço carbono e aço inoxidável, especialmente aquelas de aplicações críticas, são freqüentemente soldadas pelo processo TIG.
- Embora a soldagem TIG tenha um alto custo inicial e baixa produtividade, estes são compensados pela possibilidade de se soldar muitos tipos de

metais, de espessuras e em posições não possíveis por outros processos, bem como pela obtenção de soldas de alta qualidade e resistência.

- A soldagem TIG prontamente possibilita soldar alumínio, magnésio, titânio, cobre e aços inoxidáveis, como também metais de soldagem difícil e outros de soldagem relativamente fácil como os aços carbono.
- Alguns metais podem ser soldados em todas as posições, dependendo da corrente de soldagem e da habilidade do soldador.
- A corrente usada com a soldagem TIG pode ser alternada ou contínua. Com a corrente contínua pode-se usar polaridade direta ou inversa. Entretanto, visto que a polaridade direta produz o mínimo de aquecimento no eletrodo e o máximo de aquecimento no metal de base, eletrodos menores podem ser usados, obtendo-se profundidade de penetração ainda maior do que a obtida com polaridade inversa ou com corrente alternada.
- Quando se deseja baixa penetração como na soldagem de chapas finas de alumínio, deve-se optar pela situação que leva ao aquecimento mínimo do metal de base, usando-se a polaridade inversa ou corrente alternada, que é a mais usada.
- Apesar das vantagens citadas, é conveniente lembrar que a soldagem TIG, para ser bem sucedida, requer uma excepcional limpeza das juntas a serem soldadas e um treinamento extenso do soldador.
- Uma consideração que se deve ter em mente é o ângulo do cone da ponta do eletrodo de tungstênio, pois a conicidade afeta a penetração da solda.
- Se a curvatura da extremidade for diminuída (ponta mais aguda) a largura do cordão tende a reduzir-se e a penetração aumenta. Contudo, se a ponta tornar-se aguda demais a densidade de corrente aumenta na ponta, e a extremidade desta pode atingir temperaturas superiores ao ponto de fusão do eletrodo
- quando então irá se desprender do eletrodo e fazer parte da poça de fusão, constituindo após sua solidificação numa inclusão de tungstênio da solda.
- A faixa de espessura para soldagem TIG (dependendo do tipo de corrente, tamanho do eletrodo, diâmetro do arame, metal de base, e gás escolhido) vai de 0,1 mm a 50 mm. Quando a espessura excede a 5 mm, precauções

devem ser tomadas para controlar o aumento de temperatura, na soldagem multipasse.

- A taxa de deposição, dependendo dos mesmos fatores listados para espessura, pode variar de 0,2 a 1,3 kg/h.
- **PREPARAÇÃO E LIMPEZA DAS JUNTAS**
- A preparação e limpeza das juntas para a soldagem TIG requerem todos os cuidados exigidos para a soldagem com eletrodo revestido e mais:
 - - a limpeza do chanfro e bordas deve ser ao metal brilhante, numa faixa de 10 mm, pelos lados interno e externo.
 - - quando da deposição da raiz da solda deve ser empregada a proteção, por meio de gás inerte, pelo outro lado da peça.
- **DESCONTINUIDADES INDUZIDAS PELO PROCESSO**
- A menos da inclusão de escória, a maioria das descontinuidades listadas para os outros processos de soldagem pode ser encontrada na soldagem TIG. É importante saber que:
 - (1) Falta de Fusão - pode acontecer se usarmos uma técnica de soldagem inadequada. A penetração do arco na soldagem TIG é relativamente pequena. Por esta razão, para a soldagem TIG devem ser especificadas juntas adequadas ao processo.
 - (2) Inclusões de Tungstênio - podem resultar de um contato acidental do eletrodo de tungstênio com a poça de fusão: a extremidade quente do eletrodo de tungstênio pode fundir-se, transformando-se numa gota de tungstênio que é transferida à poça de fusão, produzindo assim uma inclusão de tungstênio na solda. A aceitabilidade ou não dessas inclusões depende do código que rege o serviço que está sendo executado.
 - (3) Porosidade - pode ocorrer devido a uma limpeza inadequada do chanfro ou a impurezas contidas no metal de base.
 - (4) Trincas - na soldagem TIG normalmente são devidas à fissuração a quente. Trincas longitudinais ocorrem em depósitos feitos em alta velocidade. Trincas de Cratera, na maioria das vezes, são devidas a correntes de soldagem impróprias. As trincas devidas ao hidrogênio (fissuração a frio), quando aparecem, são decorrentes de umidade no gás inerte.
- **CONDIÇÕES DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL**

- Na soldagem TIG a quantidade de radiação ultravioleta liberada é bastante grande. Partes da pele diretamente expostas a tais radiações queimam-se rapidamente, o que exige precauções; a proteção da vista é fundamental. Outro aspecto dessas radiações é sua capacidade de decompor solventes, com a liberação de gases bastante tóxicos. Daí, em ambientes confinados, devemos cuidar para que não haja solventes nas imediações.
- A Fig. 22 contém resumidamente algumas das informações mais importantes sobre a soldagem TIG.

Figura 22 – Informações resumida do Processo GTAW

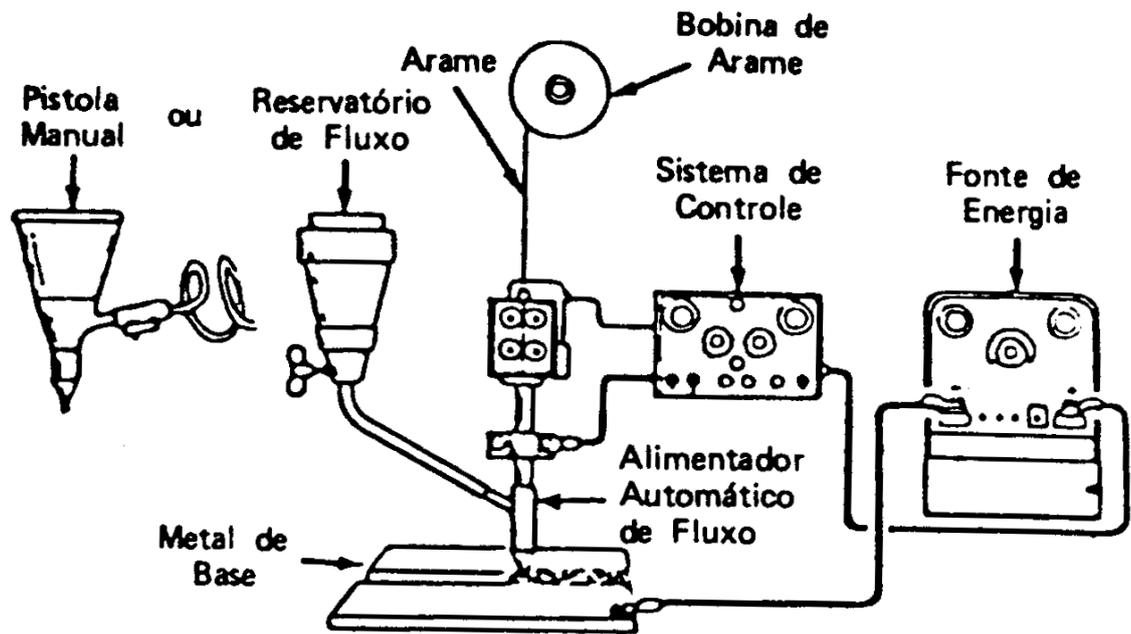
TIPO DE OPERAÇÃO: Manual ou Automática	EQUIPAMENTOS: Retificador, gerador, transformador, pistola.
CUSTO DO EQUIPAMENTO: 1,5 (Manual) a 10 (Automático) (Sold. c/eletr. revestido = 1)	Cilindros de Gases – equipamentos de deslocamento automático.
CARACTERÍSTICAS: TAXA DE DEPOSIÇÃO: 0,2 a 1,3 kg/h ESPESSURAS SOLDADAS: 0,1 mm a 50mm POSIÇÕES: Todas TIPOS DE JUNTAS: Todas DILUIÇÃO: Com M.Adição = 2 a 20% Sem M.Adição = 100% FAIXA DE CORRENTE: 10 a 400A	CONSUMÍVEIS: Varetas Gases
APLICAÇÕES TÍPICAS NA INDÚSTRIA DO PETRÓLEO E PETROQUÍMICA: Soldagem do 1º passe de tubulações de aços liga, aços inoxidáveis e ligas de níquel. Soldagem de equipamentos de Al, Ti e ligas de Ni. Soldagem de tubos ao espelho de permutadores de calor. Soldagem de internos de reatores de urânio em aço inoxidável e Ti.	
VANTAGENS: – Produz as soldas de melhor qualidade.	LIMITAÇÕES: – Baixa taxa de deposição. – Requer soldadores muito bem treinados.
SEGURANÇA: Emissão intensa de radiação ultravioleta.	

4.3 Processo de Soldagem ao Arco Submerso (SAW)

- 2. SOLDAGEM A ARCO SUBMERSO (SUBMERGED ARC WELDING - SAW)
- -FUNDAMENTOS DO PROCESSO:
- Soldagem a arco submerso (SAW) une metais pelo aquecimento destes com um arco elétrico (ou arcos), entre um eletrodo nu (ou vários eletrodos) e o metal de base. O arco está submerso e coberto por uma camada de material granular fusível que é conhecido por fluxo; portanto o regime de fusão é misto por efeito joule e por arco elétrico. Dispositivos automáticos asseguram a alimentação do eletrodo (ou dos eletrodos) a uma velocidade conveniente de tal forma que sua ou suas extremidades mergulhem constantemente no banho de fluxo em fusão. A movimentação do arame em relação à peça faz progredir passo a passo o banho de fusão que se encontra sempre coberto e protegido por uma escória que é formada pelo fluxo e impurezas.
- Uma vantagem da soldagem a arco submerso é sua alta penetração. Também, a taxa de deposição alta reduz a energia total de soldagem da junta. Soldas que necessitam de vários passes no processo de soldagem com eletrodo revestido, podem ser depositadas num só passe pelo processo a arco submerso. A Fig. 5.4 mostra este processo.
- Neste processo o soldador ou o operador de solda não necessita usar um capacete ou máscara de proteção. O profissional não pode ver o arco elétrico através do fluxo e tem dificuldades de acertar a direção do arco quando se perde o curso.
- Devido ao arco estar oculto da vista e requerer um sistema de locação de curso, o processo de soldagem a arco submerso tem flexibilidades limitadas. Mas, isto é compensado por diversas vantagens, tais como:
 - (1) Alta qualidade da solda e resistência.
 - (2) Taxa de deposição e velocidade de deslocamento extremamente altas.
 - (3) Nenhum arco de soldagem visível, minimizando requisitos de proteção.
 - (4) Pouca fumaça.
 - (5) Facilmente automatizável, reduzindo a necessidade de operadores habilidosos.

- O processo de soldagem a arco submerso também solda uma faixa ampla de espessuras, e a maioria dos aços, ferríticos e austeníticos.
- Uma utilidade do processo de soldagem a arco submerso está na soldagem de chapas espessas de aços, por exemplo vasos de pressão, tanques, tubos de diâmetros grandes e vigas.
- EQUIPAMENTO DE SOLDAGEM.
- A soldagem a arco submerso, é um processo automático ou semi-automático em que a alimentação do eletrodo nu e o comprimento do arco são controlados pelo alimentador de arame e pela fonte de energia. No processo automático, um mecanismo de avanço movimenta tanto o alimentador de fluxo como a peça, e normalmente um sistema de recuperação do fluxo recircula o fluxo granular não utilizado (ver Fig. 23).

Figura 23 - Diagrama de Soldagem para processo SAW



Fonte: Apostila FBTS (2012)

- A fonte de energia para a soldagem a arco submerso pode ser uma das seguintes:
- Uma tensão variável de gerador CC ou retificador.
- Uma tensão contínua de gerador CC ou retificador.

- Um transformador de CA.
- Estas fontes de energia fornecerão as altas correntes de trabalho. A maioria da soldagem é feita numa faixa de 400 a 1500A.
- A soldagem com corrente contínua permite melhor controle do formato do cordão de solda, da profundidade de penetração e da velocidade de soldagem. Corrente contínua, polaridade direta é melhor para a estabilidade do arco, e o resultado é o melhor controle do formato do cordão de solda. Taxas de deposição mais altas são obtidas também com corrente contínua, polaridade direta, mas a penetração é baixa nesta situação.
- A corrente alternada produz uma penetração entre as da corrente contínua, polaridade inversa e da corrente contínua, polaridade direta, e tem a vantagem de reduzir o sopro magnético (deflexão do arco, de seu percurso normal, devido a forças magnéticas).
- Os eletrodos de soldagem a arco submerso, tem usualmente composição química muito similar à composição do metal de base.
- Fluxos para soldagem a arco submerso também alteram a composição química da solda e influenciam em suas propriedades mecânicas. As características do fluxo são similares às dos revestimentos usados no processo SMAW. Os diferentes tipos de fluxo estão listados a seguir:
 - (1) fundido
 - (2) aglutinado
 - (3) **aglomerado**
 - (4) mecanicamente misturado.
- A composição da solda é alterada por fatores como as reações químicas do metal de base com elementos do eletrodo e do fluxo, e elementos de liga adicionados através do fluxo.
- A possibilidade que o processo apresenta de se utilizar várias combinações arame-fluxo, pois ambos são individuais, dá ao processo grande flexibilidade para se alcançar as propriedades desejadas para a solda.
- CONTROLE DO PROCESSO:
- As observações seguintes são importantes para que se tenha domínio sobre a técnica da soldagem a arco submerso:

- a) A utilização de eletrodo de alto Mn com fluxo também de alto Mn resulta em solda sem porosidade, porém, implica em metal de solda com excesso de Mn na sua composição química e com dureza elevada. Eletrodo de baixo Mn com fluxo de baixo Mn resulta em solda com porosidade. As soldas com dureza elevada - excesso de Mn - não apresentam porosidade, mas sim trincas. Estas normalmente não aparecem logo após a soldagem e são de difícil detecção. O ideal é o uso de eletrodo de alto (baixo) Mn com fluxo de baixo (alto) Mn.
- b) Tensão de soldagem maior conduz a um maior comprimento do arco elétrico. A quantidade de material que se funde é maior.
- c) Fluxos de alto ou médio teor de Mn acompanhados de descontroles da tensão de alimentação da máquina produzem pontos de solda com excesso de Mn. São os pontos duros ou "hard spots". Podemos ter também uma solda dura de ponta a ponta ou "hard weld".
- **CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES DE SOLDAGEM.**
- A soldagem a arco submerso pode ser usada para muitas aplicações industriais, que incluem fabricação de navios, fabricação de elementos estruturais, etc. O processo pode ser usado para soldar seções finas, bem como seções espessas (5 mm até acima de 200 mm). O processo é usado principalmente nos aços carbono, de baixa liga e inoxidáveis. Ele não é adequado para todos metais e ligas. A seguir estão listadas as várias classes de metal de base que podem ser soldados por esse processo:
 - (1) Aço carbono com até 0,29% C.
 - (2) Aços carbonos tratados termicamente (normalizados ou temperados - revenidos).
 - (3) Aços de baixa liga, temperados e revenidos, com limite de escoamento até 700 MPa (100.000 psi).
 - (4) Aços cromo-molibdênio (1/2% a 9% Cr e 1/2% a 1% Mo).
 - (5) Aços inoxidáveis austeníticos.
 - (6) Níquel e ligas de Níquel.
- A maioria da soldagem a arco submerso é feita na posição plana, com pouca aplicação na posição horizontal em ângulo.

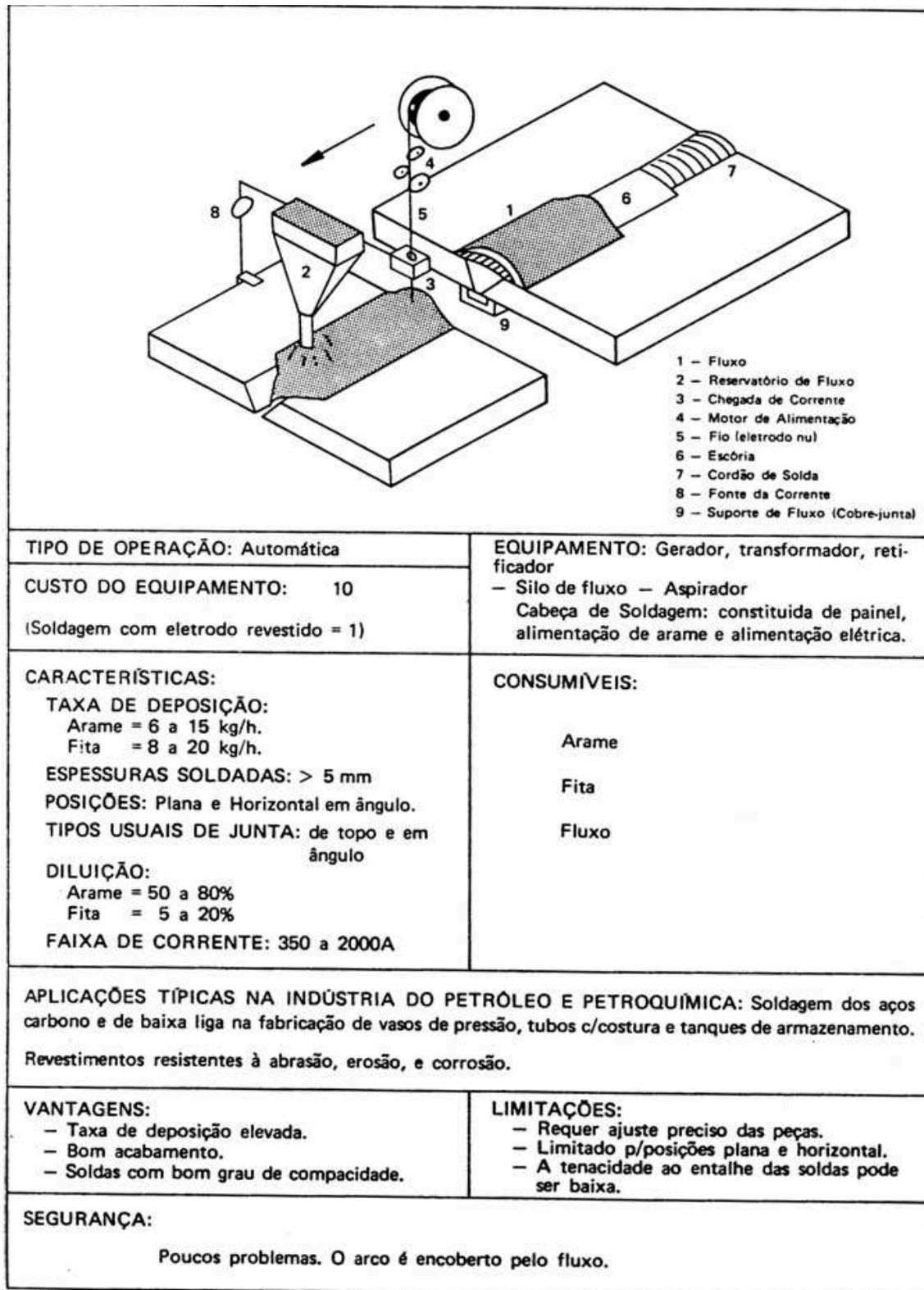
- Soldas executadas com este processo usualmente tem boa ductilidade, alta tenacidade ao entalhe, contém baixo nitrogênio, alta resistência à corrosão e propriedades que são no mínimo iguais às aquelas que são encontradas no metal de base.
- Por este processo pode-se executar soldas de topo, em ângulo, de tampão, e também fazer deposições superficiais no metal de base (revestimento). Na soldagem de juntas de topo com raiz aberta, um cobre-junta é utilizado para suportar o metal fundido. Na soldagem de revestimento para prover de propriedades desejadas urna superfície, por exemplo, resistência a corrosão ou erosão, o metal de adição usado é normalmente uma fita.
- A taxa de deposição pode variar de 0,5 kg/h, usando processos semi-automáticos, até um máximo aproximado de 85 kg/h, quando se usa processos automáticos com vários arcos conjugados (TANDEN ou TWIN ARC).
- PREPARAÇÃO E LIMPEZA DA JUNTA.
- A limpeza da junta e o alinhamento da máquina com a junta são particularmente importantes na soldagem a arco submerso.
- No que se refere à limpeza, qualquer resíduo de contaminação não removido pode redundar em porosidade e inclusões. Portanto, prevalecem, para a soldagem a arco submerso, todas as recomendações feitas para a soldagem com eletrodo revestido, quais sejam:
 - - as peças a serem soldadas devem estar isentas de óleo, graxa, ferrugem, resíduos do exame por líquido penetrante, areia e fuligem do pré-aquecimento a gás, numa faixa de no mínimo 20 mm de cada lado das bordas, e desmagnetizadas.
 - - as irregularidades e escória do oxi-corte devem ser removidas, no mínimo, por esmerilhamento.
 - - os depósitos de carbono, escória e cobre resultantes do corte com eletrodo de carvão devem ser removidos.
- O alinhamento máquina/junta incorreto resulta em falta de penetração e falta de fusão na raiz. Se a soldagem é com alto grau de restrição, trincas também podem surgir devido ao alinhamento defeituoso.
- DESCONTINUIDADES INDUZIDAS PELO PROCESSO

- Na soldagem a arco submerso, a exemplo da soldagem com eletrodo revestido, pode ocorrer quase todo tipo de descontinuidade, pelo menos as mais comuns. Vejamos alguns aspectos principais:
- (1) Falta de Fusão - pode ocorrer no caso de um cordão espesso executado em um único passe ou em soldagens muito rápidas, ou seja, nos casos de baixa energia de soldagem.
- (2) Falta de Penetração - como já citamos anteriormente, a falta de penetração, quando acontece, é devida a um alinhamento incorreto da máquina de solda com a junta a ser soldada.
- (3) Inclusão de Escória - pode ocorrer quando a remoção de escória, na soldagem em vários passes, não for perfeita. Devemos cuidar para que toda a escória seja removida, atentando que existem regiões onde esta operação é mais difícil: a região entre passes e aquela entre o passe e o chanfro executado no metal de base.
- (4) Mordedura - acontecem com certa freqüência na soldagem a arco submerso, quando a soldagem processa-se rapidamente.
- (5) Porosidade - ocorre com freqüência, tendo como causas principais a alta velocidade de avanço da máquina e o resfriamento rápido da solda. São bolhas de gás retidas sob a escória.
- Podemos eliminar a porosidade mudando a granulação (finos em maior quantidade) ou a composição do fluxo. Outros meios de evitar porosidades são: limpeza adequada da junta, diminuição da velocidade de avanço da máquina e utilização de arames com maior teor de desoxidantes (Si ou Mn).
- (6) Trinca - na soldagem a arco submerso podem ocorrer trincas em elevadas temperaturas ou em temperaturas baixas. Trincas de Cratera ocorrem normalmente na soldagem a arco submerso, a não ser que o operador tenha uma perfeita técnica de enchimento de cratera. Na prática utilizamos chapas apêndices (run-off tabs) para deslocar o início e o fim da operação de soldagem para fora das peças que estão sendo efetivamente soldadas. Trincas na Garganta ocorrem em pequenos cordões de solda entre peças robustas. São típicas de soldagem com elevado grau de restrição. Trincas na Margem e Trincas na Raiz muitas vezes ocorrem algum tempo após a

operação de soldagem e, neste caso, são devidas ao hidrogênio. Frequentemente a causa é umidade no fluxo.

- Duplas laminações, lascas e dobras no metal de base podem conduzir a trincas na soldagem a arco submerso. Tais descontinuidades apresentam-se sob a forma de entalhes que tendem a iniciar trincas no metal de solda. Duplas laminações associadas às altas tensões de soldagem podem redundar em trinca interlamelar.
- CONDIÇÕES DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL
- Como o arco é submerso, invisível, a soldagem é normalmente executada sem fumos, projeções e outros inconvenientes comumente verificados em outros processos de soldagem a arco elétrico. Daí, não necessitamos de capacetes e outros dispositivos de proteção a não ser dos óculos de segurança. Eles devem ser escuros para proteção contra clarões no caso de, inadvertidamente, ocorrer a abertura de arco sem fluxo de cobertura.
- A soldagem a arco submerso pode produzir fumos e gases tóxicos. É sempre conveniente cuidar por uma ventilação adequada do local de soldagem, especialmente no caso de áreas confinadas.
- O operador e outras pessoas relacionadas com a operação do equipamento de soldagem devem estar familiarizados com as instruções de operação do fabricante. Particular atenção deve ser dada às informações de precaução contidas no manual de operação.
- A Fig. 5.6 contém resumidamente, algumas informações mais importantes sobre a soldagem a arco submerso.

Figura 24 – informações resumidas do Processo SAW



Fonte: Apostila FBTS (2012)

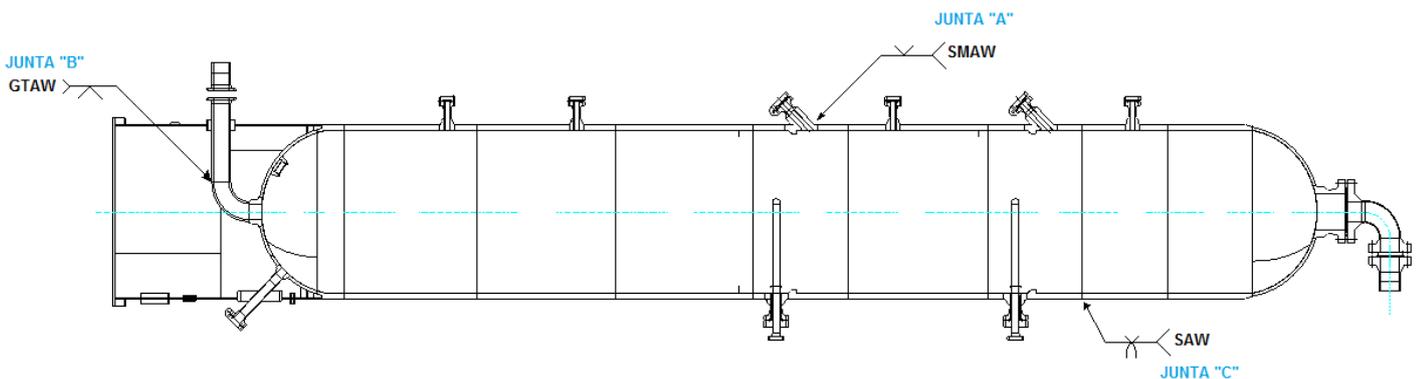
5 CONDIÇÕES PARA QUALIFICAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS

A partir do conhecimento dos requisitos definidos no projeto do Reator, tais como temperatura de projeto, especificação dos metais de base, propriedades mecânicas dos materiais, dimensões, requisitos das normas envolvidas e também dos recursos que o fabricante possui tais como equipamentos de soldagem, a Engenharia de soldagem começa a planejar e definir os procedimentos adequados para requisição de consumíveis de soldagem, qualificação dos procedimentos de soldagem, elaboração de um plano de tratamento térmico e estabelece um plano de soldagem.

5.1 Qualificação do Procedimento de Soldagem

Neste trabalho como descrito anteriormente iremos adotar 03 juntas distintas do Reator para qualificar o procedimento de soldagem e para cada junta iremos adotar um processo de soldagem, os quais serão qualificados individualmente, abaixo na figura 25 mostra as juntas para qual iremos qualificar o procedimento de soldagem

Figura 25 – Juntas para quais a EPS será qualificada



Fonte: Desenho de Projeto PB-REPLAN (2012)

5.1.1 Definições para Qualificação

A qualificação destes procedimentos de Soldagem (EPS) se basearam na norma ASME e Especificação Técnica Petrobras, na norma ASME trabalhamos com variáveis de soldagem que se define em variáveis essenciais e não essenciais

❖ Variáveis Essenciais

Mudança em uma condição de soldagem que afetará as propriedades mecânicas da solda. Todas as variáveis que ao serem mudadas modificam as técnicas operatórias ou as competências para a execução (Soldador), implicando a realização de um novo exame de Certificação.

✓ Exemplos

- Material base, tipo, espessura e \varnothing ;
- Material de adição, tipo;
- Processo de Soldagem;
- Tipo de União;
- Posição de Soldagem; e
- Condições de Execução.

❖ Variáveis Não Essenciais

Mudança em uma condição de soldagem que não afetará as propriedades mecânicas. Todas as variáveis que ao serem alteradas NÃO obrigam à modificação das técnicas operatórias ou as competências para a execução (Soldador), NÃO implicando em realizar um novo exame de Certificação.

✓ Exemplos

- Tipo de chanfro;
- Diâmetro do consumível; e
- Tipo de passe.

(ASME IX – 2013)

Neste trabalho não iremos abordar cada variável da qualificação e sim a seguir mostraremos os resultados obtidos dos procedimentos de soldagem qualificados através da EPS e QPS que servirão de base para soldagem no equipamento e elaboração do Plano de Soldagem

Após a execução dos ensaios, os quais tiveram resultados satisfatório foi elaborada a EPS e QPS com identificação IIW 01, ver fig. 27 a 30.

Tabela 6 – Resumo dos testes mecânicos para qualificação da EPS

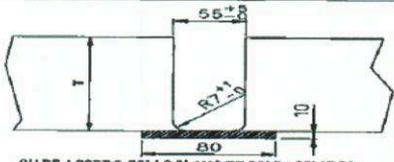
Tests	Location	Specimens / Extend			Heat Treatment	Acceptance Criteria
		Location	Orientation	Number		
Chemical Analysis	WM	1/2 t	NA	1 at each location	NA	According to paragraph 2.1.2
Room Temperature Tensile Test		deposited t ≤ 100 mm: 1/2 t	Transverse	1 at each location	Min and max SFPWHT	Minimum UTS, YS, Elongation and Reduction of area of the base metal
Design Temperature Tensile Test	WM	deposited t > 100mm: 1/2 t, 1/4 t and 3/8 t	Transverse	1 at each location	Min and max SFPWHT	Table Y-1 and 0.8 x Table U from ASME Sec II Part D
Bend Test		Side bend		4	Min and max SFPWHT	ASME Sec IX
Hardness test	HAZ + WM + BM	1/2 t and 2mm from each surface	Transverse and longitudinal lines	According to Figure 1	Min SFPWHT	230 HV10 for 1.25Cr-0.5Mo 240 HV10 for 2.25Cr-1Mo and 248 HV for 2.25Cr-1Mo-V
Macro / Micro examination	HAZ + WM + BM	1/2 t and 2mm from each surface	Transverse	Macro: 1 Micro: 3 at each location	Min and max SFPWHT	Free of defects Free of untempered martensite 2.25Cr-1Mo and 2.25Cr-1Mo-V shall be free of polygonal ferrite
Impact Test	HAZ + FL + WM	deposited t ≤ 100 mm: 1/2 t deposited t > 100mm: 1/2 t, 1/4 t and 3/8 t	Transverse	1 set of three specimens at each location	Min and max SFPWHT	At -18°C for 1.25Cr-0.5Mo At - 30°C for 2.25Cr-1Mo and 2.25Cr-1Mo-V ≥ 55J average ≥ 47J Individual
Step Cooling	HAZ + FL + WM	deposited t ≤ 100 mm: 1/2 t deposited t > 100mm: 1/2 t, 1/4 t and 3/8 t	Transverse	5 sets of three specimens at each location	Min SFPWHT and Min SFPWHT + SC	According to Annex A Shift value = (v Tr 40) + 2.5x (Δv Tr 40 Sc) ≤ 10°C

Fonte: I-ET-5000.00-0000-500-PPC-001 Rev.D (2009)

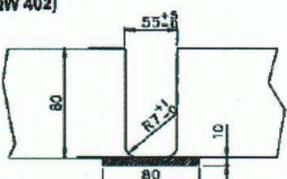
Tabela 6 – Resumo dos testes mecânicos para qualificação da EPS

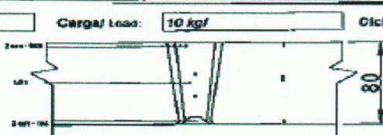
Segue abaixo a EPS e QPS IIW 01 qualificada para processo SMAW Fig.27 a 30

Figura 27 a 30 –EPS e QPS qualificada IIW01

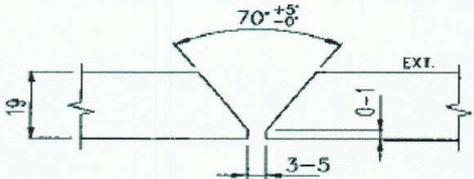
ENGENHARIA DE SOLDAGEM	ESPECIFICAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM		EPS/WPS	IIW 01
	WELDING PROCEDURE SPECIFICATION		Folha/Sheet	01/02
			Revisão:	0
			Revision	
PROCESSO DE SOLDAGEM: SMAW		POR: PSLP		
Welding Type: MANUAL		By:		
QPS No.:	IIW 01	DATA: 26/09/2011	ESPECIFICAÇÃO: ASME IX ED. 2007	
PQR No.(s)		Date:	E ET-5000.00-0000-500-PPC-001	
JUNTAS: TOPO	BACKING: NA	MATERIAL: NA		
Joints	Backing	MATERIAL:		
JUNTAS(QW 402) Joints		CROQUI DA JUNTA: Joint Sketch		
JUNTAS: DE TOPO/butt joint				
BACKING: SIM/YES				
MATERIAL: CHAPA - SA-542 Gr D CL 4a				
Material				
RETAINERS: N/A				
METAL DE BASE (QW 403) / Metal Base				
F Nr: 5C	S Nr: N/A	GRUPO Nr: 1	Por F Nr: 5C	S Nr: N/A
F Nr:	S Nr:	Group Nr:	TO P Nr:	S Nr:
ESPECIFICAÇÃO DO TIPO E GRAU: SA-542 Gr D CL4a / SA-336 Gr F22V		Aprovado Para Fabricação		
Specification type and grade				
POR ESPECIFICAÇÃO DO TIPO E GRAU: SA-542 Gr D CL4a / SA-336 Gr F22V				
To specification type and grade				
ANÁLISE QUÍMICA E PROPRIEDADE MECÂNICA: N/A				
Chemical analysis and mechanical property				
POR ANÁLISE QUÍM. E PROPRIEDADE MEC.: N/A				
To chemical analysis and mechanical property				
FAIXA DE ESPESURA DO METAL DE BASE / Thickness Range of Base Metal				
	Mín.	Máx.		
CHANFRE COM IMPACTO: 16 mm	203 mm	FILETE: ILIMITADA / UNLIMITED		
Groove With Impact	in	Fillet		
CHANFRE SEM IMPACTO: 5 mm	203 mm			
Groove Without Impact	in			
Outros: ESPESSURA MÁXIMA DE CADA PASSE: 13 mm / MAX. THICKNESS OF EACH WEL PASS: 1/2"				
Others:				
METAIS DE ADIÇÃO (QW 404) / Filler Metals				
F No.: 4	OUTROS: N/A	A No.: N/A	OUTROS: N/A	
F nr:	Others:	A nr:	Others:	
ESPECIFICAÇÃO No (SFA): 5.5	DIÂMETRO DOS METAIS DE SOLDA: 4,0 mm			
Specification nr. (SFA)	Size of filler metals			
CLASSIFIC. AWS No.: E-9015-G	TIPO-FLUXO: N/A			
AWS nr. (class.)	Flux Type			
CLASSIF. FLUXO-ARAME AWS N°: N/A	MARCA COMERCIAL DO FLUXO: N/A		ESCORIA REMOÍDA: N/A	
Wire X Flux-Classification AWS N°	Flux Trade Name		Recrushed Slag	
INSERTO CONSUMÍVEL: N/A	ELEMENTOS DE LIGA: N/A			
Consumable insert	Alloys Elements			
VARETA SÓLIDA OU ALMA METAL/TUBULAR COM FLUXO / PÓ-METÁLICO (GTAW): N/A				
Filler Metal Product Form: Bare Solid or Metal Cored, Flux Cored, Powder (GTAW):				
FAIXA DE ESPESURA DO METAL DE SOLDA DEPOSITADO: N/A	METAL DE ADIÇÃO SUPL.: N/A			
Thickness Range of Welded Metal	Supplemental Filler Metal			
CHANFRE: <= 203 mm	FILETE: ILIMITADA / UNLIMITED	Curto Circuito/short circuiting nrc: Limite/Limit	N/A	
Groove	Fillet			
OUTROS: MARCA COMERCIAL/trade mark: CROMO E225V - OERLIKON				
Others:				
POSIÇÕES (QW 405) / Positions		PRÉ-AQUECIMENTO(QW 406) / Preheat		
Posição(ões) do chanfro: TODAS / All	Temp. Pré-Aquec.: 180°C		(MÍN)	
Position(s) of groove	Temp. de Interpass: 200°C		(MÁX)	
Progressão de soldagem: Asc.: SIM/yes Desc.: N/A	Manutenção do Pré-Aquecimento: SIM/YES			
Welding Progression: Up Down	Maintenance preheat			
Posição(ões) do filete: TODAS/All	DURANTE A SOLDAGEM/ during the welding		PÓS AQUECIMENTO / DHT: 350°C / 04 horas	
Position(s) of fillet				
Inspeção de Soldagem Nível 2 (Welding Inspector Level 2)	Controle da Qualidade (Quality Control)	Cliente (Client)		
Data/Date: 26/09/2011	Data/Date:	Data/Date:		

ENGENHARIA DE SOLDAGEM		ESPECIFICAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM WELDING PROCEDURE SPECIFICATION		QPS/PQR				
				IIW 01				
				Folha/Sheet: 02/02				
				Revisão: 0				
Revision								
TRATAMENTO TÉRMICO (QW 407) / Postweld Heat Treatment								
<p>TEMPERATURA Temperature</p> <p>660°C ± 10 p/ 4 h (ISR) 705°C ± 10 p/ 8 h (PWHT)</p> <p>TEMPO Time</p>			SPWHT MINIMO: 01 CICLO ISR + 1 CICLO PWHT SPWHT MÁXIMO: 05 CICLOS ISR + 4 CICLOS PWHT OU DE ACORDO COM O PLANO DE TRATAMENTO TÉRMICO. OR IN ACC. TO THE PWHT PLAN					
GÁS (QW 408) / Gas								
	GÁS(ES) Gas(es)	COMPOSIÇÃO do GÁS / MISTURA: Gas/ Mixture Composition:	VAZAO: Flow rate:					
PROTEÇÃO: Shielding	N/A	N/A	N/A					
TRAILING: Trailing:	N/A	N/A	N/A					
BACKING Gas Backing	N/A	N/A	N/A					
CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS (QW 409) / Electrical Characteristics								
DIÂMETRO DO ELETRODO DE TUNGSTÊNIO E TIPO: N/A Tungsten electrode size and type								
MODO DE TRANSFERÊNCIA DE METAL (GMAW/FCAW): N/A Mode of Metal Transfer for GMAW								
FAIXA DE VELOCIDADE DE ALIMENTAÇÃO DO ARAME: N/A Wire feed speed range								
PROCESSO Process	CAMADAS Layers	MATERIAL DE ADIÇÃO Filler Metal		INTENSIDADE CORRENTE Current (A)	POLARIDADE Polarity	TENSÃO Tension (V)	VELOC. Speed Range CM/MIN	Calor Imposto (KJ/cm)MAX Heat Input
SAW	VARIAS VARIOUS	E-9015-G	4,0	140 - 210	CC(+)	22 - 28	10 - 30	21,8
OUTROS: N/A Others								
TÉCNICA (QW 410) / Technique								
FILETADO OU TRANÇADO: CORDÃO FILETADO/ (PASSE DE REVENIM./TEMPER BEAD:1@5mm) String or weave bead								
ORIFÍCIO OU TAMANHO DO FURO PARA SAÍDA DE GÁS: N/A Orifice or gas cup size								
MÉTODO DE LIMPEZA: ESCOVAGEM E/OU ESMERILHAMENTO / BRUSHING AND/OR GRINDING Method of cleaning								
MÉTODO DE GOIVAGEM: REMOÇÃO DO BACKING POR ARC AIR + ESMERILHAMENTO Method of back gouging								
OSCILAÇÃO: MÁX. 3 X DIAM. ALMA/core Oscillation								
DISTÂNCIA TUBO X PEÇA: N/A Stickout (Contact Tube to Work Distance)								
UM OU MÚLTIPLOS PASSES POR LADO: MÚLTIPLOS / MULTIPASS Multiple or single pass per side								
ELETRODOS SIMPLES OU MÚLTIPLOS: SIMPLES / SINGLE Multiple or single electrode								
Inspetor de Soldagem Nível 2 (Welding Inspector Level 2)		Controle da Qualidade (Quality Control)		Cliente (Client)				
Data/Date: Paulo Sérgio L. Pereira Inspetor de Soldagem Nível 2 FBTS 15 9770 N2		Data/Date:		Data/Date:				

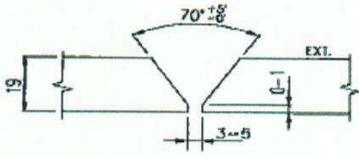
ENGENHARIA DE SOLDAGEM		QUALIFICAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM WELDING PROCEDURE QUALIFICATION		EPS/WPS	IIW 01																
				Folha/Sheet	01/02																
				Revisão:	0																
				Revision																	
PROCESSO DE SOLDAGEM: Welding		SMAW	POR:	PSLP	EPS/WPS IIW 01																
TIPO: MANUAL Type		DATA: 26/09/2011 Date:	ESPECIFICAÇÃO: ASME IX ED. 2007 E ET-5000.00-0000-500-PPC-001																		
JUNTAS/ Joints (QW 402) 		METALOGRAFIA/ Metalography: ESPESSURA MÁXIMA DE CADA PASSE (mm): 13 mm																			
METAL DEPOSITADO: 80 mm Weld Metal		DUREZA: HV 10 Hardness																			
METAIS DE BASE/ Base Metals (QW 403) ESPECIFICAÇÃO DO TIPO E GRAU: SA-336 Gr F22V Specification Type and Grade POR ESPECIFICAÇÃO DO TIPO E GRAU: SA-336 Gr F22V To Specification Type and Grade P N°: 5C POR P N°: 5C P N°: To P N°:		TRATAMENTO TÉRMICO/ Postweld Heat Treatment (QW 407) TEMPERATURA/TEMPO: CP1-660°C±10-4h(1ciclo)+705°C±10-8h(1ciclo) Temperature/Time CP2-660°C±10-4h(6ciclos)+705°C±10-8h(4ciclos) OUTROS: (CP 1) - EI-87556-AT-2599 - Tratamento térmico mínimo Others (CP 2) - EI-87556-AT-2590 - Tratamento Térmico máximo																			
ESPESSURA DO CORPO DE PROVA (mm): 80 Thickness of Test Coupon DIÂMETRO DO CORPO DE PROVA (mm): N/A Diameter of Test Coupon OUTROS: N/A Others		GÁS (QW 408) Gas <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>GÁS(ES) Gas(es)</th> <th>MISTURA Composition Mixture</th> <th>VAZÃO Flow rate</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PROTEÇÃO Shielding</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td>TRAILING Trailing</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td>BACKING Backing</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> </tr> </tbody> </table>					GÁS(ES) Gas(es)	MISTURA Composition Mixture	VAZÃO Flow rate	PROTEÇÃO Shielding	N/A	N/A	N/A	TRAILING Trailing	N/A	N/A	N/A	BACKING Backing	N/A	N/A	N/A
	GÁS(ES) Gas(es)	MISTURA Composition Mixture	VAZÃO Flow rate																		
PROTEÇÃO Shielding	N/A	N/A	N/A																		
TRAILING Trailing	N/A	N/A	N/A																		
BACKING Backing	N/A	N/A	N/A																		
METAIS DE ADIÇÃO (QW 404) Fillet Metals METAL DE ADIÇÃO F N°: 4 Fillet Metal N° DIÂMETRO DO METAL DE ADIÇÃO (mm): 4,0 Size Fillet Metal ANÁLISE DO METAL DE SOLDA A N°: N/A Weld Metal Analysis ESPECIFICAÇÃO SFA: 5.5 SFA Specification CLASSIFICAÇÃO AWS: E-9015-G AWS Classification OUTROS: MARCA COMERCIAL/ Trade Mark: Others CROMO E-225V OERLIKON		CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS (QW 409) Electrical Characteristics TIPO DE CORRENTE: CC (+) Current POLARIDADE: Inversa Polarity CORRENTE (A): 145 a 194 Amps TENSÃO (V): 22 a 27 Volts TIPO E Ø DO ELETRODO TUNGSTÊNIO: N/A Tungsten Electrode Size MODO DE TRANSFERÊNCIA (GMAW): N/A Mode of Metal Transfer for GMAW HEAT INPUT: 2,18 KJ/mm (máximo) Heat input OUTROS: N/A Others																			
POSIÇÃO (QW 404) Position POSIÇÃO DO CHANFRO: 3G Position of Groove PROGRESSÃO DE SOLDAGEM: ASCENDENTE Weld Progression (Uphill or Downhill) POSIÇÃO DO FILETE: N/A Position of Fillet OUTROS: N/A Others		TÉCNICAS (QW 410) Technique VELOCIDADE (cm/min): 14,4 a 21,8 Travel Speed (in/min)																			
PRÉ-AQUECIMENTO (QW 406) 180°C Preheat TEMPERATURA DE INTERPASSE: 200°C Interpass Temperature OUTROS: MANTER O PRÉ AQUECIMENTO DURANTE A Others SOLDAGEM. PÓS AQUECIMENTO (DHT): 350°C-4h		CORDÃO DE SOLDA: TRANÇADO <input type="checkbox"/> FILETADO <input checked="" type="checkbox"/> Weld Bead Weave String PASSES POR LADO: MULTIPLO <input checked="" type="checkbox"/> SIMPLES <input type="checkbox"/> Pass per Side Multipass Single ELETRODOS: MULTIPLO <input type="checkbox"/> SIMPLES <input type="checkbox"/> Electrodes Multipass Single OUTROS: PEENING: N/A Others																			
Inspetor de Soldagem Nível 2 Welding Inspector Level 2 Data/Date:		Controle da Qualidade Quality Control Data/Date:		Cliente (Client) Data/Date:																	

ENGENHARIA DE SOLDAGEM		QUALIFICAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM WELDING PROCEDURE QUALIFICATION				QPS/PQR		IIW 01													
						Folha/Sheet:		02/02													
						Revisão:		0													
						Revision															
TESTE DE TRAÇÃO (QW 150) - CP 1 e CP 2 Tensile Test																					
CORPO DE PROVA		LARGURA	ESPESSURA	ÁREA	CARGA	TENSÃO	LOCALIZAÇÃO DA FRATURA														
Specimen N°		Width (mm)	Thickness (mm)	Area (mm ²)	Ultimate Total Load (kgf)	Ultimate Unit Stress (MPa)	Location of Failure														
(CP 1) TP 1.1		35,25	19,16	675,39	42.390	615	METAL DE BASE														
(CP 1) TP 1.2		35,20	19,14	673,73	41.930	610	METAL DE BASE														
(CP 1) TP 2.1		35,16	19,22	675,78	42.270	613	METAL DE BASE														
(CP 1) TP 2.2		35,31	19,08	673,71	41.970	611	METAL DE BASE														
(CP 2) TP 1.1		33,81	19,16	647,46	38.630	584 (*)	SOLDA														
(CP 2) TP 1.2		33,90	19,14	646,65	37.840	572 (*)	SOLDA														
(CP 2) TP 2.1		33,92	19,11	646,21	38.330	580 (*)	SOLDA														
(CP 2) TP 2.2		34,06	19,06	649,18	38.200	577 (*)	SOLDA														
*ACEITO CONFORME RNC 044/12 (CONFAB) e RNC 221 (GALVÃO)																					
Notas / notes: Ver registros de ensaios N°03814/12 e N° 04063/12																					
TESTE DE DOBRAMENTO (QW 160) - CP 1 e CP 2 Guided Bend Test																					
TIPO Type	LATERAL Side BEND 1	LATERAL Side BEND 2	LATERAL Side BEND 3	LATERAL Side BEND 4																	
RESULTADO Result	APROVADO/ Approved	APROVADO/ Approved	APROVADO/ Approved	APROVADO/ Approved																	
Notas / notes: Ver registros de ensaios N°03814/12 e N° 04063/12																					
TESTE DE IMPACTO (QW 170) - CP 1 e CP 2 Toughness Test																					
CORPO DE PROVA	LOCALIZAÇÃO DO ENTALHE	TIPO DE ENTALHE	TEMPERATURA DE TESTE Test Temperature (°C)	VALORES DE IMPACTO Impact Values (Joules)	MÉDIA (J) Average (J)	EXPANSÃO LATERAL Lateral Expansion		FRATURA DÚCTIL Ductile Fracture													
						(mm)	Média (mm)	%	Média (W)												
Specimen	Notch Location	Notch Type																			
(CP 1) W-2.1	1/2 t - SOLDA	ISO V	-30	113	114	1,47	1,65	69	68												
(CP 1) W-2.2	1/2 t - SOLDA	ISO V	-30	111		1,67		70													
(CP 1) W-2.3	1/2 t - SOLDA	ISO V	-30	117		1,62		65													
(CP 1) L-2.1	1/2 t - LF+0,5	ISO V	-30	229	207	1,99	2,96	85	62												
(CP 1) L-2.2	1/2 t - LF+0,5	ISO V	-30	220		2,16		66													
(CP 1) L-2.3	1/2 t - LF+0,5	ISO V	-30	163		1,73		79													
(CP 1) Z-2.1	1/2 t - LF+1,0	ISO V	-30	164	181	1,60	1,85	79	83												
(CP 1) Z-2.2	1/2 t - LF+1,0	ISO V	-30	267		2,23		100													
(CP 1) Z-2.3	1/2 t - LF+1,0	ISO V	-30	132		1,55		71													
(CP 2) W-2.1	1/2 t - SOLDA	ISO V	-30	128	129	1,68	1,74	75	72												
(CP 2) W-2.2	1/2 t - SOLDA	ISO V	-30	133		1,76		87													
(CP 2) W-2.3	1/2 t - SOLDA	ISO V	-30	127		1,78		73													
(CP 2) L-2.1	1/2 t - LF+0,5	ISO V	-30	245	236	2,35	2,29	100	100												
(CP 2) L-2.2	1/2 t - LF+0,5	ISO V	-30	237		2,27		100													
(CP 2) L-2.3	1/2 t - LF+0,5	ISO V	-30	227		2,23		100													
(CP 2) Z-2.1	1/2 t - LF+1,0	ISO V	-30	224	239	2,35	2,32	100	100												
(CP 2) Z-2.2	1/2 t - LF+1,0	ISO V	-30	244		2,29		100													
(CP 2) Z-2.3	1/2 t - LF+1,0	ISO V	-30	248		2,31		100													
Notas / notes: Ver registros de ensaios N°03814/12 e N° 04063/12																					
Escala/Scale: <u>HY</u> Carga/Load: <u>10 kgf</u> Ciclos de T/TAT/PWHIT cycles: <u>CP 1</u>																					
																					
Notas / notes: Ver registros de ensaios N°03814/12																					
MACROGRAFIA Macro Examination - CP 1 e CP 2																					
Visual: <u>Isento de descontinuidades</u>																					
Notas / notes: Ver registros de ensaios N°03814/12 e N° 04063/12																					
COMPOSIÇÃO QUÍMICA/Chemical Composition (%)																					
Localização/Location	C	Mn	Mo	P	S	Si	Cu	Ni	V	Cr	Nb	Al	F N° WRC	F N°							
Nota/Note																					
NOME DO SOLDADOR: Welder's Name		José Eugênio Gonçalves / Adonis Siles da Silva				José Joaquim / Paulo Sérgio da Costa				Iraci Pereira Silva / Wellington José da Silva		Julio Cesar Domiciano / Severino F. dos Santos		MATRÍCULA: Click n°		59171-1 / 68794-3 244813 / 59069-0 32276-5 / 59033-4 59048-2 / 20331-9		SINETE: Stamp N°		WE / AD ST / P3 M / WL J3 / L6	
TESTES CONDUZIDOS POR: Tests conducted by		PROAQ7- Empreendimentos Tecnológicos Ltda				TESTE DE LABORATORIO No.:				03814/12 e 04063/12											
Inspetor de Soldagem Nível 2 (Welding Inspector Level 2)			Controle da Qualidade (Quality Control)				Cliente (Client)														
Data/Date: <u>Paulo Sérgio L. Pereira</u> <u>Inspetor de Soldagem Nível 2</u> <u>FE12-15 0770 N2</u>			Data/Date:				Data/Date:														

5.1.4 Qualificação da EPSQPS IIW 02 para o processo GTAW (Figura 31 a 35)
 Figura 31 a 35 : EPS e QPS IIW02

ENGENHARIA DE SOLDAGEM	ESPECIFICAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM WELDING PROCEDURE SPECIFICATION		EPS/WPS	IIW 02
			Folha/Sheet	01/02
			Revisão:	0
			Revision	
PROCESSO DE SOLDAGEM: GTAW		POR: PSLP		
Welding Type: TIPO: MANUAL		By		
QPS No.: IIW 02	DATA: 27/04/2012	ESPECIFICAÇÃO: ASME IX ED. 2007		
PQR No.(s)	Date:	E ET-5000.00-0000-500-PPC-001		
JUNTAS: TOPO	BACKING: NA	MATERIAL: NA		
Joints	Backing	MATERIAL:		
JUNTAS(QW 402) Joints JUNTAS: DE TOPO/butt joint Joints: DE TOPO/butt joint BACKING: N/A Backing: N/A MATERIAL: N/A Material: N/A RETAINERS: N/A		CROQUI DA JUNTA: Joint Sketch  OU DE ACORDO COM O PLANO DE SOLD/DES. or in acc.with the welding plan/drawing		
METAL DE BASE (QW 403) / Metal Base P Nr: SC S Nr: N/A GRUPO Nr: 1 Por P Nr: SC S Nr: N/A GRUPO Nr: 1 P Nr. S Nr. Group Nr. TO P Nr. S Nr. Group Nr.				
ESPECIFICAÇÃO DO TIPO E GRAU: SA-336 Gr F22V Specification type and grade		<h1>Aprovado Para Fabricação</h1>		
POR ESPECIFICAÇÃO DO TIPO E GRAU: SA-336 Gr F22V To specification type and grade				
ANÁLISE QUÍMICA E PROPRIEDADE MECÂNICA: N/A Chemical analysis and mechanical property				
POR ANÁLISE QUÍM. E PROPRIEDADE MEC.: N/A To chemical analysis and mechanical property				
FAIXA DE ESPESSURA DO METAL DE BASE / Thickness Range of Base Metal				
CHANFRO COM IMPACTO: Mín. 16 mm Máx. 38 mm FILETE: ILIMITADO/unlimited Groove With Impact in in Fillet				
CHANFRO SEM IMPACTO: Mín. 5 mm Máx. 38 mm Groove Without Impact in in				
Outros: Espessura máxima de cada passe: 13 mm/max.thickness of the each weld pass: 1/2"				
METAIS DE ADIÇÃO (QW 404) / Filler Metals F No.: 6 OUTROS: N/A A No.: 4 OUTROS: N/A F nr. Others Others				
ESPECIFICAÇÃO No (SFA): 5.28 Specification nr. (SFA)		DIÂMETRO DOS METAIS DE SOLDA: 3,2 Size of filler metals		
CLASSIFIC. AWS No.: ER-90S-G AWS nr. (class)		TIPO-FLUXO: N/A Flux Type		
CLASSIF. FLUXO-ARAME AWS N°: N/A Wire X Flux-Classification AWS N°		ESCORIA REMOÍDA: N/A Recrushed Slag		
MARCA COMERCIAL DO FLUXO: N/A Flux Trade Name		ELEMENTOS DE LIGA: N/A Alloy Elements		
INSERTO CONSUMÍVEL: N/A Consumable insert		VARETA SÓLIDA OU ALMA METAL/TUBULAR COM FLUXO / PÓ-METÁLICO (GTAW): SÓLIDA/solid Filler Metal Product Form(s): Bare Solid or Metal Cored, Flux Cored, Powder (GTAW):		
FAIXA DE ESPESSURA DO METAL DE SOLDA DEPOSITADO: Thickness Range of Welded Metal		METAL DE ADIÇÃO SUPL.: N/A Supplemental Filler Metal		
CHANFRO: $\leq 38,0\text{ mm}$ FILETE: ILIMITADO/unlimited Curto/Circuito/short Groove Fillet arc: Limite/Limit				
OUTROS: MARCA COMERCIAL/trade mark: VARETA/Rod: CARBOROD W225V - OERLIKON				
POSICÕES (QW 405) / Positions Posição(ões) do chanfro: TODAS/AII Position(s) of groove		PRÉ-AQUECIMENTO(QW 406) / Preheat Temp. Pré-Aquec.: 180°C Preheat temperature		
Progressão de soldagem: Asc.: SIM/yes Desc.: N/A Welding Progression: Up Down		Temp. de Interpassos: 200°C Interpass Temperature		
Posição(ões) do filete: TODAS/AII Position(s) of fillet		Manutenção do Pré-Aquecimento: SIM/yes Maintenance preheat		
		DURANTE A SOLDAGEM/during the welding PÓS AQUECIMENTO / DHT: 350°C / 4 h		
Inspetor de Soldagem Nível 2 (Welding Inspector Level.2)		Controle da Qualidade (Quality Control)		Cliente (Client)
Data/Date: 27/04/2012 Inspetor de Soldagem Nível 2 FHTS IS 0770 N2		Data/Date:		Data/Date:

ENGENHARIA DE SOLDAGEM		ESPECIFICAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM WELDING PROCEDURE SPECIFICATION		QPS/PQR					
				IIW 02					
				Folha/Sheet: 02/02					
				Revisão: 0					
				Revision					
TRATAMENTO TÉRMICO (QW 407) / Postweld Heat Treatment									
<p>TEMPERATURA Temperature</p> <p>ISR: 660°C ± 10 p/ 4 h PWHT: 705°C ± 10 p/ 8 h</p> <p>TEMPO Time</p>			<p>* SPWHT MINIMO= 1 ciclo ISR + 1 ciclo PWHT</p> <p>** SPWHT MAXIMO=5 ciclos ISR + 4 ciclos PWHT</p> <p>OU DE ACORDO COM O PLANO DE TRATAMENTO TÉRMICO.</p> <p>OR IN ACC. TO THE PWHT PLAN SPECIFICATION</p>						
GÁS (QW 408) / Gas									
		GÁS(ES) Gas(es)	COMPOSIÇÃO do GÁS / MISTURA: Gas/ Mixture Composition:	VAZAO: Flow rate:					
PROTEÇÃO: Shielding		ARGÔNIO (Ar)	99,99 %	10 - 15 l/min.					
TRAILING: Trailing:		N/A	N/A	N/A					
BACKING Gas Backing		15 - 20 l/min.	99,99 %	15 - 20 l/min.					
CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS (QW 409) / Electrical Characteristics									
DIÂMETRO DO ELETRODO DE TUNGSTÊNIO E TIPO: EWTh-2 Ø 3,2 mm (1/8")									
Tungsten electrode size and type									
MODO DE TRANSFERÊNCIA DE METAL (GMAW/FCAW): N/A									
Mode of Metal Transfer for GMAW									
FAIXA DE VELOCIDADE DE ALIMENTAÇÃO DO ARAME: N/A									
Wire feed speed range									
PROCESSO Process	CAMADAS Layers	MATERIAL DE ADIÇÃO Filler Metal	INTENSIDADE CORRENTE Current (A)	POLARIDADE Polarity	TENSÃO Tension (V)	VELOC. Speed Range CM/MIN (IN/MIN)	Calor Imposto (KJ/cm)MAX Heat input (KJ/in)MAX.		
GTAW	VÁRIAS various	ER-90S-G	3,2 (MM) (IN)		80 - 250	CC-	10 - 20	5 - 15	19
OUTROS: N/A									
Others									
TÉCNICA (QW 410) / Technique									
FILETADO OU TRANÇADO: CORDÃO FILETADO/PASSE DE REVENIM./TEMPER BEAD: 1@5mm									
String or weave bead									
ORIFÍCIO OU TAMANHO DO FURO PARA SAÍDA DE GÁS: 10 mm									
Orifice or gas cup size									
MÉTODO DE LIMPEZA: ESCOVAGEM E/OU ESMERILHAMENTO/brushing and/or grinding									
Method of cleaning									
MÉTODO DE GOIVAGEM: N/A									
Method of back gouging									
OSCILAÇÃO: N/A									
Oscillation									
DISTÂNCIA TUBO X PEÇA: N/A									
Stickout (Contact Tube to Work Distance)									
UM OU MÚLTIPLOS PASSES POR LADO: MÚLTIPLOS/multiple									
Multiple or single pass per side									
ELETRODOS SIMPLES OU MÚLTIPLOS: SIMPLES/single									
Multiple or single electrode									
Inspetor de Soldagem Nível 2 (Welding Inspector Level 2)		Controle da Qualidade (Quality Control)		Cliente (Client)					
Data/Date: <i>Revisão 02/02/2017</i> <i>Inspeção de Soldagem Nível 2</i> <i>FETS IS 0770 N2</i>		Data/Date:		Data/Date:					

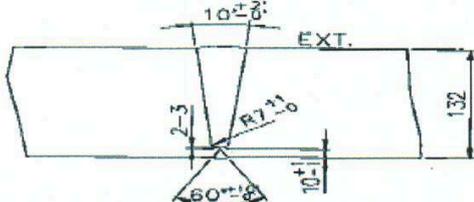
ENGENHARIA DE SOLDAGEM	QUALIFICAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM WELDING PROCEDURE QUALIFICATION		EPS/WPS	IIW 02																				
			Folha/Sheet	01/03																				
			Revisão:	0																				
			Revision																					
PROCESSO DE SOLDAGEM: GTAW		POR: PSLP	EPS/WPS IIW 02																					
Welding		By																						
TIPO: MANUAL	DATA: 27/04/2012	ESPECIFICAÇÃO: ASME IX ED. 2007																						
Type	Date:	E ET-5000.00-0000-500-PPC-001																						
JUNTAS/ Joints (QW 402) 		METALÓGRAFIA/ Metalography: ESPESSURA MÁXIMA DE CADA PASSE (mm): 13 mm Maximum Thickness of Each Weld Pass:																						
METAL DEPOSITADO: 19 mm Weld Metal		DUREZA/Hardness: HV-10																						
METAS DE BASE/ Base Metals (QW 403) ESPECIFICAÇÃO DO TIPO E GRAU: SA-336Gr F22V Specification Type and Grade POR ESPECIFICAÇÃO DO TIPO E GRAU: SA-336Gr F22V To Specification Type and Grade P Nº: 5C Grupo Nº: 1 POR P Nº: 5C Grupo Nº: 1 P Nº: Group Nº: To P Nº: Group Nº:		TRATAMENTO TERMICO/ Postweld Heat Treatment (QW 407) TEMPERATURA/TEMPO: CP1: 660°C ± 10°C - 4h (1 ciclo) + 705°C ± 10°C - 8h (1 ciclo) Temperature/Time CP2: 660°C ± 10°C - 4h (5 ciclos) + 705°C ± 10°C - 8h (4 ciclos) OUTROS: (CP 1) - EI-87556-AT-2597 - Tratamento térmico mínimo Others (CP 2) - EI-87556-AT-2598 - Tratamento Térmico máximo																						
ESPESSURA DO CORPO DE PROVA (mm): 19 Thickness of Test Coupon DIÂMETRO DO CORPO DE PROVA (mm): 457,2 Diameter of Test Coupon OUTROS: N/A Others		GÁS (QW 408) Gas <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>GÁS(ES) Gas(es)</th> <th>MISTURA Composition Mixture</th> <th>VAZÃO Flow rate</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PROTEÇÃO</td> <td>Argônio</td> <td>99,9%</td> <td>14 l/min</td> </tr> <tr> <td>TRAILING</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td>BACKING</td> <td>Argônio</td> <td>99,9%</td> <td>15 l/min</td> </tr> <tr> <td>OUTROS:</td> <td colspan="3">N/A</td> </tr> </tbody> </table>				GÁS(ES) Gas(es)	MISTURA Composition Mixture	VAZÃO Flow rate	PROTEÇÃO	Argônio	99,9%	14 l/min	TRAILING	N/A	N/A	N/A	BACKING	Argônio	99,9%	15 l/min	OUTROS:	N/A		
	GÁS(ES) Gas(es)	MISTURA Composition Mixture	VAZÃO Flow rate																					
PROTEÇÃO	Argônio	99,9%	14 l/min																					
TRAILING	N/A	N/A	N/A																					
BACKING	Argônio	99,9%	15 l/min																					
OUTROS:	N/A																							
METAS DE ADIÇÃO (QW 404) Fillet Metals METAL DE ADIÇÃO F Nº: 6 Fillet Metal Nº		DIÂMETRO DO METAL DE ADIÇÃO (mm): 3,2 Size Fillet Metal ANÁLISE DO METAL DE SOLDA A Nº: 4 Weld Metal Analysis ESPECIFICAÇÃO SFA: 5.28 SFA Specification CLASSIFICAÇÃO AWS: ER-90S-G AWS Classification OUTROS: MARCA COMERCIAL (Trade Mark) Others CARBOROD W 225V - OERLIKON																						
DIÂMETRO DO METAL DE ADIÇÃO (mm): 3,2 Size Fillet Metal ANÁLISE DO METAL DE SOLDA A Nº: 4 Weld Metal Analysis ESPECIFICAÇÃO SFA: 5.28 SFA Specification CLASSIFICAÇÃO AWS: ER-90S-G AWS Classification OUTROS: MARCA COMERCIAL (Trade Mark) Others CARBOROD W 225V - OERLIKON		CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS (QW 409) Electrical Characteristics TIPO DE CORRENTE: CC (-) Current POLARIDADE: direta Polarity CORRENTE (A): 109 - 218 Amps TENSÃO (V): 12 - 16 Volts TIPO E Ø DO ELETRODO TUNGSTÊNIO: EW-Th-2 ø: 3,2mm Tungsten Electrode Size MODO DE TRANSFERÊNCIA (GMAW): N/A Mode of Metal Transfer for GMAW HEAT INPUT: 1,90 (máximo) Heat Input OUTROS: N/A Others																						
POSICÃO (QW 404) Position POSICÃO DO CHANFRO: 6G Position of Groove PROGRESSÃO DE SOLDAGEM: Ascendente Weld Progression (Uphill or Downhill) POSICÃO DO FILETE: N/A Position of Fillet OUTROS: N/A Others		TÉCNICAS (QW 410) Technique VELOCIDADE (cm/min): 11 - 13,5 Travel Speed (in/min) CORDÃO DE SOLDA: TRANÇADO <input checked="" type="checkbox"/> FILETADO <input type="checkbox"/> Weld Bead Weave String OSCILAÇÃO: N/A Oscillation PASSES POR LADO: MULTIPLO <input checked="" type="checkbox"/> SIMPLES <input type="checkbox"/> Pass per Side Multipass Single ELETRODOS: MULTIPLO <input type="checkbox"/> SIMPLES <input checked="" type="checkbox"/> Electrodes Multipass Single OUTROS: PEENING: N/A Others																						
PRÉ-AQUECIMENTO (QW 406) Preheat TEMPERATURA DE PRÉ-AQUEC.: 180°C Preheat Temperature TEMPERATURA DE INTERPASSE: 200°C Interpass Temperature OUTROS: MANUTENÇÃO DO PRÉ AQUECIMENTO DURANTE A Others SOLDAGEM. PÓS AQUECIMENTO (DHT): 350°C-4h																								
Inspeção de Soldagem Nível 2 Welding Inspector Level 2		Controle da Qualidade Quality Control		Cliente (Client)																				
Data/Date: Paulo Sérgio Pereira Inspeção de Soldagem Nível 2 PETS IS 0170 N2		Data/Date:		Data/Date:																				

ENGENHARIA DE SOLDAGEM		QUALIFICAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM WELDING PROCEDURE QUALIFICATION						QPS/PQR		IIW 02						
								Folha/Sheet:		02/03						
								Revisão:		0						
								Revision								
TESTE DE TRAÇÃO (QW 160) - CP 1 e CP 2 Tensile Test																
Corpo de Prova	Localização	do (mm)	AREA (mm ²)	CARGA (kgf)	Limite de Resistência (MPa)	CARGA (kgf)	Limite de Escoamento (MPa)	AI (%)	Red.Área (%)	Local de Ruptura						
(CP 1) - TCA-1	1/2 t	12,69	126,48	8346	647	6687	519	22	78	Metal de Base						
(CP 1) - TCA-2	1/2 t	12,69	126,48	8355	648	6716	521	21	76	Metal de Base						
(CP 1) - TCO-1 (430°C)	1/2 t	9,00	63,62	3444	531	3012	484	17	72	Metal de Base						
(CP 2) - TCA-1	1/2 t	12,74	127,48	7943	611	6200	477	24	80	Metal de Base						
(CP 2) - TCA-2	1/2 t	12,73	127,28	7895	608	6199	476	24	80	Metal de Base						
(CP 2) - TCO-1 (430°C)	1/2 t	9,02	63,90	3226	495	2851	407	19	75	Metal de Base						
Notas/ Notes: Ver registro de ensaios Proaqt N° 04268/12 e N° 04457/12																
Critério de Acelação	Rt (MPa)		Re (MPa)		AI (%)		Red.Área (%)									
	Amb.	Quente (430°C)	Amb.	Quente (430°C)	Amb.	Quente (430°C)										
Norma ASME II Parte A	585 a 760	n/a	415 (mín)	n/a	18 (mín)	n/a	45 (mín)									
Norma ASME II Parte D	585 (mín)	407 (mín)*	415 (mín)	339 (mín)**	n/a	n/a	n/a									
*Rt mínimo: Tabela "U" x 0,8 **Re mínimo: Tabela Y-1																
TESTE DE DOBRAMENTO (QW 160) - CP 1 e CP 2 Guided Bend Test																
TIPO	LATERAL	CP 1 e CP 2		LATERAL	CP 1 e CP 2		LATERAL	CP 1 e CP 2								
Type	Side	DL 1		Side	DL 2		Side	DL 3								
RESULTADO	CP 1 - APROVADO/ Approved		CP 1 - APROVADO/ Approved		CP 1 - APROVADO/ Approved		CP 1 - APROVADO/ Approved		CP 1 - APROVADO/ Approved							
Result	CP 2 - APROVADO/ Approved		CP 2 - APROVADO/ Approved		CP 2 - APROVADO/ Approved		CP 2 - APROVADO/ Approved		CP 2 - APROVADO/ Approved							
Notas/ Notes: Ver registros de ensaios Proaqt N° 04268/12 e N° 04457/12																
TESTE DE SOLDA - FILETE (QW 160) Fillet - Weld Test																
RESULTADO SATISFATORIO: <input checked="" type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO <input type="checkbox"/> PENETRAÇÃO NO METAL BASE: <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO <input type="checkbox"/>																
Satisfactory Result: Yes No Penetration into Parent Metal: Yes No																
RESULTADO DA MACRO/ Macro Result: <input type="text"/>																
DUREZA/ Hardness 1 - CP 1																
METAL DE SOLDA			ZTA			METAL DE BASE										
Weld Metal			HAZ			Base Metal										
O-I	O-II	O-III	O-I	O-II	O-III	O-I	O-II	O-III	O-IV	O-V						
241 - 240	222 - 220	228-219	220 - 241	230 - 230	234 - 225	197 - 198	201 - 197	201 - 204	214-213 / 214-214-214 / 214-212							
O-IV																
238 - 228																
Carga/ Load: 10 kgf Ciclos de TTAT/ PWHT cycles: CP 1																
Escala/Scale: HV																
Notas/ Notes: Ver registro de ensaio Proaqt N° 04268/12																
COMPOSIÇÃO QUÍMICA/ Chemical Composition (%) - CP 1																
Localização/ Location	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	V	Sn	As	Sb	Ti	Fator X (ppm)	Fator PE (%)
1/2 t	0,095	0,50	0,086	0,007	0,007	2,360	0,138	0,955	0,077	0,268	0,003	0,0004	0	0,001	8,24	2,85
Reparo-SMAW						(*)										
Inspetor de Soldagem Nível 2 (Welding Inspector Level 2)			Controle da Qualidade (Quality Control)						Cliente (Client)							
Data/Date: <i>Paulo Sérgio L. Pereira</i> <i>Inspetor de Soldagem Nível 2</i> <i>FE 15 0770 N2</i>			Data/Date:						Data/Date:							

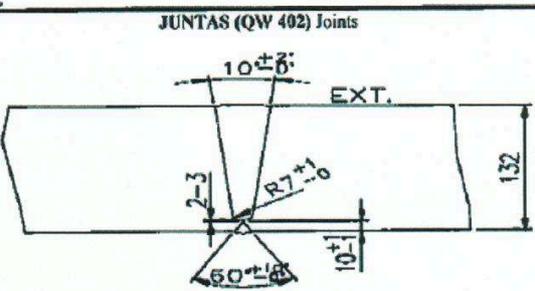
ENGENHARIA DE SOLDAGEM	QUALIFICAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM WELDING PROCEDURE QUALIFICATION	QPS/PQR	IIW 02
		Folha/Sheet:	03/03
		Revisão:	0
		Revision	

MICROGRAFIA / Micro examination - CP 1 e CP 2										
Ampliação: Magnification	200x, 500x e 1000 x	Localização: Localization	2mm (faca), 1/2", 2mm (raiz)	Resultado: Results	APROVADO Livro de manutenção não reaverida e ferrão poligonal					
Nota / Note: Ver registro de ensaio Proaqf N° 04268/12 e N°04457/12										
MACROGRAFIA / Macro examination - CP 1 e CP 2										
Visual:	Isento de descontinuidades				Resultado: Results	APROVADO				
Nota / Note: Ver registro de ensaio Proaqf N° 04268/12 e N°04457/12										
TESTE DE IMPACTO (QW 170) - CP 1 Toughness Test										
CORPO DE PROVA Specimen	LOCALIZAÇÃO DO ENTALHE Notch Location	TIPO DE ENTALHE Notch Type	TEMPERATURA DE TESTE Test Temperature (°C)	VALORES DE IMPACTO Impact Values (Joules)	MÉDIA Average (J)	EXPANSÃO LATERAL Lateral Expansion		FRATURA DÚCTIL Ductile Fracture		
						(mm)	MÉDIA (mm)	(%)	MÉDIA (%)	
(CP 1) W-1.1	1/2I - SOLDA	ISO V	-02	249	105	2,39	1,06	100	38	
(CP 1) W-1.2	1/2I - SOLDA	ISO V	-02	12 (*)		0,11		0		
(CP 1) W-1.3	1/2I - SOLDA	ISO V	-02	54		0,69		14		
(CP 1) W-1.4	1/2I - SOLDA	ISO V	-30	211	243	2,27	2,25	76	86	
(CP 1) W-1.5	1/2I - SOLDA	ISO V	-30	242		2,27		82		
(CP 1) W-1.6	1/2I - SOLDA	ISO V	-30	277		2,21		100		
(CP 1) L-1.1	1/2I - LF+1,0	ISO V	-02	198	153	2,13	1,63	72	61	
(CP 1) L-1.2	1/2I - LF+1,0	ISO V	-02	115		1,5		46		
(CP 1) L-1.3	1/2I - LF+1,0	ISO V	-02	147		1,96		66		
(CP 1) L-1.4	1/2I - LF+1,0	ISO V	-30	294	274	2,36	2,30	100	100	
(CP 1) L-1.5	1/2I - LF+1,0	ISO V	-30	256		2,26		100		
(CP 1) L-1.6	1/2I - LF+1,0	ISO V	-30	271		2,28		100		
(CP 1) Z-1.1	1/2I - LF+0,5	ISO V	-02	226	243	2,22	2,35	100	100	
(CP 1) Z-1.2	1/2I - LF+0,5	ISO V	-02	246		2,25		100		
(CP 1) Z-1.3	1/2I - LF+0,5	ISO V	-02	258		2,58		100		
(CP 1) Z-1.4	1/2I - LF+0,5	ISO V	-30	256	267	2,29	2,25	100	100	
(CP 1) Z-1.5	1/2I - LF+0,5	ISO V	-30	253		2,31		100		
(CP 1) Z-1.6	1/2I - LF+0,5	ISO V	-30	203		2,15		100		
(CP 2) W-1.1	1/2I - SOLDA	ISO V	-30	296	310	2,02	2,16	100	100	
(CP 2) W-1.2	1/2I - SOLDA	ISO V	-30	317		2,28		100		
(CP 2) W-1.3	1/2I - SOLDA	ISO V	-30	318		2,15		100		
(CP 2) L-1.1	1/2I - LF+1,0	ISO V	-30	256	269	2,34	2,23	100	100	
(CP 2) L-1.2	1/2I - LF+1,0	ISO V	-30	244		2,19		100		
(CP 2) L-1.3	1/2I - LF+1,0	ISO V	-30	287		2,18		100		
(CP 2) Z-1.2	1/2I - LF+0,5	ISO V	-30	257	239	2,18	2,17	100	100	
(CP 2) Z-1.3	1/2I - LF+0,5	ISO V	-30	271		2,22		100		
(CP 2) Z-1.4	1/2I - LF+0,5	ISO V	-30	188		2,12		100		
Nota / Note: Ver registro de ensaio Proaqf N° 04268/12 e N°04457/12										
TESTES DE STEP COOLING										
(CP SC) W-1	1/2I - SOLDA	ISO V	-30	266	276	2,31	2,35	100	100	
(CP SC) W-2	1/2I - SOLDA	ISO V	-30	289		2,38		100		
(CP SC) W-3	1/2I - SOLDA	ISO V	-30	282		2,35		100		
(CP SC) W-4	1/2I - SOLDA	ISO V	-03	134	195	1,67	2,07	42	72	
(CP SC) W-5	1/2I - SOLDA	ISO V	-03	197		2,22		75		
(CP SC) W-6	1/2I - SOLDA	ISO V	-03	254		2,31		100		
(CP SC) W-7	1/2I - SOLDA	ISO V	-03	192	161	2,42	2,07	60	51	
(CP SC) W-8	1/2I - SOLDA	ISO V	-03	108		1,48		23		
(CP SC) W-9	1/2I - SOLDA	ISO V	-03	183		2,30		70		
(CP SC) W-10	1/2I - SOLDA	ISO V	-115	4	11	0,05	0,11	0	0	
(CP SC) W-11	1/2I - SOLDA	ISO V	-115	13		0,11		0		
(CP SC) W-12	1/2I - SOLDA	ISO V	-115	16		0,18		0		
(CP SC) W-13	1/2I - SOLDA	ISO V	-100	30	44	0,35	0,65	0	7	
(CP SC) W-14	1/2I - SOLDA	ISO V	-100	18		0,21		0		
(CP SC) W-15	1/2I - SOLDA	ISO V	-100	85		1,10		20		
(CP SR) W-1	1/2I - SOLDA	ISO V	-03	259	272	2,48	2,31	100	100	
(CP SR) W-2	1/2I - SOLDA	ISO V	-03	297		2,21		100		
(CP SR) W-3	1/2I - SOLDA	ISO V	-03	291		2,23		100		
(CP SR) W-4	1/2I - SOLDA	ISO V	-03	179	193	2,01	1,99	57	65	
(CP SR) W-5	1/2I - SOLDA	ISO V	-03	135		1,75		36		
(CP SR) W-6	1/2I - SOLDA	ISO V	-03	255		2,2		100		
(CP SR) W-7	1/2I - SOLDA	ISO V	-115	11	12	0,17	0,20	0	0	
(CP SR) W-8	1/2I - SOLDA	ISO V	-115	12		0,15		0		
(CP SR) W-9	1/2I - SOLDA	ISO V	-115	14		0,29		0		
(CP SR) W-10	1/2I - SOLDA	ISO V	-100	15	26	0,19	0,30	0	0	
(CP SR) W-11	1/2I - SOLDA	ISO V	-100	42		0,61		0		
(CP SR) W-12	1/2I - SOLDA	ISO V	-100	18		0,21		0		
Nota / Note: Ver registro de ensaio Proaqf N° 08519/12 e N°08521/12 e Anexo - Curva de Energia										
NOME DO SOLDADOR: Welder's Name		José Joaquim Lucas Guilherme Hirayama		MATRICULA: Clock n°		244813 59197-7		SINETE: Stamp n°		S7 Y8
TESTES CONDUZIDOS POR: Tests conducted by				TESTE DE LABORATÓRIO N°: Laboratory Test N°		04268/12 e 04457/12 08519/12 e 08521/12 2003677200647				
Inspeção de Soldagem Nível 2 (Welding Inspector Level 2)			Controle da Qualidade (Quality Control)			Cliente (Client)				
Data/Date: <i>Paulo Sérgio L. Pereira</i> <i>Inspeção de Soldagem Nível 2</i> <i>13-07-2012</i>			Data/Date:			Data/Date:				

5.1.5 Qualificação da EPS e QPS IIW 03 para o processo SAW(Figura 36 a 43)
 Figura 36 a 43: EPS e QPS IIW 03

ENGENHARIA DE SOLDAGEM	ESPECIFICAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM WELDING PROCEDURE SPECIFICATION		EPS/WPS	IIW 03
			Folha/Sheet	01/02
			Revisão:	0
			Revision	
PROCESSO DE SOLDAGEM: SAW		POR: PSLP		
Welding Type: Mecânico		By		
TIPO: Mecânico				
Type				
QPS No.: IIW 03		DATA: 26/09/2011	ESPECIFICAÇÃO: ASME IX ED. 2007	
PQR No.(s)		Date:	E ET-5000.00-0000-500-PPC-001	
JUNTAS: TOPO		BACKING: NA	MATERIAL: NA	
Joints		Backing	MATERIAL:	
JUNTAS(QV 402) Joints JUNTAS: DE TOPO/butt joint Joints BACKING: SIM/yes Backing MATERIAL: Material: METAL DEPOSITADO/weld metal E-9015-G* (Conforme a EPS 2400) RETAINERS: N/A		CROQUI DA JUNTA: Joint Sketch 		
METAL DE BASE (QV 403) / Metal Base P Nr: SC S Nr: GRUPO Nr: I Por P Nr: SC S Nr: GRUPO Nr: I P Nr. S Nr. Group Nr. TO P Nr. S Nr. Group Nr.		ESPECIFICAÇÃO DO TIPO E GRAU: SA-336 Gr F22V Specification type and grade POR ESPECIFICAÇÃO DO TIPO E GRAU: SA-336 Gr F22V To specification type and grade ANÁLISE QUÍMICA E PROPRIEDADE MECÂNICA: N/A Chemical analysis and mechanical property POR ANÁLISE QUÍM. E PROPRIEDADE MEC.: N/A To chemical analysis and mechanical property		
FAIXA DE ESPESSURA DO METAL DE BASE / Thickness Range of Base Metal				
CHANFRO COM IMPACTO: Groove With Impact		Mín. 71,4 mm in	Máx. 132 mm in	FILETE: LIMITADA/unlimited Fillet
CHANFRO SEM IMPACTO: Groove Without Impact		0 mm in	0 mm in	
Outros: Others: ESPESSURA MÁXIMA DE CADA PASSE: 13 mm/maximum thickness of each weld pass: 1/2"				
METAIS DE ADIÇÃO (QV 404) / Filler Metals F No.: 5 OUTROS: N/A A No.: N/A OUTROS: N/A F nr. Others A nr. Others ESPECIFICAÇÃO No (SFA): 5.23 DIÂMETRO DOS METAIS DE SOLDA Specification nr. (SFA) Size of filler metals CLASSIFIC. AWS No.: EGR 4,0 mm AWS nr. (class.) CLASSIF. FLUXO-ARAME AWS N°: F92-EGR-GR TIPO-FLUXO: NEUTRO/neutral Wire X Flux-Classification AWS N° Flux Type MARCA COMERCIAL DO FLUXO: OP F537 - OERLIKON ESCURIA REMOÍDA: N/A Flux Trade Name Recurred Slag INSERTO CONSUMÍVEL: N/A ELEMENTOS DE LIGA: N/A Consumable Insert Alloy Elements VARETA SÓLIDA OU ALMA METAL/TUBULAR COM FLUXO / PÓ-METÁLICO (GTAW): N/A Filler Metal/Product Form/Bare Solid or Metal Cored, Flux Cored, Powder (GTAW): FAIXA DE ESPESSURA DO METAL DE SOLDA DEPOSITADO: METAL DE ADIÇÃO SUPL.: N/A Thickness Range of Welded Metal Supplemental Filler Metal CHANFRO: 71,4 @ 132 mm FILETE: LIMITADA/unlimited Curto/Circuito/short Groove Fillet arc: Limite/Limit OUTROS: MARCA COMERCIAL/trade mark: ARAME/wire: OE-CROMO S225V - OERLIKON Others:				
POSICÕES (QV 405) / Positions Posição(ões) do chanfro: PLANA Position(s) of groove Progressão de soldagem: Asc.: N/A Desc.: N/A Welding Progression: Up Down Posição(ões) do filete: N/A Position(s) of fillet		PRÉ-AQUECIMENTO(QV 406) / Preheat Temp. Pré-Aquec.: 180°C METAL DE BASE Preheat temperature (MIS) Temp. de Interpassos: 200°C NA SOLDA Interpass Temperature (MÁX) Manutenção do Pré-Aquecimento: SIM Maintenance preheat DURANTE A SOLDAGEM POR PIRÔMETRO DE CONTATO POS-AQUECIMENTO / DHT: 350°C p/ 4h		
Inspetor de Soldagem Nível 2 Welding Inspector Level 2 Paulo Sérgio L. Pereira Inspetor de Soldagem Nível 2 FETIS IS 0778-87		Controle da Qualidade Quality Control		Cliente (Client)
Data/Date:		Data/Date:		Data/Date:

ENGENHARIA DE SOLDAGEM	ESPECIFICAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM WELDING PROCEDURE SPECIFICATION	QPS/PQR	IIW 03						
		Folha/Sheet:	02/02						
		Revisão:	0						
		Revision							
TRATAMENTO TÉRMICO (QW 407) / Postweld Heat Treatment									
<p>TEMPERATURA Temperature</p> <p>705°C ± 10 p/ 8 h (**)(**) 660°C ± 10 p/ 4 h (**)(**)</p> <p>TEMPO Time</p>		<p>* SFPWHT MÍNIMO: 01 CICLO</p> <p>**SFPWHT MÁXIMO: 660°C ± 10 p/ 4 h = 05 CICLOS +</p> <p>705°C ± 10 p/ 8 h = 04 CICLOS</p> <p>OU DE ACORDO COM O PLANO DE TRATAMENTO TÉRMICO.</p> <p>OR IN ACC. WITH THE PWHT PLAN.</p>							
GÁS (QW 408) / Gas									
	GÁS(ES) Gas(es)	COMPOSIÇÃO do GÁS / MISTURA: Gas / Mixture Composition:	VAZAO: Flow rate:						
PROTEÇÃO: Shielding	N/A	N/A	N/A						
TRAILING: Trailing:	N/A	N/A	N/A						
BACKING Gas Backing	N/A	N/A	N/A						
CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS (QW 409) / Electrical Characteristics									
DIÂMETRO DO ELETRODO DE TUNGSTÊNIO E TIPO: N/A Tungsten electrode size and type									
MODO DE TRANSFERÊNCIA DE METAL (GMAW/FCAW): N/A Mode of Metal Transfer for GMAW									
FAIXA DE VELOCIDADE DE ALIMENTAÇÃO DO ARAME: N/A Wire feed speed range									
PROCESSO Process	CAMADAS Layers	MATERIAL DE ADIÇÃO Filler Metal	INTENSIDADE CORRENTE Current (A)	POLARIDADE Polarity	TENSÃO Tension (V)	VELOC. Speed Range CM/MIN (IN/MIN)	Calor Imposto (KJ/cm)MAX Heat Input (KJ/in)MAX.		
SMAW(*)	3 (6 mm)	E-9015-G(*)	4,0		149 - 185	CC(+)	22 - 27	15-25	20
SAW	3G (chanfro)	EGR	4,0		510 - 540	CA	31-34	50-55	22
	7 (goivagem)	EGR	4,0		510 - 540	CA	31-34	50-55	22
GOIVAGEM	VÁRIAS	GRAFITE		1/2"	500 - 900	CC(+)	25 - 35		
				5/8"	1000-1200	CC(+)	25 - 35		
OUTROS: (*) TOTALMENTE REMOVIDO NA GOIVAGEM. Others									
TÉCNICA (QW 410) / Technique									
FILETADO OU TRANÇADO: CORDÃO FILETADO (PASSE DE REVENIM/TEMPER BEAD: 1@5 mm) String or weave bead									
ORIFÍCIO OU TAMANHO DO FURO PARA SAÍDA DE GÁS: N/A Orifice or gas cup size									
MÉTODO DE LIMPEZA: ESCOVAGEM E/OU ESMERILHAMENTO/brushing and/or grinding Method of cleaning									
MÉTODO DE GOIVAGEM: CORTE À CARVÃO + ESMERILHAMENTO/Arc air + grinding Method of back gouging									
OSCILAÇÃO: SMAW= 3 X DIAM. ALMA - MÁXIMO Oscillation									
DISTÂNCIA TUBO X PEÇA: 25 mm (máx) Stickout (Contact Tube to Work Distance)									
UM OU MÚLTIPLOS PASSES POR LADO: MÚLTIPLOS/multi pass Multiple or single pass per side									
ELETRODOS SIMPLES OU MÚLTIPLOS: SIMPLES/single Multiple or single electrode									
MARTELAMENTO: N/U									
Inspeção de Soldagem Nível 2 (Welding Inspector Level 2)			Controle da Qualidade (Quality Control)			Cliente (Client)			
Data/Date: <i>Patricio Sergio L. Pereira</i> Inspeção de Soldagem Nível 2 REG. IS 0770 N2			Data/Date:			Data/Date:			

ENGENHARIA DE SOLDAGEM	QUALIFICAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM WELDING PROCEDURE QUALIFICATION		EPS/WPS	IIW 03
			Folha/Sheet	01/06
			Revisão:	0
			Revision	
PROCESSO DE SOLDAGEM: Welding	SAW	POR: By	PSLP	EPS/WPS IIW 03
TIPO: Type	Mecânico	DATA: Date:	26/09/2011	ESPECIFICAÇÃO: ASME IX ED. 2007 E ET-5000.00-0000-500-PPC-001
		METALOGRAFIA Metallograph As três regiões da junta soldada MB, ZTA e Metal de Solda apresentaram uma microestrutura de martensita revenida, regiões com pouca quantidade de ferrita acicular e possivelmente bainita. A microestrutura encontra-se isenta de martensita não-revenida e ferrita poligonal. A análise de macrografia apresenta-se livre de defeitos internos. ESPESSURA MÁX. DE CADA PASSE = 13 mm Maximum thickness of each weld pass = 1/2"		
METAIS DE BASE (QW 403) Base Metals ESPECIFICAÇÃO MATERIAL: SA -336 Specification material TIPO E GRAU: Gr F22V Type or Grade P Nº: 5C Gr. 1 ESPESSURA CORPO DE PROVA: 132 mm Thickness of test coupon DIÂMETRO CORPO DE PROVA: N/A Diameter of test coupon OUTROS: N/A Others		TRATAMENTO TÉRMICO (QW 407) POSTWELD HEAT TREATMENT TEMPERATURA / TEMPO: ISR :660° C ±10° C -4h PWHT: 705±10° C / 8h (Plano de Tratamento Térmico: EI-87556-AT-2496 rev. 0) Temperature CP-B1/ CP-B2: ISR + PWHT (1 CICLO) / CP-A : ISR (5 CICLOS) + PWHT (4 CICLOS) Time (Plano de Tratamento Térmico: EI-87556-AT-2497 rev. 0) OUTROS: CP B3: ISR +PWHT (1 CICLO) + STEP COOLING Others (Plano de Tratamento Térmico: EI-87556-SC-2500 rev. 0)		
METAIS DE ADIÇÃO (QW 404) ANÁLISES DO METAL DE SOLDA A Nº: N/A Weld metal analysis a Nr DIÂMETRO METAL DE ADIÇÃO: 4,0mm Size of filler metal METAL DE ADIÇÃO F Nº: 4 *(SMAW) 6 (SAW) Filler metal F Nr ESPECIFICAÇÃO SFA: 5.5 *(SMAW) 5.23 (SAW) SFA Specification CLASSIFICAÇÃO AWS: (E-9015G)* / EGR AWS Classification FLUXO ARAME AWS: F9P2 - EGR - GR OUTROS: MARCA COMERCIAL / Trade Mark: Eletrodo Rev.: CROMO E225V OERLIKON - corrida: 1064007 Arame: OE CROMO S225V / Fluxo: OP F537 (NEUTRO) OERLIKON - corrida: CAW063 / 630506 *Totalmente removido na goivagem		GÁS (QW 408) TIPO DE GAS(ES): N/A Type of gas(es) COMPOSIÇÃO DE MISTURA: N/A Composition of gas mixture OUTROS: N/A		
POSICÃO (QW 405) POSICÃO DO CHANFRO: 1G Position of groove PROGRESSÃO DE SOLDAGEM: N/A Weld Progression OUTROS: N/A Others		CARÁTER. ELÉTRICAS (QW 409) CHARACTER ELECTRICAL CORRENTE: CC* / CA Current POLARIDADE: (+)* Polarity AMPERES(A): *SMAW: 149 - 185 SAW: 510 - 540 Amps. VOLTS(V): *SMAW: 22 - 27 SAW: 31 - 34 Volts DIÂMETRO DO ELETRODO TUNGSTÊNIO: N/A Tungsten electrode size OUTROS: HEAT INPUT: 22 kJ/cm (máx). Others		
PRE-AQUECIMENTO (QW 406) PREHEAT TEMP. PRÉ-AQUECIMENTO: 180°C (Mínimo) Preheat temperature TEMPERATURA INTERPASSE: 200°C (Máximo) Interpass temperature OUTROS: PÓS AQUECIMENTO: 350°C p/ 4 h Others		TÉCNICAS (QW 410) TECHNIQUES VELOCIDADE: *SMAW: 15 - 25 cm/min SAW: 50-55 cm/min Travel speed FILETADO OU TRANÇADO: CORDÃO FILETADO/string bead String or weave bead OSCILAÇÃO: N/A Oscillation: SIMPLES OU MÚLTIPLOS PASSES POR LADO:MÚLTIPLOS Multipass or single pass (per side) SIMPLES OU MÚLTIPLOS ELETRODOS: SIMPLES Single or multiple electrodes OUTROS: PEENING: N/A Others		
Inspetor de Soldagem Nivel 2 Welding Inspector Level 2)		Controle da Qualidade Quality Control)		Cliente (Client)
Data/Date:		Data/Date:		Data/Date:

Paulo Sérgio L. Pereira
 Inspetor de Soldagem Nivel 2
 FST IS 8770 N2

ENGENHARIA DE SOLDAGEM		QUALIFICAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM WELDING PROCEDURE QUALIFICATION					QPS/PQR		IIW 03	
							Folha/Sheet:		02/06	
							Revisão:		0	
							Revision			
TESTE DE TRAÇÃO (QW 150) - CP BI <small>VENITE 15.1</small>										
Corpo de Prova Specimen CP BI	LARGURA Width (mm)	ESPESSURA Thickness (mm)	ÁREA Area (mm ²)	CARGA Ultimate Tst Load (Kgf)	Limite de Resistência Ultimate Tst Stress (MPa)	Tensão de Escoamento Yield Stress (MPa)	Alongamento (%)	Redução de Área Area Reduction (%)	TIPO DE FRATURA E LOCALIZAÇÃO Type of failure and location	
TP1(1)	19,27	42,19	813,0	55360	668	-	-	-	Metal Base /Base Metal	
TP2(1)	19,13	42,92	821,06	57601	688	-	-	-	Metal Base /Base Metal	
TP3(2)	19,20	44,42	852,86	57911	666	-	-	-	Metal Base /Base Metal	
TP4(2)	18,97	38,01	721,05	50097	681	-	-	-	Metal Base /Base Metal	
TP5 (3)	19,05	42,61	811,72	56014	677	-	-	-	Metal Base / Base Metal	
TP6 (3)	18,99	47,17	895,76	60962	667	-	-	-	Metal Base /Base Metal	
TCA1(T.amb.)	Ø 12,57	-	124,10	8396	663	544	19	78	Metal Base /Base Metal	
TCA2(T.amb.)	Ø 12,52	-	123,11	8342	664	537	21	76	Metal Base /Base Metal	
TCA3(T.amb.)	Ø 12,44	-	121,54	8168	659	543	20	75	Metal Base /Base Metal	
TCQ1 (430°C)	Ø12,81	-	128,88	6842	521	481	19	74	Metal Base /Base Metal	
TCQ2 (430°C)	Ø12,73	-	127,28	6747	520	471	18	75	Metal Base /Base Metal	
TCQ3 (430°C)	Ø 12,73	-	127,28	6940	535	492	17	73	Metal Base /Base Metal	
LEGENDA: TP - TRAÇÃO PRISMÁTICA (1: 1/3 t; 2:2/3 t; 3: 3/3 t)					TCQ - TRAÇÃO CILINDRICA (a quente)					
TCA - TRAÇÃO CILINDRICA (T.ambiente)										
Critérios de Aceitação	Rt (MPa) - TS		Re (MPa) - YS		AI(%)		Red. Area			
	Amb.	Quente (430°C)	Amb.	Quente (430°C)	Amb.	Quente (430°C)	(%)			
Norma ASME II Parte A	585 a 760	n/a	415 (mín.)	n/a	18 (mín.)	n/a	45 (mín.)			
Norma ASME II Parte D*	585(mín)	407 (mín)*	415 (mín.)	339 (mín)**	n/a	n/a	n/a			
*Rt mínimo: Tabela "U" x 0,8 **Re mínimo: Tabela Y-1										
TESTE DE DOBRAMENTO (QW 160) - CP - BI <small>VENITE 16.1</small>										
TIPO Type	SIDE BEND (DL1) - ½ t	SIDE BEND (DL2) - ½ t	SIDE BEND (DL3) - ½ t	SIDE BEND (DL4) - ½ t						
RESULTADO Result	APROV./approved	APROV./approved	APROV./approved	APROV./approved						
TIPO Type	SIDE BEND (DL1) - ½ t	SIDE BEND (DL2) - ½ t	SIDE BEND (DL3) - ½ t	SIDE BEND (DL4) - ½ t						
RESULTADO Result	APROV./approved	APROV./approved	APROV./approved	APROV./approved						
TIPO Type	SIDE BEND (DL1) - ½ t	SIDE BEND (DL2) - ½ t	SIDE BEND (DL3) - ½ t	SIDE BEND (DL4) - ½ t						
RESULTADO Result	APROV./approved	APROV./approved	APROV./approved	APROV./approved						
Inspetor de Soldagem Nível 2 (Welding Inspector Level 2)		Controle da Qualidade (Quality Control)			Cliente (Client)					
Data/Date: <i>Paulo Sérgio L. Pereira</i> Inspetor de Soldagem Nível 2 C.R.E. IS 0170 N2		Data/Date:			Data/Date:					

ENGENHARIA DE SOLDAGEM	QUALIFICAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM WELDING PROCEDURE QUALIFICATION	QPS/PQR	IIW 03
		Folha/Sheet:	03/06
		Revisão:	0
		Revision	

TESTE DE IMPACTO (QW 170) - CP-B1

TOUGHNESS TEST

CORPO DE PROVA Specimen Nº	LOCALIZAÇÃO DO ENTALHE Notch Location	TIPO DE ENTALHE Notch Type	TEMPERATURA DE TESTE Test Temper. (°C)	VALORES DE IMPACTO Impact Values (J)	FRATURA DÚCTIL EXPANSÃO LATERAL			
					%	Média (%)	mm	Média (mm)
B1-1.1	SOLDA (à 2 mm da sup.)	V (10 x 10)	-30	110	57		1,26	
B1-1.2	SOLDA (à 2 mm da sup.)	V (10 x 10)	-30	100	63	65	1,23	1,41
B1-1.3	SOLDA (à 2 mm da sup.)	V (10 x 10)	-30	120	75		1,74	
B1-2.1	SOLDA (1/4 t)	V (10 x 10)	-30	109	77		1,18	
B1-2.2	SOLDA (1/4 t)	V (10 x 10)	-30	152	80	72,6	1,94	1,35
B1-2.3	SOLDA (1/4 t)	V (10 x 10)	-30	101	61		0,94	
B1-3.1	SOLDA (1/2t)	V (10 x 10)	-30	117	77		1,42	
B1-3.2	SOLDA (1/2t)	V (10 x 10)	-30	49	46	64	0,67	1,14
B1-3.3	SOLDA (1/2t)	V (10 x 10)	-30	113	70		1,34	
B1-4.1	SOLDA (3/4t)	V (10 x 10)	-30	182	66		1,41	
B1-4.2	SOLDA (3/4t)	V (10 x 10)	-30	42*	45	67	0,64	1,07
B1-4.3	SOLDA (3/4t)	V (10 x 10)	-30	159	90		1,16	
B1-2.1	Linha de fusão + 0,5 mm (1/4t)	V (10 x 10)	-30	213	100		2,22	
B1-2.2	Linha de fusão + 0,5 mm (1/4t)	V (10 x 10)	-30	227	100	100	2,42	2,36
B1-2.3	Linha de fusão + 0,5 mm (1/4t)	V (10 x 10)	-30	227	100		2,43	
B1-3.1	Linha de fusão + ,5 mm (½ t)	V (10 x 10)	-30	293	100		2,44	
B1-3.2	Linha de fusão + 0,5 mm (½ t)	V (10 x 10)	-30	243	100	100	2,33	2,38
B1-3.3	Linha de fusão + 0,5 mm (½ t)	V (10 x 10)	-30	245	100		2,38	
B1-4.1	Linha de fusão + 0,5 mm (3/4 t)	V (10 x 10)	-30	235	100		2,45	
B1-4.2	Linha de fusão + 0,5 mm (3/4t)	V (10 x 10)	-30	237	100	100	2,44	2,44
B1-4.3	Linha de fusão + 0,5 mm (3/4 t)	V (10 x 10)	-30	237	100		2,43	
B1-2.1	Linha de fusão + 1,0 mm (1/4t)	V (10 x 10)	-30	233	100		2,25	
B1-2.2	Linha de fusão + 1,0 mm (1/4 t)	V (10 x 10)	-30	281	100	100	2,36	2,30
B1-2.3	Linha de fusão + 1,0 mm (1/4 t)	V (10 x 10)	-30	263	100		2,29	
B1-3.1	Linha de fusão + 1,0 mm (½ t)	V (10 x 10)	-30	239	100		2,58	
B1-3.2	Linha de fusão + 1,0 mm (½ t)	V (10 x 10)	-30	225	100	100	2,31	2,42
B1-3.3	Linha de fusão + 1,0 mm (½ t)	V (10 x 10)	-30	231	100		2,37	
B1-4.1	Linha de fusão + 1,0 mm (3/4 t)	V (10 x 10)	-30	226	100		2,39	
B1-4.2	Linha de fusão + 1,0 mm (3/4t)	V (10 x 10)	-30	232	100	100	2,43	2,46
B1-4.3	Linha de fusão + 1,0 mm (3/4t)	V (10 x 10)	-30	235	100		2,56	
*AUMENTO DE AMOSTRAGEM NA SOLDA A ¼ t – CONFORME RNC 27								
S4-1	SOLDA (3/4t)	V (10 x 10)	-30	154	74		1,95	
S4-2	SOLDA (3/4t)	V (10 x 10)	-30	185	81	75	2,14	1,87
S4-3	SOLDA (3/4t)	V (10 x 10)	-30	123	70		1,51	
S4-4	SOLDA (3/4t)	V (10 x 10)	-30	150	78		1,84	
S4-5	SOLDA (3/4t)	V (10 x 10)	-30	196	93	82	2,34	1,82
S4-6	SOLDA (3/4t)	V (10 x 10)	-30	140	76		1,28	
S4-7	SOLDA (3/4t)	V (10 x 10)	-30	177	81		1,66	
S4-8	SOLDA (3/4t)	V (10 x 10)	-30	164	80	83	1,77	1,82
S4-9	SOLDA (3/4t)	V (10 x 10)	-30	174	89		2,02	
S4-10	SOLDA (3/4t)	V (10 x 10)	-30	178	90		2,11	
S4-11	SOLDA (3/4t)	V (10 x 10)	-30	159	81	85	1,41	1,78
S4-12	SOLDA (3/4t)	V (10 x 10)	-30	183	84		1,82	

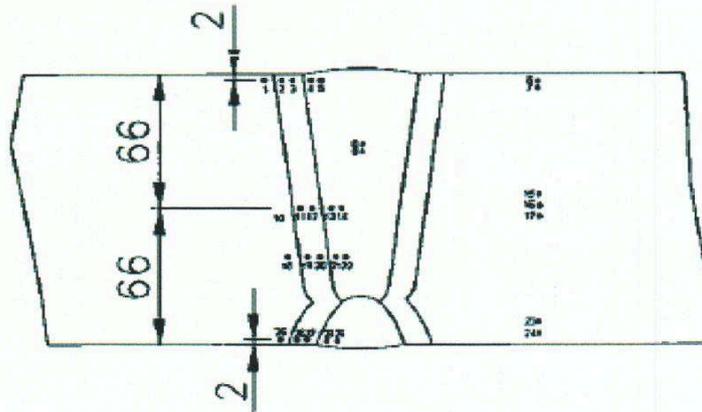
LEGENDA: (1: 2 mm; 2: ¼ t; 3: ½ t e 4: ¾ t)

Inspetor de Soldagem Nível 2 (Welding Inspector Level 2)	Controle da Qualidade (Quality Control)	Cliente (Client)
Data/Date: <i>Sergio L. Pereira</i> <i>Inspetor de Soldagem Nível 2</i> <i>FB13160770 N2</i>	Data/Date:	Data/Date:

ENGENHARIA DE SOLDAGEM	QUALIFICAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM WELDING PROCEDURE QUALIFICATION	QPS/PQR	IIW 03
		Folha/Sheet:	04/06
		Revisão:	0
		Revision	

COMPOSIÇÃO QUÍMICA (%) - CP-B1 (1/2 t)													
Chemical Composition													
C	Mn	P(*)	S	Cu	Cr	Mo	Si	Su	Al	As	Ti	V	
0,14	0,91	0,006	0,0036	0,07	2,472	1,011	0,11	0,004	0,010	0,000	0,002	0,247	
Nb	Ni	Sb	PE	X (ppm)	(*) O elemento P foi analisado pela técnica de via úmida. Ver relatório Confab Tubos Nº 2D0126. See record Confab Tubos Nº 2D0126.								
0,010	0,12	0,003	3,2	8,6									

DUREZA (HV 10) - CP-B1						
(Hardness)						
248 HV (máx.)						
1	205	11	185	21	227	
2	225	12	216	22	215	
3	237	13	230	23	214	
4	223	14	226	24	204	
5	221	15	211	25	196	
6	211	16	209	26	222	
7	205	17	207	27	214	
8	223	18	209	28	221	
9	222	19	198	29	219	
10	215	20	234			



Inspetor de Soldagem Nível 2 (Welding Inspector Level 2)	Controle da Qualidade (Quality Control)	Cliente (Client)
Data/Date: <i>Pedro Sérgio L. Pereira</i> Inspetor de Soldagem Nível 2 FBTS 18 0770 N2	Data/Date:	Data/Date:

ENGENHARIA DE SOLDAGEM	QUALIFICAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM WELDING PROCEDURE QUALIFICATION	QPS/PQR	IIW 03
		Folha/Sheet:	05/06
		Revisão:	0
		Revision	

TESTE DE TRAÇÃO (QW 150) - CP A									
Corpo de Prova Specimen	LARGURA Width (mm)	ESPESSURA Thickness (mm)	ÁREA Area (mm ²)	CARGA Ultimate Tensile Load (Kgf)	Límite de Resistência Ultimate Tensile Stress (MPa)	Tensão de Escoamento Yield Stress (MPa)	Alongamento (%)	Redução de Área Area Reduction (%)	TIPO DE FRATURA E LOCALIZAÇÃO Type of Fracture and Location
CP A									
TP1(1)	18,93	40,83	772,91	50442	640	-	-	-	Metal Base /Base Metal
TP2 (1)	19,07	42,43	809,14	53413	647	-	-	-	Metal Base /Base Metal
TP3 (2)	19,11	44,67	853,64	54451	626	-	-	-	Metal Base /Base Metal
TP4 (2)	19,16	38,02	728,46	47337	637	-	-	-	Metal Base /Base Metal
TP5 (3)	19,23	44,08	847,66	55633	644	-	-	-	Metal Base / Base Metal
TP6 (3)	18,93	45,81	867,18	55678	630	-	-	-	Metal Base /Base Metal
TCA1(T.amb)	Ø 12,37	-	120,18	7622	622	500	21	80	Metal Base /Base Metal
TCA2(T.amb)	Ø 12,46	-	121,93	7794	627	504	22	76	Metal Base /Base Metal
TCA3(T.amb)	Ø 12,43	-	121,35	7878	637	509	23	79	Metal Base /Base Metal
TCQ1 (430°C)	Ø12,80	-	126,68	6579	501	457	17	72	Metal Base /Base Metal
TCQ2 (430°C)	Ø12,52	-	123,11	6454	514	463	18	70	Metal Base /Base Metal
TCQ3 (430°C)	Ø 12,66	-	125,88	6301	491	441	19	75	Metal Base /Base Metal

LEGENDA: TP - TRAÇÃO PRISMÁTICA (1: 1/3 t; 2: 2/3 t; 3: 3/3 t)
TCA - TRAÇÃO CILINDRICA (T.ambiente)

TCQ - TRAÇÃO CILINDRICA (a quente)

Critérios de Aceitação	Rt (MPa) - TS		Re (MPa) - YS		AI(%)		Red. Area (%)
	Amb.	Quente (430°C)	Amb.	Quente (430°C)	Amb.	Quente (430°C)	
Norma ASME II Parte A	585 a 760	n/a	415 (mín.)	n/a	18 (mín.)	n/a	45 (mín.)
Norma ASME II Parte D*	585(mín)	407 (mín)*	415 (mín.)	339 (mín)**	n/a	n/a	n/a

*Rt mínimo: Tabela "U" x 0,8 **Re mínimo: Tabela Y-1

TESTE DE DOBRAMENTO (QW 160) - CP-A				
TIPO Type	SIDE BEND (DL1) - ¼ t	SIDE BEND (DL2) - ½ t	SIDE BEND (DL3) - ¾ t	SIDE BEND (DL4) - t
RESULTADO Result	APROV./approved	APROV./approved	APROV./approved	APROV./approved
TIPO Type	SIDE BEND (DL1) - ¼ t	SIDE BEND (DL2) - ½ t	SIDE BEND (DL3) - ¾ t	SIDE BEND (DL4) - t
RESULTADO Result	APROV./approved	APROV./approved	APROV./approved	APROV./approved
TIPO Type	SIDE BEND (DL1) - ¼ t	SIDE BEND (DL2) - ¾ t	SIDE BEND (DL3) - t	SIDE BEND (DL4) - ¾ t
RESULTADO Result	APROV./approved	APROV./approved	APROV./approved	APROV./approved

Inspeção de Soldagem Nível 2 (Welding Inspector Level 2)	Controle da Qualidade (Quality Control)	Cliente (Client)
Data/Date: <i>Paulo Sérgio L. Pereira</i> Inspeção de Soldagem Nível 2 RST 15 0770 N2	Data/Date:	Data/Date:

ENGENHARIA DE SOLDAGEM		QUALIFICAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM WELDING PROCEDURE QUALIFICATION				QPS/PQR		IIW 03	
						Folha/Sheet:		06/06	
						Revisão:		0	
						Revision			
TESTE DE IMPACTO (QW 170) - CP-A <small>TOLERANCE TEST</small>									
CORPO DE PROVA Specimen N°	LOCALIZAÇÃO DO ENTALHE Notch Location	TIPO DE ENTALHE Notch Type	TEMPERATURA DE TESTE Test Temper. (°C)	VALORES DE IMPACTO Impact Values (J)	FRATURA DÚCTIL EXPANSÃO LATERAL				
					%	Média (%)	mm	Média (mm)	
A1.1	SOLDA (à 2 mm da sup.)	V (10 x 10)	-30	65	46	52	0,82	1,03	
A1.2	SOLDA (à 2 mm da sup.)	V (10 x 10)	-30	106	66		1,39		
A1.3	SOLDA (à 2 mm da sup.)	V (10 x 10)	-30	64	44		0,89		
A2.1	SOLDA (1/4 t)	V (10 x 10)	-30	51	34	46	0,65	0,97	
A2.2	SOLDA (1/4 t)	V (10 x 10)	-30	85	55		1,13		
A2.3	SOLDA (1/4 t)	V (10 x 10)	-30	81	50		1,14		
A3.1	SOLDA (1/2t)	V (10 x 10)	-30	140	75	67	1,80	1,64	
A3.2	SOLDA (1/2t)	V (10 x 10)	-30	105	62		1,38		
A3.3	SOLDA (1/2t)	V (10 x 10)	-30	127	64		1,74		
A4.1	SOLDA (3/4t)	V (10 x 10)	-30	154	83	88	1,50	1,63	
A4.2	SOLDA (3/4t)	V (10 x 10)	-30	122	81		1,44		
A4.3	SOLDA (3/4t)	V (10 x 10)	-30	182	100		1,95		
A2.1	Linha de fusão + 0,5 mm (1/4 t)	V (10 x 10)	-30	225	100	100	2,41	2,38	
A2.2	Linha de fusão + 0,5 mm (1/4 t)	V (10 x 10)	-30	223	100		2,38		
A2.3	Linha de fusão + 0,5 mm (1/4 t)	V (10 x 10)	-30	224	100		2,36		
A3.1	Linha de fusão + 0,5 mm (½ t)	V (10 x 10)	-30	238	100	100	2,54	2,38	
A3.2	Linha de fusão + 0,5 mm (½ t)	V (10 x 10)	-30	235	100		2,41		
A3.3	Linha de fusão + 0,5 mm (½ t)	V (10 x 10)	-30	231	100		2,19		
A4.1	Linha de fusão + 0,5 mm (3/4t)	V (10 x 10)	-30	221	100	100	2,27	2,33	
A4.2	Linha de fusão + 0,5 mm (3/4t)	V (10 x 10)	-30	223	100		2,32		
A4.3	Linha de fusão + 0,5 mm (3/4 t)	V (10 x 10)	-30	231	100		2,41		
A2.1	Linha de fusão + 1,0 mm (1/4 t)	V (10 x 10)	-30	225	100	100	2,46	2,40	
A2.2	Linha de fusão + 1,0 mm (1/4 t)	V (10 x 10)	-30	256	100		2,40		
A2.3	Linha de fusão + 1,0 mm (1/4t)	V (10 x 10)	-30	242	100		2,33		
A3.1	Linha de fusão + 1,0 mm (½ t)	V (10 x 10)	-30	240	100	100	2,31	2,33	
A3.2	Linha de fusão + 1,0 mm (½ t)	V (10 x 10)	-30	250	100		2,38		
A3.3	Linha de fusão + 1,0 mm (½ t)	V (10 x 10)	-30	234	100		2,30		
A4.1	Linha de fusão + 1,0 mm (3/4 t)	V (10 x 10)	-30	231	100	100	2,19	2,36	
A4.2	Linha de fusão + 1,0 mm (3/4 t)	V (10 x 10)	-30	240	100		2,56		
A4.3	Linha de fusão + 1,0 mm (3/4 t)	V (10 x 10)	-30	228	100		2,22		

LEGENDA: (1: 2 mm; 2: ½ t; 3: ½ t e 4: ¾ t)

NOME SOLDADORES: Wagner Ribeiro da Silva Filho (SAW) Welder's name		MATRICULA Nº: 587953	SINETE Nº: W1
José Joaquim (SMAW)		244813	Stamp Nº ST
Adelmo José dos Santos (SMAW)		203408	M5
Luis Rosa da Silva (SAW)		588001	LR
Francisco Marciano (SAW)		201812	A7

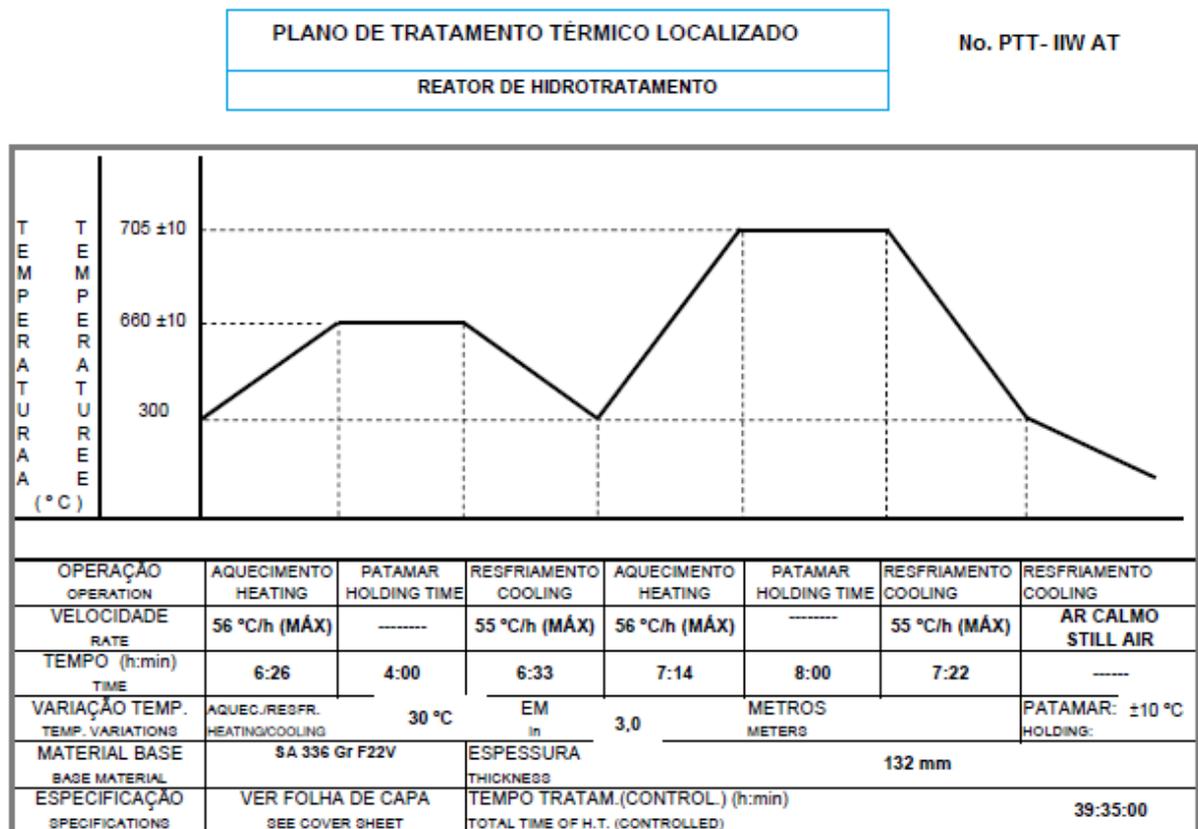
TESTES CONDUZIDOS POR: Proaq Empreendimentos Tecnológicos Ltda Laboratório Confab Tubos	TESTE DE LABORATÓRIO Nº: 08243/11 - 08247/11 1D1285 - 1D1284 - 2D0126 Laboratory Test Nº
--	--

Inspetor de Soldagem Nível 2 (Welding Inspector Level 2)	Controle da Qualidade (Quality Control)	Cliente (Client)
Data/Date: <i>Paulo Sérgio L. Pereira</i> Inspetor de Soldagem Nível 2 2275 IS-0770 N2	Data/Date:	Data/Date:

5.2- Definição do Plano de Tratamento Térmico

Plano de Tratamento Térmico foi elaborado de acordo com o ASME VIII Div. 2, Especificação Técnica Petrobras I-ET-5000.00-0000-500-PPC-001 e Norma API 934A, conforme figura 44.

Figura 44 – Plano de Tratamento Térmico utilizado na qualificação dos Procedimentos de Soldagem e nas soldas do Reator



Fonte: ASME VIII Div.2 (2013) e API 934^a (2013)

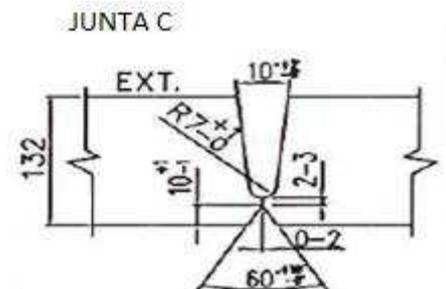
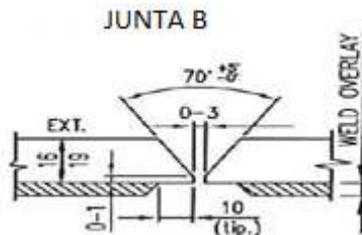
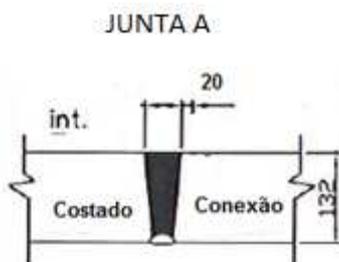
5.3- Definição do Plano de Soldagem

Após a qualificação dos Procedimentos de Soldagem é necessário definir o Plano de Soldagem, documento onde deve conter as variáveis principais que deverão ser seguidas durante a soldagem do Reator, este documento deve ser de conhecimento dos operadores de soldagem, soldadores, inspetores e responsável da montagem das juntas a serem soldadas, ver figura 45.

Figura 45 - Plano de Soldagem PSIIW01

Enga. de Soldagem		PLANO DE SOLDAGEM							No.	PSIIW01	
									Rev.	0	
EQUIPAMENTO :		REATOR DE HIDROTRATAMENTO							Data	15/04/2017	
Componente	Croqui da Junta	Metal de Base	EPS /QPS	Pno.	Local	Processo de Soldagem	Metal de Solda	Parâmetros de Soldagem			Temperatura de Pré e Interpasse
								I (CC+)	V	cm/min	
Tubo com Tubo	JUNTA A	SA-336 Gr F22V	IIW 01	5C	Raiz	SMAW	E-9015-G	140 a 210	22 a 32	10 a 35	180 Mínimo e 200 Máximo
					Ench.	SMAW	E-9015-G	140 a 210	22 a 32	10 a 35	
					Contra solda	SMAW	E-9015-G	140 a 210	22 a 32	10 a 35	
Conexão com Costado	JUNTA B	SA-336 Gr F22V	IIW 02	5C	Raiz	GTAW (Ar 100%)	ER-90S-G	80 a 180	10 a 15	05 a 15	180 Mínimo e 200 Máximo
					Ench.	GTAW (Ar 100%)	ER-90S-G	140 a 210	22 a 32	10 a 35	
			IIW 02	Contra solda	NA	NA	NA	NA	NA		
Costado com Costado	JUNTA C	SA-336 Gr F22V	IIW03	5C	Raiz	SAW	Cromo E225V + Fluxo OP 537	510 a 540	31 a 34	50 a 55	180 Mínimo e 200 Máximo
					Ench.	SAW	Cromo E225V + Fluxo OP 537	510 a 540	31 a 34	50 a 55	
			IIW 03	Contra solda	NA	Cromo E225V + Fluxo OP 537	510 a 540	31 a 34	50 a 55		

Seguir Plano de Tratamento Térmico PTT – IIW - AT



Fonte: Próprio autor (2012)

6 CONCLUSÃO

Este Trabalho demonstra a capacidade técnica que temos no Brasil para soldagem onde requer alto grau de tecnologia e necessidades de controles exigentes com relação a garantia da soldagem, deixando aqui o desafio e a possibilidade de participarmos de novos projetos na qual a soldagem seja envolvida por materiais nobres e grandes exigências técnicas para serem resolvidas.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ASME BPVC Section IX – Welding, Brazing and Fusing Qualifications (2013)
- [2] ASME BPVC Section VIII Div.2 – Projeto para Vaso de Pressão (2013)
- [3] ASME II PARTE C – Consumíveis de Soldagem (2013)
- [4] I-ET-5000.00-0000-500-PPC-001 Rev,D (2009)
- [5] API 934 A (2013)
- [6] I-ET-5000.00-0000-500-PPC-001 Rev,D (2009)
- [7] MODENESI, P. J.; MARQUES, P.V. Soldagem I: **Introdução aos Processos de Soldagem: apostila**. Belo Horizonte: 2006. 51p.
- [8] Machado, I. G. **Soldagem e Técnicas Conexas: Processos**. Editado pelo autor, Porto Alegre, 1996.
- [9] Welding Handbook, *Welding Processes*. AWS: American Welding Society, Eighth Edition, Vol. 2, USA, 1991.
- [10] The Procedure Handbook of Arc Welding, Lincoln (1985).
- [11] APOSTILA DE SOLDAGEM FBTS – Processo de Soldagem (2012)
- [12] The ESAB Filler Metal Technology Course – ESAB Welding and Cutting Products, (2000)